
Bestimmung des Potenzials von Biomasse in Berlin

Ein Projekt der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin (SenMVKU)

6. Mai 2024

Sophie Jeremias, Nadine Buschow | u.e.c. Berlin

Regine Vogt | ifeu Heidelberg

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	IX
1 Hintergrund und Ziele der Studie	11
1.1 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	13
1.1.1 Stoffstrombezogene Regelungen.....	13
1.1.2 Energie- und Klimaschutzrecht	18
1.1.3 Fördermöglichkeiten.....	24
1.2 Wirtschaftliche und demografische Rahmenbedingungen	25
1.3 Ziele der Studie.....	26
2 Methodik	27
2.1 Untersuchungsraum	27
2.2 Untersuchungsgegenstand	29
2.2.1 Biogene Abfall- und Reststoffe und deren Herkunftsbereiche	29
2.2.2 Biomasseverwertungsanlagen	34
2.3 Datengrundlage und Datenermittlung zum Aufkommen und Verbleib von biogenen Abfall- und Reststoffen sowie zu den BiomasseverwertungsKapazitäten.....	34
2.3.1 SKU-Bilanz	36
2.3.2 Anfragen, Interviews, Online-Umfragen	37
2.3.3 Hochrechnungen und Neuberechnungen.....	39
2.3.4 Energiepotenzial der betrachteten biogenen Abfall- und Reststoffe.....	41
2.4 Treibhausgas-Bilanzen.....	42
2.5 Datenaufbereitung für das Wärmekataster.....	43
2.6 Mengenprognose	44
2.6.1 Bevölkerungsentwicklung	44
2.6.2 Vermeidung von Abfällen.....	45
2.6.3 Gesteigerte Getrenntsammlung von Bioabfällen.....	45
2.6.4 Klimatische Veränderungen und Flächen- und Stadtentwicklung.....	45
2.7 Zukünftige Nutzung von Biomasse in Berlin.....	46
2.8 Durchführung eines Workshops	47
3 Aufkommen, Verbleib und THG-Bilanzen biogener Abfall- und Reststoffe (Status Quo)	48

3.1	Organik im Haus- und Geschäftsmüll.....	52
3.2	Getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten – Biogut, Eigenkompostierung.....	53
3.3	Holzige Biomasse.....	54
3.4	Weichorganik.....	55
3.5	Rückstände aus dem Klärwerk.....	56
3.6	Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel.....	57
3.7	Tiermist inkl. Einstreu.....	58
3.8	Produktionsspezifische Abfälle.....	59
3.9	Stadt-Umland-Beziehungen.....	61
3.9.1	Exkurs: Im- und Exporte von Biomasse nach und aus Berlin.....	65
4	Identifiziertes Biomassepotenzial zur Nutzung in Energieerzeugungsanlagen und sein Energiegehalt (Basisjahr 2020).....	67
4.1	Biomassepotenzial.....	67
4.2	Energiepotenzial.....	67
4.3	Treibhausgas-Einsparpotenzial bei Potenzialerschließung (Basisjahr 2020).....	69
5	Prognostiziertes Aufkommen an biogenen Abfall- und Reststoffen in Berlin (2020 bis 2045).....	71
6	Verwertungskapazitäten für Biomasse in und um Berlin.....	73
7	Szenarien der Potenzialerschließung und Stoffstromlenkung mit THG-Bilanzierung....	76
7.1	Themenfeld 1: Zur Vergärung geeignete Biomasse.....	76
7.1.1	Mengenentwicklung des als zur Energieerzeugung erschließbar eingestufen, vergärbaren Biomassepotenzials.....	79
7.2	Themenfeld 2: Als Brennstoff geeignete Biomasse.....	83
7.2.1	Mengenentwicklung des als zur Energieerzeugung erschließbar eingestufen und als Brennstoff geeigneten Biomassepotenzials.....	86
7.3	Gegenüberstellung von Biomassepotenzialen und Berliner Verwertungskapazitäten bis 2045	88
7.3.1	Minimales Biomassepotenzial.....	89
7.3.2	Maximales Biomassepotenzial.....	92
7.4	Exkurs: Alternative Verwertungstechniken für Biomasse zur Energieerzeugung.....	94

7.4.1	Herstellung von Biokohle	94
7.4.2	Erzeugung von Biokraftstoffen	95
7.5	Zusammenfassung und Bewertung der Szenarien	96
8	Handlungsempfehlungen zur Erschließung der Biomassepotenziale für die Energieerzeugung.....	101
8.1	Erschließung durch Umlenkung in energieerzeugende Verwertungswege (ZEP).....	101
8.1.1	Handlungsfeld: getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus privaten Haushalten...	101
8.1.2	Handlungsfeld: holzige Biomasse	103
8.1.3	Handlungsfeld: Weichorganik.....	105
8.1.4	Handlungsfeld: Tiermist (inkl. Einstreu)	110
8.1.5	Handlungsfeld: Rückstände aus dem Klärwerk.....	111
8.2	Erschließung der derzeit außerhalb Berlins verwerteten Biomassen durch Umlenkung in eine anfallortsnahe Verwertung in Berlin.....	111
8.2.1	Handlungsfeld: holzige Biomasse	111
8.2.2	Handlungsfeld: Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel.....	114
8.3	Übergeordnete Maßnahmen zur Erschließung der Biomassepotenziale	115
8.3.1	Handlungsfeld: Steuerung und Monitoring der Stoffströme	115
8.3.2	Handlungsfeld: Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	117
8.4	Bewertung ausgewählter Handlungsempfehlungen zur Potenzialerschließung bestimmter Biomassearten	118
8.4.1	Ermittlung relevanter Biomassearten mit hohem CO ₂ -Einsparpotenzial.....	118
8.4.2	Bewertungskriterien	119
8.4.3	Ergebnisse	119
9	Fazit und Ausblick	122
10	Literaturverzeichnis.....	126
11	Anhang.....	130

Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1:	Einordnung der vorliegenden Biomassepotenzialstudie vor dem Hintergrund des Wärmeplanungsgesetz und der vorgeschlagenen Instrumente zur Umsetzung der Wärmestrategie.....	12
Bild 2-1:	Einwohnerdichte von Berliner Bezirken (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2023), eigene Darstellung.....	27
Bild 2-2:	Untersuchungsraum der vorliegenden Studie: Berlin und Flächen der Berliner Stadtgüter GmbH, eigene Darstellung.....	28
Bild 2-3:	Adressaten und Akteursgruppen der Online-Umfrage.....	39
Bild 2-4:	Gegenüberstellung verschiedener Bevölkerungsstatistiken für das Land Berlin (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2023; SenSBW, 2022c; Destatis, 2023)	44
Bild 3-1:	Status Quo (2020): Prozentuale Zusammensetzung des Biomasseaufkommens in Berlin	49
Bild 3-2:	Status Quo (2020): Verwertungswege für die Biomasse aus Berlin	50
Bild 3-3:	Status Quo (2020): Brennstoff- und Biogaspotenziale der Biomassen aus Berlin.....	50
Bild 3-4:	Status Quo (2020): Aufkommen und THG-Bilanz der in Berlin anfallenden Biomasse	51
Bild 3-5:	Ausschnitt Sankey-Diagramm: Ebene 1 – Ort der Erstbehandlung.....	61
Bild 3-6:	Ausschnitt Sankey-Diagramm: Ebene 1 – Erstbehandlung außerhalb Berlins.....	62
Bild 3-7:	Ausschnitt Sankey-Diagramm: Ebene 2 – Verwertungsart und -ort.....	63
Bild 3-8:	Status Quo (2020): Aufkommen und Verbleib der Berliner Biomasse	64
Bild 3-9:	Status Quo (2020): energetische Verwertung – holzige Biomasse (237.367 Ma.-%), Verwertungsorte.....	65
Bild 3-10:	Status Quo (2020): Nach Berlin importierte und exportierte holzige Biomasse zur energetischen Verwertung	66
Bild 3-11:	Status Quo (2020): Vergärung, energetische Verwertung – Speisereste und Fette (ca. 77.400 Mg/a), Verwertungsorte	66
Bild 4-1:	Identifizierte Biomasse-(oben) und Energiepotenziale (unten) für Berlin mit Einstufung der Erschließbarkeit zur Energieerzeugung, 2020.....	68
Bild 5-1:	Mengenprognose der biogenen Abfall- und Reststoffe für den Zeitraum von 2020 (Basisjahr) bis 2045.	71
Bild 6-1:	Entwicklung der energetischen Verwertungskapazitäten für Biomasse zwischen 2020 und 2045	74
Bild 6-2:	Lage, Art und Betreiber der Biomasse-Verwertungsanlagen in und um Berlin (Stand 2023)	75
Bild 7-1:	Vergärbares Biomasse- (oben) und Biogaspotenzial (unten) in Berlin mit Einstufung der Erschließbarkeit zur Energieerzeugung, 2020	78
Bild 7-2:	Szenario 1a – Vergärung light: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der „schwach gebundenen“ Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045.....	80

Bild 7-3:	Szenario 1b – Vergärung intense: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der schwach und stark gebundenen Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045	83
Bild 7-4:	Als Brennstoff geeignetes Biomasse- (oben) und Brennstoffpotenzial (unten) mit Einstufung der Erschließbarkeit zur Energieerzeugung in Berlin, 2020.....	85
Bild 7-5:	Szenario 2a – Brennstoff light: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der als Brennstoff geeigneten Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045 unter dem Einfluss einer gesteigerten stofflichen Verwertung von Altholz.....	87
Bild 7-6:	Szenario 2b – Brennstoff intense: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der als Brennstoff geeigneten Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045 ohne den Einfluss einer gesteigerten stofflichen Verwertung von Altholz.....	88
Bild 7-7:	Gegenüberstellung des minimalen Biomassepotenzials (Mengen aus Szenario 1a/2a) mit den voraussichtlich verfügbaren Verwertungskapazitäten in Berlin für den Zeitraum von 2020 bis 2045.....	91
Bild 7-8:	Gegenüberstellung des maximalen Biomassepotenzials (Mengen aus Szenario 1b/2b) mit den voraussichtlich verfügbaren Verwertungskapazitäten in Berlin für den Zeitraum von 2020 bis 2045.....	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Gegenüberstellung Klimaschutzziele, Reduktion CO ₂ im Vergleich zu 1990, EWG Bln, Version 2016 und Novelle 2021.....	19
Tabelle 1-2:	Anzulegende Werte nach Anlagenleistung und Jahr der Inbetriebnahme einer Anlage zur Nutzung von Biomasse.....	22
Tabelle 1-3:	Förderprogramme auf Bundes- und Landesebene.....	24
Tabelle 1-4:	Ziele der Studie zur Bestimmung des Potenzials von Biomasse in Berlin.....	26
Tabelle 2-1:	Betrachtete Wirtschaftssektoren, in denen biogene Abfälle anfallen	28
Tabelle 2-2:	Biogene Abfall- und Reststoffe und ihre Herkunftsbereiche aus den betrachteten Wirtschaftssektoren.....	31
Tabelle 2-3:	Übersicht der Datengrundlagen für die Ermittlung des Aufkommens und des Verbleibs der betrachteten biogenen Abfall- und Reststoffe	35
Tabelle 2-4:	Übersicht der biogenen Abfall- und Reststoffe, für die eine Aktualisierung der Datengrundlage bzw. zur Neuerhebung erforderlich ist	37
Tabelle 2-5:	Interview-Partner*innen zur Abfrage zum Aufkommen und Verbleib bestimmter biogener Abfall- und Reststoffe bzw. zu vorhandenen und geplanten Verwertungskapazitäten.....	38
Tabelle 2-6:	Zuordnung der Biomassearten zur Art der Energiepotenziale.....	41
Tabelle 3-1:	Ergebnisse Datenerhebung für produktionsspezifische Abfälle	60
Tabelle 4-1:	Übersicht Nettoergebnisse der THG-Bilanzen (Basisjahr 2020).....	69
Tabelle 7-1:	Derzeit verfügbare Biokraftstoffe mit Kennwerten (Müller-Lohse, 2021)	96
Tabelle 7-2:	THG-Nettoergebnisse Themenfeld 1 (Basisjahr 2020)	98
Tabelle 7-3:	THG-Nettoergebnisse Themenfeld 2 (Basisjahr 2020)	99
Tabelle 8-1:	Bedarf an Verwertungskapazität für die hochwertige Verwertung von Biogut in Berlin entsprechend der Mengenentwicklung der Szenarien 1a und 1b.....	102
Tabelle 8-2:	Kapazitätsbedarf für die Aufbereitung von Laub zu Pellets und für die Vergärung von Mähgut und Biogut in Berlin im Jahr 2020	108
Tabelle 8-3:	Übersicht geeigneter Biomassen zur potenziellen energetischen Verwertung in geplanter Bio-Energie-Anlage der BSR.....	114
Tabelle 8-4:	Relevante Biomassearten im Hinblick auf die zusätzliche CO ₂ -Einsparung durch Umlenkung in alternative Verwertungswege ggü. Status Quo (Basisjahr 2020).....	119
Tabelle 8-5:	Bewertung ausgewählter Handlungsempfehlungen für die Erschließung des Biomassepotenzials bestimmter Biomassearten	120
Tabelle 11-1:	Abfallkenndaten.....	130
Tabelle 11-2:	Nutzungsgrade Energieerzeugungsanlagen.....	132
Tabelle 11-3:	In Betrieb befindliche Berliner Verwertungsanlagen von Biomasse.....	133
Tabelle 11-4:	Für die Mengenprognose der biogenen Abfall- und Reststoffe quantitativ und qualitativ berücksichtigten Einflussfaktoren.....	134

Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost
ABfRRL	Abfallrahmenrichtlinie
BAK	Biologisch abbaubare Kunststoffe
BB	Brandenburg
BBodSchV	Bundesbodenschutzverordnung
BiomasseV	Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEP	Bereits Erschlossenes (Biomasse-)Potenzial
BER	Flughafen Berlin Brandenburg
BEW	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundesimmissionsschutz-Gesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BRAL	BRAL Reststoff-Bearbeitungs GmbH
BSR	Berliner Stadtreinigung
BTB	Blockheizkraftwerks- Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
BWB	Berliner Wasserbetriebe
Ct	Cent
DB	Deutsche Bahn
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DüMV	Düngemittelverordnung
EBS	Ersatzbrennstoff
EE-Gas	Erneuerbare Energien-Gas
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EU	Europäische Union
Ew	Einwohner
EWG Bln	Klimaschutz- und Energiewendegesetz
GaLaBau	Garten- und Landschaftsbau
GEG	Gebäudeenergiegesetz

GWh	Gigawattstunden
HKW	Heizkraftwerk
IÖW	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
KGA	Kleingartenanlagen
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KrW-/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
KSVA	Klärschlammverbrennungsanlage
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraftwärmekopplung
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
K&N-Abfälle	Küchen- und Nahrungsmittelabfälle
Ma.-%	Massenprozent
Mg	Megagramm (Tonnen)
MHKW	Müllheizkraftwerk
MW	Megawatt
n.b.	Nicht bekannt
NEP	Nicht Erschließbares (Biomasse-)Potenzial
PtH	Power-to-Heat (Elektroenergie zu Wärme)
RC-Höfe	Recyclinghöfe (Wertstoffhöfe)
RED	Renewable Energy Directive
SenMVKU	Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt
SKU-Bilanz	Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz (Berlin)
SpM	Sperrmüll
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TierNebG	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost
TierNebV	Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost
TM	Trockenmasse
THG	Treibhausgas
TS-Gehalt	Trockensubstanzgehalt
TSE	Transmissible spongiforme Enzephalopathie (Tiererkrankung)
UMK	Umweltministerkonferenz (Fachministerkonferenz für Umweltpolitik in der die Umweltminister*innen der 16 Bundesländer vertreten sind)
VO	Verordnung
WPG	Wärmeplanungsgesetz
ZEP	Zukünftig Erschließbares (Biomasse-)Potenzial

Zusammenfassung

Mit dem Klimaschutz- und Energiewendegesetz (EWG Bln, 2016) hat sich Berlin zum Ziel gesetzt, seine CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2045 auf ein klimaneutrales Niveau zu reduzieren. Außerdem zielt das im Dezember 2023 verabschiedete Wärmeplanungsgesetz darauf ab, die Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien klimaneutral zu gestalten. In diesem Rahmen fordert der Gesetzgeber die Erstellung eines Wärmeplans bis 2026, zu dem u.a. auch Potenzialanalysen für erneuerbare Energieträger gehören. Mit der vorliegenden Studie zur Bestimmung des Potenzials von Biomasse in Berlin kommt die Berliner Senatsverwaltung ihrer Verpflichtung gemäß § 16 WPG nach. In dem Zusammenhang wird untersucht, welches Potenzial die in Berlin anfallende Abfallbiomasse für eine Verwertung zur Energieerzeugung darstellt und welchen Beitrag sie zur Berliner Wärmewende leistet bzw. leisten könnte.

In Berlin fallen ca. 1,16 Mio. Mg biogene Abfall- und Reststoffe (Biomasse) an (Bezugsjahr 2020), die je nach Art und Herkunft unterschiedlichen Verwertungswegen und -orten zugeführt werden. Das Biomasseaufkommen in Berlin unterliegt bis zum Jahr 2045 verschiedenen Einflussfaktoren: der Bevölkerungsentwicklung, verstärkten Anstrengung zur Abfallvermeidung, Getrenntsammlungszielen sowie klimatischen Veränderungen und städteplanerischer Entwicklungen.

Im Zeitraum von 2020 bis 2045 steigt das prognostizierte Gesamtaufkommen unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren und der angestellten Prognose leicht auf ca. 1,18 Mio. Mg/a bzw. um 1 Ma.-% ggü. 2020 an. Die Zusammensetzung des prognostizierten Biomasseaufkommens verändert sich, gemäß der gesetzten Annahmen, vor allem im Bereich der Küchen- und Gartenabfälle aus privaten Haushalten aufgrund der angestrebten Reduktion der im Restabfall enthaltenen Organik und deren getrennte Erfassung über die Biotonne. Zudem sollen Küchenabfälle bis 2045 halbiert werden. Klimatische und städteplanerische Veränderungen wirken insbesondere auf Baum- und Strauchschnitt sowie Laub und Mähgut von öffentlichen Grünanlagen.

Vor dem Hintergrund dieses Biomassepotenzial für die Energieerzeugung zu erschließen, erfolgt auf Basis des Status Quo eine Unterteilung des Gesamtpotenzials in drei Kategorien: das bereits erschlossene Potenzial (BEP – ca. 74 Ma.-% bzw. 863.400 Mg/a), das zukünftig erschließbare Potenzial (ZEP – ca. 24 Ma.-% bzw. 281.000 Mg/a), sowie das nicht erschließbare Potenzial (NEP – ca. 2 Ma.-% bzw. ca. 17.000 Mg). Das ZEP ergibt sich aus den Biomassearten, die entweder der Kompostierung oder einer einfachen stofflichen Verwertung (Verbleib als Mulchmaterial auf der Fläche, Ausbringung als Dünger auf landwirtschaftlich genutzten Flächen) zugeführt werden und aufgrund ihrer Beschaffenheit grundsätzlich für eine Vergärung oder den Einsatz als Brennstoff geeignet sind. Das NEP umfasst jene Biomassearten, die im Status Quo einer stofflichen Verwertung (z.B. zur Herstellung von Futtermittel oder Produkten wie Spanplatten) zugeführt werden und somit im Sinne der Abfallhierarchie nicht für die energetische Verwertung genutzt werden sollten.

Auf Basis von Heizwerten bzw. Biogaserträgen werden für jede Biomasseart Brennstoff- bzw. Biogaspotenziale berechnet und zu einem Energiepotenzial (gebundene Energie) zusammengeführt: ca. 2.053 GWh/a. Rund 1.705 GWh/a bzw. 104 GWh/a des Brennstoff- bzw. Biogaspotenzials werden derzeit genutzt (BEP_{Energie} insgesamt ca. 88 %). Während ca. 22 GWh/a nicht erschließbar sind (NEP_{Energie}), verbleiben ca. 221 GWh/a (11 % des gesamten Energiepotenzials) als ZEP_{Energie}.

Im Rahmen einer Szenario-basierten Sensitivitätsbetrachtung werden die bis 2045 prognostizierten Biomasse- und Energiepotenziale (BEP und ZEP) hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit, für die Energienutzung erschlossen zu werden, näher betrachtet. Die Fraktion Organik im Restabfall (Teilmenge des BEP)

wird hierbei außer Betracht gelassen; lediglich die durch die angestrebte gesteigerte Getrenntsammlung in die Biotonne umgelenkte Menge wird sichtbar. Daraus resultiert neben dem o.g. maximalen Biomasse- und Energiepotenzial abzüglich des Biomasse- und Energiepotenzials für Organik im Restabfall (754.000 Mg/a bzw. 1.600 GWh/a) ein minimales Biomasse- bzw. Energiepotenzial in Höhe von ca. 618.000 Mg/a bzw. ca. 1.520 GWh/a.

Die Gegenüberstellung des Biomasseaufkommens mit den im Zeitraum von 2020 bis 2045 vrsl. verfügbaren Biomasseverwertungskapazitäten in Berlin zeigt auf, dass durch steigende Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung verschiedene Biomassen (v.a. holzige) zukünftig zunehmend anfallortsnah verwertet werden könnten. Allerdings besteht für die Verwertung von vergärbaren Biomassen (getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle, Weichorganik – Mähgut, Tiermist, Speisereste und Fette) sowie für Weichorganik – Laub grundsätzlich ein Kapazitätsbedarf bis in das Prognosejahr 2045. Je nach Szenario und Betrachtungszeitraum schwankt dieser Bedarf zwischen ca. 236.000 Mg/a und 372.000 Mg/a im Jahr 2020 bzw. zwischen 133.000 Mg/a und 465.000 Mg/a im Jahr 2045. Dadurch bliebe ein Teil des Energiepotenzials ohne den bereits geplanten Ausbau von Verwertungskapazitäten für Berlin ungenutzt (ca. 193 GWh/a bis 274 GWh/a im Jahr 2020 bzw. ca. 109 GWh/a bis 307 GWh/a im Jahr 2045).

Das Nettoentlastungspotenzial der Nutzung von Abfallbiomassen zur Energieerzeugung beträgt im Status Quo ca. -210.500 Mg CO₂-Äq/a, was etwa 30 % der jährlich in Berlin zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 zu reduzierenden CO₂-Emissionen entspricht. Mit der vollständigen Umlenkung des ZEP (Basisjahr 2020) in einen Verwertungsweg mit Energieerzeugung könnten zusätzlich weitere ca. 47.300 Mg CO₂-Äq/a eingespart werden. In der Zeitreihe werden die Nettoentlastungspotenziale allerdings mit voranschreitender Defossilisierung abnehmen, da die Energie zunehmend erneuerbar erzeugt wird. Gutschriften für Energie aus Abfall gehen bis zum Jahr 2045 auf Null zurück.

Zur Erschließung der aufgeführten Biomasse- und der damit verbundenen Energiepotenziale für die Berliner Wärmeversorgung sind verschiedene Maßnahmen zu ergreifen. Als zentrale Maßnahmen sollten neben dem Ausbau von geeigneten Aufbereitungsverfahren (insb. für Laub) und Verwertungskapazitäten (insb. zur Vergärung), vor allem auf Ebene der Erfassung Maßnahmen zur gesteigerten Getrenntsammlung ergriffen werden. Zudem sollten Instrumente zur Stoffstromlenkung genutzt und im Rahmen eines zentralen Verwertungskonzeptes für Berlin gebündelt werden. Alternative Verwertungstechniken (z.B. Herstellung von Pflanzenkohle) sowie Ansätze, die dezentral auf Bezirks- oder Quartiersebene wirken, sollten in solch einem Konzept Berücksichtigung finden und die zentralen Maßnahmen flankieren.

In dieser Studie wurde das Potenzial für eine Wärmeerzeugung anhand der Energiepotenziale in den Abfallbiomassen betrachtet. In weitergehenden Untersuchungen könnten Effizienzsteigerungen oder Technologiewechsel mit Blick auf das Berliner Wärmekataster und eine möglichst umfassende Wärmeerzeugung und -nutzung aufgegriffen werden. Aus Klimaschutzsicht liegen die Nettoentlastungspotenziale für eine KWK-Nutzung (z. B. Heizkraftwerke) zum Stand 2020 höher als für eine reine Wärmeerzeugung und -nutzung aus Abfall (z. B. Verbrennung holziger Biomasse in Heizwerken). Allerdings wird sich dieses Verhältnis vrsl. mit zunehmender Defossilisierung verändern. Insofern könnten weitergehende Untersuchungen zeigen, ab wann eine reine Wärmeerzeugung und -nutzung aus Abfall sowohl für das Energiesystem als auch aus Klimaschutzsicht vorteilhafter wäre oder sein könnte als eine KWK-Nutzung.

1 Hintergrund und Ziele der Studie

Das Land Berlin hat sich mit dem Klimaschutz- und Energiewendegesetz (EWG Bln, 2016) zum Ziel gesetzt, seine CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2045 auf ein klimaneutrales Niveau zu reduzieren. Die Machbarkeitsstudie von Hirschl et al. (2021) „Berlin Paris-konform machen“ legt dar, dass es möglich ist, zwischen 2040 und 2050 Klimaneutralität zu erreichen, indem die CO₂-Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 um mindestens 95 % gesenkt werden. Fast die Hälfte der Berliner CO₂-Emissionen werden durch den Wärmesektor verursacht. 43 % der insgesamt 18,1 Mio. Mg CO₂-Emissionen aus dem Jahr 2020 resultieren dabei aus dem Gebäudebereich und entstehen in Folge von Beheizung, Warmwasserbereitung sowie Klimatisierung, ohne Prozesswärme (Hirschl et al., 2021). Die Wärmewende ist neben der Sanierung des Gebäudebestandes von hoher Relevanz für die Dekarbonisierung, was sich auch in den Debatten um das Gebäudeenergie- (GEG) und das Wärmeplanungsgesetz (WPG) im Jahr 2023 wiedergespiegelt hat.

Vor diesem Hintergrund hat das Land Berlin eigenständig eine Studie zur Entwicklung einer Wärmestrategie für Berlin durch das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) und das Hamburg Institut beauftragt. Innerhalb der 2021 veröffentlichten Studie wurde zur Erreichung der Klimaziele im Bereich der Wärmeversorgung eine Vielzahl an Instrumenten erarbeitet. Ein zentrales Instrument der Wärmestrategie ist die gesamtstädtische Wärmeplanung, die den Aufbau eines Wärmekatasters mit Bestands- und Potenzialdaten als Planungstool beinhaltet. Dabei gilt es, neben der Bestandaufnahme von u. a. Infrastruktur, Wärmebedarf und -verbrauch auch tatsächliche Potenziale weiterer erneuerbarer Wärme- und Abwärmequellen zu ermitteln.

Seit Inkrafttreten des WPG im Jahr 2023 ist das Land Berlin verpflichtet, bis zum 30. Juni 2026 einen Wärmeplan unter Berücksichtigung von Bestands- und Potenzialanalysen sowie eines Zielszenarios zu erstellen, der außerdem eine Umsetzungsstrategie mit konkreten Maßnahmen beinhalten soll.

Mit der vorliegenden Studie, die von der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU) beauftragt wurde, erfolgt die durch das WPG geforderte Potenzialanalyse für den Energieträger „Biomasse“. Die Studie konzentriert sich auf mehrere Schlüsselaspekte im Bereich Biomasse in Berlin und leistet somit einen Beitrag zur gesamtstädtischen Wärmeplanung (siehe auch Bild 1-1). Ein zentraler Punkt ist die Darstellung des aktuellen Status Quo hinsichtlich des Aufkommens und der Nutzung von Biomassen in Berlin, wobei ein besonderes Augenmerk auf die energetische Verwertung gelegt wird. Ein weiterer wichtiger Bereich dieser Arbeit umfasst die Ermittlung aller projektrelevanten Biomassenpotenziale sowie der vorhandenen Verwertungskapazitäten. Diese Informationen werden sorgfältig aufbereitet, um sie für das Wärmekataster der Stadt nutzbar zu machen. Zusätzlich beinhaltet die Studie eine Prognose der Mengenentwicklung des Biomassenaufkommens und untersucht die potenziellen Möglichkeiten für eine zukünftige energetische Nutzung dieser Biomassen in Berlin. Schließlich zielt diese Studie auch darauf ab, Optimierungspotenziale zu identifizieren und Instrumente zur Steuerung der Biomassennutzung, insbesondere im Hinblick auf die energetische Verwertung, zu entwickeln.

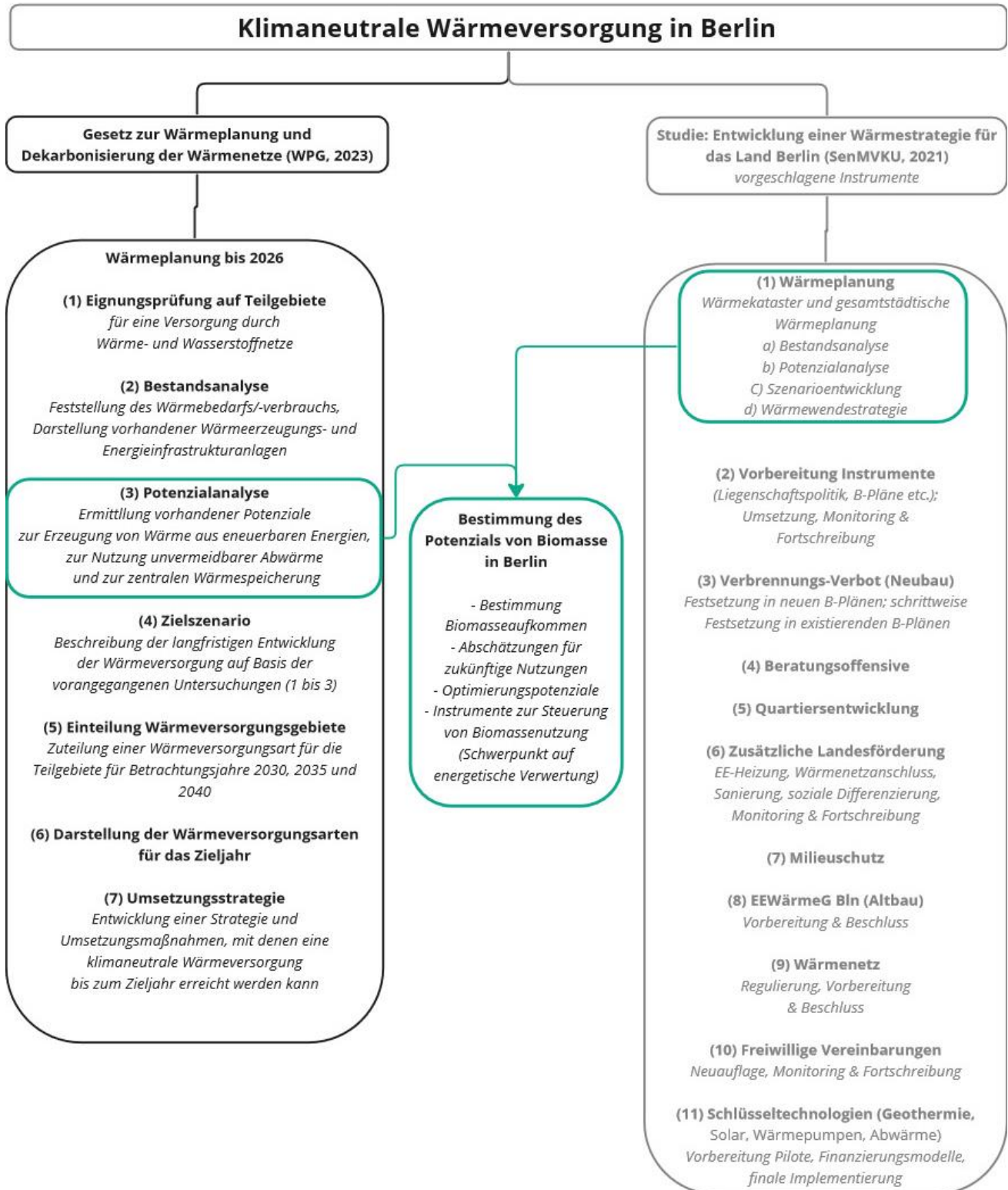


Bild 1-1: Einordnung der vorliegenden Biomassepotenzialstudie vor dem Hintergrund des Wärmeplanungsgesetz und der vorgeschlagenen Instrumente zur Umsetzung der Wärmestrategie

Ausgehend von der aktualisierten Machbarkeitsstudie „Entwicklung einer Wärmestrategie für das Land Berlin“ (Dunkelberg et al., 2021) werden die Entwicklungen der CO₂-Emissionen im Berliner Wärmemarkt bis 2050, mit der sich die Klimaneutralität erreichen lasse, als KS (Klimaschutz)-Szenario dargestellt. In diesem Szenario sinkt der Wärmeverbrauch von 36.700 GWh im Jahr 2020 auf 19.900 GWh im Jahr 2050. Der Wärmemix der Fernwärmenetze im KS-Szenario werde in Zukunft vollständig auf den Einsatz von Erdgas, Kohle, Abfall und Heizöl verzichten und setzt sich vor allem aus EE-Gas, Biomasse, Power to heat (PtH), Abwärme und Energie aus Wärmepumpen zusammen. Auch auf Wärme aus der Geothermie, Aquiferen sowie Abwärme der Elektrolyse werde gesetzt.

Die Potenziale an erneuerbaren Energien und Abwärme seien zwar bedeutend, reichen aber im Vergleich zum derzeitigen Verbrauch nicht aus, um eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu gewährleisten. Das bedeute, dass der Wärmeverbrauch für eine nachhaltige und resiliente Zielerreichung stark reduziert werden müsse.

1.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Verwertung biogener Abfallstoffe sowohl auf stofflicher als auch auf energetischer Ebene unterliegt einer Vielzahl gesetzlicher Vorschriften. Diese Vorschriften zielen darauf ab, die anfallenden Materialströme sicher und effizient in die Wirtschaftskreisläufe zu integrieren, ohne dabei negative Auswirkungen zu verursachen. Die einschlägigen Regelungen können entweder allgemeine Richtlinien umfassen oder spezifische Anforderungen an die technische Umsetzung von Verarbeitungsanlagen in Bezug auf Immissionsschutz (wie beispielsweise die TA-Luft) oder die Sicherstellung qualitativer Standards für die Verwertung von Produkten aus der Behandlung (wie die BioAbfV und Hygienevorschriften) enthalten.

Die energierechtlichen Bestimmungen dienen insbesondere der Förderung und Optimierung der Nutzungsprozesse. Gerade in den letzten Jahren wurde eine Vielzahl an Gesetzen, Verordnungen und politischen Instrumenten auf der Ebene der EU, des Bundes und des Landes Berlin eingeführt oder modifiziert, die einen erheblichen Einfluss auf den Wärmesektor in Berlin haben.

1.1.1 Stoffstrombezogene Regelungen

1.1.1.1 Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) und Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)

Mit der Novellierung der Abfallrahmenrichtlinie im Jahr 2008 wurde die fünfstufige Abfallhierarchie (Vermeidung, Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstige Verwertung (z.B. energetische Verwertung), Beseitigung) festgelegt, die die bis dahin geltende dreistufige Reihenfolge ablöste und damit auch die Gleichwertigkeit von energetischer und stofflicher Verwertung beendete. Die stoffliche Verwertung hat seitdem eine höhere Priorität gegenüber der energetischen Verwertung. Weitere Neuerungen der Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) betrafen außerdem die Anforderungen an die Abfallvermeidung und die Pflichten der Mitgliedstaaten, Vermeidungsprogramme zu erstellen, Recyclingquoten, die Verankerung des Grundsatzes der Produktverantwortung und besondere Bestimmungen für Bioabfall. Letztere umfassen vor allem die Getrenntsammlung von Bioabfall sowie die Förderung von Recycling, einschließlich Vergärung und Kompostierung von Bioabfall, und die Eigenkompostierung.

Die AbfRRL wurde im Jahr 2012 dann in Form des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zur Förderung der Kreislaufwirtschaft (KrWG v. 24.02.2012, zuletzt geändert: 02.03.2023) in nationales Recht umgesetzt. Die Novellierung der AbfRRL im Jahr 2018 zielte auf die Förderung der Kreislaufwirtschaft durch Vermeidung und verstärktes Recycling von Abfällen, z.B. durch überarbeitete Recyclingquoten für bestimmte Abfallarten und Pflichten der Getrenntsammlung für Bioabfälle zur Verwertung/Recycling.

Genanntes Kreislaufwirtschaftsgesetz, welches im Jahr 2012 das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG v. 27.09.1994) ersetzte, definiert den Begriff „Abfall“, lenkt diese Materialien im Rahmen der Verwertung vorrangig in die schadlose Kreislaufwirtschaft und leistet mithin einen Beitrag zur Schonung der natürlichen Ressourcen. Ausgehend von der fünfstufigen Abfallhierarchie hat dabei die Verwertungsmaßnahme Vorrang, welche den Schutz von Mensch und Umwelt während des gesamten Lebenszyklus des Abfalls am besten gewährleistet.

1.1.1.2 Bioabfallverordnung

Die Bioabfallverordnung (BioAbfV v. 04.04.2013, zuletzt geändert am 28.04.2022) bildet einen rechtlichen Rahmen, der die unbedenkliche Verwertung von unbehandelten oder behandelten Bioabfällen auf oder in Böden sowohl qualitativ als auch quantitativ sicherstellt. Durch ihre Zielsetzung lenkt die BioAbfV hauptsächlich die stoffliche Verwertung von Bioabfällen.

Der rechtlich festgelegte Begriff "Bioabfall" ist von besonderer Bedeutung aufgrund seiner Verknüpfung mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG, s. Kap. 1.1.2.5) und der Biomasseverordnung (BiomasseV, s. Kap. 1.1.2.6) sowie seiner Auswirkungen auf das Bodenschutzrecht hinsichtlich der Materialverlässlichkeit in und auf Böden sowie auf das Düngemittelrecht im Hinblick auf die Vermarktung als Düngemittel. Die Definition von Bioabfällen umfasst besonders die in Anhang 1 Nr. 1 der BioAbfV aufgeführten Abfallarten. Fehlwürfe, wie sie gelegentlich bei der getrennten Sammlung von Bioabfällen auftreten, beeinträchtigen nicht die Eigenschaften als Bioabfall. Hingegen führen bewusste Vermischungen mit Materialien, die nicht als Bioabfall gelten, dazu, dass das gesamte Gemisch nicht mehr als "Bioabfall" eingestuft wird. Bodenmaterial ohne signifikanten Anteil an Bioabfällen wird ebenfalls nicht als Bioabfall betrachtet. Darüber hinaus sind Pflanzenreste, die auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen anfallen und dort verbleiben, aufgrund anderer Verordnungen explizit von der Definition als Bioabfall ausgenommen.

Im Regelfall sind Bioabfälle im Sinne der BioAbfV einer Hygienisierung in Form der Kompostierung und/oder Vergärung zu unterziehen. Die hygienerechtlichen Anforderungen nach BioAbfV stehen neben denen nach dem sonstigen Tiernebenprodukte-Hygienerecht, da tierische Nebenprodukte nicht im Anwendungsbereich der BioAbfV liegen. Werden Bioabfälle und tierische Nebenprodukte gemeinsam behandelt, gelten sowohl die Vorschriften der BioAbfV als auch die des entsprechenden Tierprodukte-Hygienerechts (siehe Kap.1.1.1.6).

„Kleine“ Novelle der Bioabfallverordnung 2022

Mit dem Beschluss der Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Verordnungen durch das Bundeskabinett sind im Mai 2022 Änderung der Bioabfallverordnung verkündet worden, die am 1. Mai 2023 in Kraft getreten sind. Die hier interessierenden Änderungen der vorgesehenen Novelle können wie folgt zusammengefasst werden.

- Der größte Teil der Artikelverordnung betrifft die Änderungen der BioAbfV, die vor allem darauf abzielen, den Eintrag von Kunststoffen in die Umwelt durch die bodenbezogene Verwertung von Bioabfällen zu reduzieren. Eine Erweiterung des Anwendungsbereichs der BioAbfV auf jegliche bodenbezogene Verwertung von Bioabfällen und bioabfallhaltigen Gemischen wird unabhängig von der Art der Aufbringungsfläche und des Verwendungszwecks umgesetzt.
- Der neue Paragraph 2a, der am 01.05.2025 in Kraft treten wird, soll sicherstellen, dass Fremdstoffe, insbesondere Kunststoffe, von Anfang an aus den Behandlungsprozessen von Bioabfällen wie Vergärung und Kompostierung sowie aus der Herstellung von bioabfallhaltigen Gemischen

herausgehalten werden. Hierfür werden erstmals Vorgaben und Anforderungen für die Fremdstoffentfrachtung aus Bioabfällen vor der Zuführung zur Behandlung geregelt, einschließlich eines Input-Kontrollwerts für den Gesamtkunststoffgehalt der zu behandelnden Bioabfälle. Gewerblich verpackte Bioabfälle müssen von der Verpackung befreit werden, bevor sie mit anderen Bioabfällen vermischt und der biologischen Behandlung zugeführt werden. Außerdem werden die verschärften Grenzwerte für Kunststoffe und andere Fremdstoffe in fertigen Komposten und anderen bioabfallhaltigen Materialien in die Bioabfallverordnung übernommen.

- Um der Forderung nach sortenreinem Biogut gerecht zu werden, ist ein Rückweisungsrecht für Bioabfall mit mehr als 3 % Fremdstoffe vorgesehen. Dieses Recht gilt allerdings nicht, wenn eine Vereinbarung zwischen den entsorgungspflichtigen Körperschaften und den Bioabfallbehandelnden getroffen wurde.
- Neben dem Kontrollwert und dem Rückweisungsrecht wird der Grenzwert für Fremdstoffgehalte in hergestellten Düngeprodukten angepasst werden. Begrenzt werden die Anteile plastisch verformbarer Kunststoffe (0,1 %) und die sonstiger Fremdstoffe, insbesondere Glas, Metalle und plastisch nicht verformbare Kunststoffe (0,4 %), bezogen auf die Trockenmasse und auf Fremdstoffpartikel > 1 mm (anstatt > 2 mm wie bisher).
- Die bestehenden Vorschriften für Sammelbeutel aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (BAK) sowie andere abbaubaren Kunststoffprodukte werden genauer definiert und verschärft.

1.1.1.3 Düngemittelverordnung

Die Düngemittelverordnung (DüMV v. 05.12.2012, zuletzt geändert am 02.10.2019) regelt das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln.

Ab dem 02.10.2019 sind neue Änderungen für Dünge- und Bodenverbesserungsmittel aus organischen Abfällen in Kraft getreten. Die Änderungen betreffen vor allem Vorgaben zur Reduzierung von Fremdbestandteilen in organischen Abfällen, die Entpackung und Abtrennung von Verpackungen bei verpackten Lebensmitteln aus Handel und Produktion vor der ersten biologischen Behandlung und die Absenkung der Partikelgröße von Fremdbestandteilen.

Aus der Anlage 2 geht hervor, dass die Fremdbestandteile nach Nr. 3.8.9 (Altpapier, Steine, Glas, Metall, Karton und Kunststoffe) nur in „unvermeidbaren Anteilen“ in Düngemitteln enthalten sein dürfen. Folglich müssen in Bezug auf die Getrenntsammlung von kommunalen Bioabfällen Maßnahmen ergriffen werden, die auf eine Vermeidung von Fremdstoffen abzielen. Für verpackte Lebensmittel ergibt sich aus ebendieser Anlage eine zwingende Abtrennung der Verpackungen oder Verpackungsbestandteile vom restlichen Bioabfall vor der ersten biologischen Behandlung.

Die unveränderten Grenzwerte beziehen sich ab dem 01.01.2021 nicht mehr auf Fremdbestandteile mit einer Partikelgröße von > 2 mm sondern auf eine Partikelgrößen > 1 mm, was eine indirekte Verschärfung der Grenzwerte bedeutet.

Keine Wirkung entfaltet die DüMV, wenn Bioabfälle mit Bodenmaterial vermischt werden und dieses Gemisch nicht als Düngemittel oder Bodenhilfsstoff, sondern z.B. im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen oder im Landschaftsbau eingesetzt werden. In diesen Fällen gilt jedoch die Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV v. 12.07.1999, zuletzt geändert am 19.06.2020, gültig bis 31.07.2023, dann BBodSchV v. 09.07.2021 gültiges Recht), die in § 12 Abs. 1 verlangt, dass die zur Vermischung eingesetzten Bioabfälle die qualitativen Anforderungen nach § 11 des KrWG erfüllen müssen. Nach KrWG unzulässige Materialien dürfen somit auch für solche Maßnahmen nicht verwendet werden.

1.1.1.4 Klärschlammverordnung

Die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost unterliegt den Bestimmungen der Klärschlammverordnung (AbfKlärV v. 27.09.2017, zuletzt geändert am 19.06.2020). Die erste Klärschlammverordnung vom 15.04.1992 wurde grundlegend novelliert und von ursprünglich 10 Paragraphen auf 39 erweitert. So richtet sie sich jetzt auch z.B. an Komposthersteller und nimmt die Thematik des Bodenschutzes und der Kreislaufwirtschaft auf.

Der Klärschlammherzeuger hat den anfallenden Klärschlamm möglichst hochwertig zu verwerten. Diese Anforderung zielt auf die Rückgewinnung des im Klärschlamm enthaltenen Phosphors ab, der dem Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden soll. Phosphor ist ein kritischer strategischer Rohstoff, ohne den z.B. die Landwirtschaft (auf lange Zeiträume gesehen) nicht möglich ist. Derzeit wird der Bedarf fast vollständig über Importe gedeckt.

Die Einbringung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost in den Boden wäre daher theoretisch die bevorzugte stoffliche Verwertung des Phosphors. Allerdings sammeln sich in Klärschlämmen auch Schadstoffe wie Schwermetalle, Arzneimittelrückstände und Kunststoffreste an, weswegen die direkte landwirtschaftliche Verwertung immer weiter eingeschränkt wird. Um zu verhindern, dass sich diese Schadstoffe in den Böden anreichern, enthält die Klärschlammverordnung umfangreiche Untersuchungsbestimmungen und Grenzwerte, die sowohl den Klärschlamm selbst als auch den Boden betreffen. Außerdem sind in §15 verschiedene Beschränkungen der bodenbezogenen Verwertung aufgeführt, die das Auf- oder Einbringen bei z.B. auf Grünland oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen generell verbietet.

1.1.1.5 Immissionsschutzrechtliche Vorschriften

Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen aller Art unterliegen den Bestimmungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG v. 15.03.1974, zuletzt geändert am 26.07.2023). Der Zweck des Gesetzes ist sehr weit gefasst und betrifft allgemein den Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie Boden, Wasser, Atmosphäre, Kultur- und Sachgütern vor schädlichen Umwelteinwirkungen.

Zur Durchführung dieses Gesetzes existieren eine Reihe von Bundes-Immissionsschutzverordnungen (BImSchV). Relevant im Zusammenhang mit Biomasse und ihrer Verwertung sind dabei Folgende:

- Die **1. BImSchV** regelt die Errichtung, Beschaffenheit und den Betrieb kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen, die keiner Genehmigung nach § 4 BImSchG bedürfen. Sie enthält eine abgeschlossene Positivliste für Brennstoffe mit genormten Qualitätsanforderungen, die in diesen Feuerungsanlagen eingesetzt werden dürfen, darunter auch nicht holzartige Pellets (siehe § 3 Abs. 1 Nr. 13).
- Die **4. BImSchV** definiert in Anlage 1, welche Anlagen einer Genehmigung bedürfen und ob die Öffentlichkeit am Genehmigungsverfahren zu beteiligen ist. Unter Nummer 8 finden sich Anlagen zur Verwertung und Beseitigung von Abfällen und sonstigen Stoffen. Relevant sind hier u.a. die Anlagen, die unter den Nummern 8.5 und 8.6 geführt werden (Kompostanlagen und Biogasanlagen). Ob für die Errichtung und den Betrieb dieser Anlagen eine Genehmigung erforderlich ist und, wenn ja, welches Genehmigungsverfahren einschlägig ist, hängt bei diesen Anlagen nur von der Durchsatzkapazität ab.

Anlagen zur Wärmeerzeugung werden in der 4. BImSchV unter Anlage 1 Nummer 1 geführt. Die Art des Genehmigungsverfahrens hängt von der Feuerungswärmeleistung und der Art des einzusetzenden Brennstoffs ab.

- Mit der **13. BImSchV** werden Anforderungen für die Errichtung, an die Beschaffenheit sowie an den Betrieb von Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mind. 50 MW festgelegt. Diese sind gemäß § 4 BImSchG genehmigungsbedürftig. Im Sinne dieser Verordnung zählen zu den Biobrennstoffen u.a. pflanzliche Produkte sowie pflanzliche Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft, pflanzliche Abfälle der Nahrungsmittelindustrie, Hölzer aus der Landschaftspflege sowie naturbelassenes Holzabfälle. In § 29 der 13. BImSchV sind Emissionsgrenzwerte für Großfeuerungsanlagen für den Einsatz von Biobrennstoffen festgelegt.
Analog regelt die 44. BImSchV die Anforderungen für mittelgroße Feuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen.
- Die **30. BImSchV** befasst sich spezifisch mit Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen. Sie enthält detaillierte Regelungen für den Betrieb solcher Anlagen, einschließlich Vorschriften zur Emissionskontrolle, Abfallbehandlungsprozessen und der Sicherstellung des Umweltschutzes. Die 30. BImSchV legt auch fest, welche Anlagentypen einer Genehmigung bedürfen. Die Verordnung gilt nicht für Anlagen für die Ausfäulung von Klärschlamm oder für die, in denen aus Bioabfällen gemäß BioAbfV, Klärschlämmen sowie Nebenerzeugnissen aus der Land-, Forst- oder Fischwirtschaft verwertbarer Kompost oder Biogas erzeugt wird.

1.1.1.6 Hygienerechtliche Vorschriften

Werden bei der biologischen Behandlung tierische Nebenprodukte eingesetzt, sind insbesondere zu beachten:

- EG-Hygiene-Verordnung (VO (EG) Nr. 1069/2009 vom 14.11.2009; ersetzt VO (EG) 1774/2002)
- EG-Verordnung zur Durchführung der EG-Hygieneverordnung (VO (EG) Nr. 142/2011 vom 26.11.2012; ersetzt VO (EG) 181/2006)
- Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsgesetz (TierNebG v. 25.01.2004, zuletzt geändert am 20.12.2022)
- Tierische Nebenprodukte-Beseitigungsverordnung (TierNebV v. 27.07.2006, zuletzt geändert am 04.12.2018)

Die genannten hygienerechtlichen Vorschriften regeln die Zulassungsanforderungen für die betroffenen Behandlungsanlagen, Art, Beschaffenheit und Zusammensetzung der zugelassenen Einsatzstoffe sowie die Anforderungen an die weitere Verwendung der verbleibenden Reste.

Sämtliche Arten tierischer Nebenprodukte sind gemäß EG-Hygiene-VO in eine der nachfolgenden drei Risiko-Kategorien einzuordnen.

Material der Kategorie 1 (hohes Risiko)

- Durch Verbrennung zu beseitigen, durch Mitverbrennung zu verwerten/beseitigen, durch Depositionierung zu beseitigen, als Brennstoff zu beseitigen. Darunter fallen z.B. alle TSE-verdächtigen Tierkörper und -teile, Tierkörper oder Teile toter Tiere, die zum Zeitpunkt der Beseitigung spezifisiertes Risikomaterial enthalten, Küchenabfälle von international eingesetzten Verkehrsmitteln sowie gemischte Materialien der Kategorie 1 mit Material der Kategorie 2 oder 3.

Material der Kategorie 2 (mittleres Risiko)

- Kompostierung, Umwandlung in Biogas, Herstellung von organischen Düngemitteln/Bodenverbesserungsmitteln und Aufbringung auf Flächen. Darunter fallen z.B. Magen- und Darminhalt sowie Ausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere, tierische Nebenprodukte, die bei der Abwasserbehandlung eingesammelt werden, Tiere, die auf anderem Wege zu Tode kamen als

Schlachtung oder Tötung zum menschlichen Verzehr, einschließlich Tiere, die zum Zweck der Seuchenbekämpfung getötet werden.

Material der Kategorie 3 (geringes Risiko)

- Siehe Kategorie 2 und zusätzlich zur Herstellung von Futtermitteln für Nutztiere, Pelztiere und Heimtierfuttermittel mit Einschränkungen und strengen Auflagen, Vorgaben der (EG) 999/2001 und futtermittelrechtliche Vorgaben sind einzuhalten. Darunter fallen z.B. Schlachtkörperteile und Teile von genusstauglichen Tieren, wenn sie aus wirtschaftlichen Gründen nicht zum menschlichen Verzehr verwendet werden, Materialien von Wasser-, Weich- und Krebstieren, wirbellosen Tieren, Brüterei- und Ei-Nebenprodukten, getötete Eintagsküken, sofern kein Anzeichen von auf Mensch oder Tier übertragbaren Krankheiten vorliegen, Teile von lebenden Tieren wie zum Beispiel Blut, Wolle, Federn, Haare und Rohmilch

Als zulässige Einsatzstoffe in Biogasanlagen kommen im Regelfall ausschließlich Materialien der Kategorie 2 oder 3 in Betracht. Soweit bestimmte tierische Nebenprodukte der Kategorie 2 bzw. 3 verarbeitet werden, die nicht als Biomasse anerkannt sind, entfällt die EEG-Förderung (vgl. § 3 Nr. 9 b bis d BiomasseV).

Die Aufbringung organischer Düngemittel oder Bodenverbesserungsmittel auf Weideland ist gemäß Artikel 11 Abs. 1 c EG-Hygiene-VO ausschließlich für Gülle zulässig, außer die Beweidung oder der Schnitt ist nach einer ausreichenden Wartezeit, durch eine Kontrolle festgestellt, aber mindestens 21 Tage, erfolgt. Weitere bodenrelevante Einschränkungen sieht die EG-Hygiene-VO nicht vor. Allerdings gestattet § 23 Abs. 1 TierNebV das Aufbringen von Fermentationsrückständen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten (Acker-)Böden, wenn im Rahmen der Vergärung ausschließlich die in Anlage 4 TierNebV genannten tierischen Nebenprodukte als Ausgangsmaterial verarbeitet worden sind. Hierzu gehören neben Gülle, Magen-, Darm- und Panseninhalten, Milch und Kolostrum auch sonstiges Material der Kategorie 2, das nach Verarbeitungsmethode 1 des Anhangs V Kapitel III der Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 behandelt worden ist sowie die Materialien der Kategorie 3 gemäß Artikel 6 Abs. 1 der EG-Hygiene-VO.

1.1.2 Energie- und Klimaschutzrecht

Die Verwertung von Biomasse spielt auch in den energie- und klimaschutzrechtlichen Entwicklungen der letzten Jahre eine Rolle. In der Regel soll durch die nachfolgend aufgeführten Regelungen auf der einen Seite ein hohes Klimaschutzniveau bei der Verwertung von Biomassen erreicht werden sowie gleichzeitig eine preisgünstige Energieversorgung sichergestellt werden. Zur Förderung der umweltpolitisch erwünschten Anlagen für erneuerbare Energie wurden in diesem Bereich seit Ende der 1990er Jahre zahlreiche Regelwerke geschaffen und immer wieder angepasst. Einige zentrale Regelwerke werden nachfolgend aufgeführt und kurz im Hinblick auf den Inhalt der Studie erläutert.

1.1.2.1 Berliner Klimaschutz- und Energiewendegesetz

Das aktuelle EWG Bln ist 2016 in Kraft getreten und bildet den rechtlichen Handlungsrahmen der Berliner Klimaschutzpolitik. Es setzt auf die bestehenden Regelungen wie das Landesenergieprogramm und die Berliner Agenda 21 auf. Mit Hilfe des EWG Bln verpflichtet sich das Land Berlin zu festgelegten Klimaschutzzielen und setzt Instrumente für deren Erreichung fest. Mit der Novellierung des Gesetzes am 19. August 2021 wurden die Klimaziele und entsprechende Maßnahmen an das Pariser Klimaschutzabkommen angepasst und verschärft (siehe Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Gegenüberstellung Klimaschutzziele, Reduktion CO₂ im Vergleich zu 1990, EWG Bln, Version 2016 und Novelle 2021

	2030	2040	2045	2050
EWG Bln 2016	60 %	-	-	85 %
Novelle 2021	70 %	90 %	95 %	-

Zentrale Ansatzpunkte zur Reduzierung der Kohlendioxidemissionen sind die Steigerung der Energieeffizienz, Nutzung erneuerbarer Energien und Energieeinsparung. Wesentliche Maßnahmen sind

- CO₂-Budget und Sektorziele
- Solarpflicht, höhere Energiestandards und Sanierungsfahrpläne öffentlicher Gebäude
- CO₂-freie öffentliche Fahrzeugflotte und mehr Ladeinfrastruktur
- Klimaneutrale Fernwärme und Monitoring von Wärmedaten

Auf Bundesebene ist 2020 das Gebäudeenergiegesetz (GEG) in Kraft getreten und im November 2023 novelliert worden. Es legt energetische Anforderungen an beheizte oder klimatisierte Gebäude fest. Seine Vorgaben beziehen sich vorrangig auf die Heizungstechnik und Wärmedämmstandards bei Neubauten. Für Bestandsgebäude bestehen einige Austausch- und Nachrüstungsspflichten. Es ersetzt die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG).

1.1.2.2 Wärmeplanungsgesetz (WPG)

Das Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (kurz Wärmeplanungsgesetz oder WPG) vom 20.12.2023 zielt darauf ab, „einen wesentlichen Beitrag zur Umstellung der Erzeugung von sowie der Versorgung mit Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme auf erneuerbare Energien, unvermeidbare Abwärme oder einer Kombination hieraus zu leisten, zu einer kosteneffizienten, nachhaltigen, sparsamen, bezahlbaren, resilienten sowie treibhausgasneutralen Wärmeversorgung bis spätestens zum Jahr 2045 (Zieljahr) beizutragen“. Der Anteil von erneuerbarer Wärme soll gem. §2 Abs. 1 bis zum 01.01.2030 auf 50 % gesteigert werden. Hierzu soll gemäß §2 Abs. 2 die Anzahl der Gebäude, die an ein Wärmenetz angeschlossen sind, signifikant gesteigert werden. Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Wärme werden im Gesetz als Anlagen von „überragendem öffentlichem Interesse“ definiert, die der öffentlichen Sicherheit dienen. Die Anlagen sind demnach bei Schutzgüterabwägungen entsprechend vorrangig zu behandeln.

Ein zentrales Ziel des WPG ist es, die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu reduzieren und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu fördern. Es legt Standards und Richtlinien fest, um den Ausbau von Wärmepumpen, Solarthermie, Biomasse und anderen nachhaltigen Wärmequellen zu erleichtern. Durch die Förderung von energetischer Gebäudesanierung und effizienten Heiztechnologien sollen der Wärmeverbrauch insgesamt gesenkt und die CO₂-Emissionen verringert werden.

Das Gesetz legt auch Mechanismen zur Koordination zwischen verschiedenen Akteuren im Energiesektor fest, einschließlich Regierungsbehörden, Energieversorgungsunternehmen, Stadtplanern und der Zivilgesellschaft. Es fördert die Zusammenarbeit und den Informationsaustausch, um eine ganzheitliche Wärmeplanung auf regionaler und nationaler Ebene zu ermöglichen. Gemäß §4 WPG sind für Gemeinden mit mehr als 100.000 Einwohnern bis zum 30.06.2026 Wärmepläne zu erarbeiten. Die Wärmepläne haben gemäß § 13 eine Eignungsprüfung, eine Bestands-, eine Potenzialanalyse, die Entwicklung und Beschreibung eines Zielszenarios sowie eine Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche

Wärmeversorgungsgebiete und die Entwicklung einer Umsetzungsstrategie mit konkreten Maßnahmen zu umfassen. Das vorliegende Projekt soll eben hierzu einen Beitrag leisten.

1.1.2.3 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Ziel des Gesetzes zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (kurz Gebäudeenergiegesetz, umgangssprachlich Heizungsgesetz oder GEG) ist es, die Energieeffizienz von Gebäuden zu verbessern, den CO₂-Ausstoß im Gebäudebereich zu reduzieren und somit einen „wesentlichen Beitrag zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele zu leisten“. Es integriert verschiedene bestehende Regelungen und Standards im Bereich der energetischen Gebäudesanierung und Neubauvorschriften zu einem einheitlichen Gesetz.

Analog zum WPG definiert das GEG, dass Errichtung und Betrieb von Anlagen zur Erzeugung sowie zum Transport von Wärme, Kälte und Strom aus erneuerbaren Energien sowie Effizienzmaßnahmen in Gebäuden im überragenden öffentlichen Interesse liegen und der öffentlichen Sicherheit dienen, sodass Sie bei entsprechenden Schutzgüterabwägungen als vorrangig zu betrachten sind.

Das Gesetz formuliert in §4 eine Vorbildfunktion der öffentlichen Hand und legt Mindestanforderungen an den energetischen Standard von Gebäuden fest, um sicherzustellen, dass sie energieeffizient sind und den aktuellen technologischen und bauphysikalischen Standards entsprechen. Es fördert den Einsatz von erneuerbaren Energien für Heizung, Kühlung und Warmwasserbereitung sowie die Nutzung von energieeffizienten Baustoffen und -technologien. Das Gesetz beinhaltet auch Vorschriften zur energetischen Bewertung von Gebäuden sowie zur Kennzeichnung von Energieausweisen, die potenziellen Käufern und Mietern Informationen über die Energieeffizienz eines Gebäudes liefern. Es fördert die Transparenz auf dem Immobilienmarkt und soll dazu beitragen, die Nachfrage nach energieeffizienten Gebäuden zu steigern.

Darüber hinaus enthält das GEG Bestimmungen zur Förderung von energetischer Sanierung und Modernisierung bestehender Gebäude, um ihren Energieverbrauch zu reduzieren und ihren Komfort zu verbessern. Es bietet Anreize und finanzielle Unterstützung für Eigentümer, die ihre Gebäude energetisch optimieren möchten.

Insgesamt ist das Gebäudeenergiegesetz ein wichtiges Instrument zur Erreichung der Klimaziele im Baubereich und zur Förderung einer nachhaltigen und energieeffizienten Gebäudeinfrastruktur. Es trägt dazu bei, den Gebäudesektor als wichtigen Akteur im Kampf gegen den Klimawandel zu mobilisieren und eine ressourcenschonende und zukunftsfähige Baukultur zu fördern.

1.1.2.4 Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED III

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED III (Renewable Energy Directive III) bildet einen zentralen Bestandteil der Energiepolitik der Europäischen Union. Diese Richtlinie zielt darauf ab, den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch in der EU zu erhöhen und die Energieversorgung nachhaltiger zu gestalten. Die Bestimmungen der RED III sind bis zum 21.05.2025 der Mitgliedstaaten in nationales Recht umzusetzen.

Zentral in der RED III ist die Festlegung von Zielen für den Ausbau erneuerbarer Energien. Bis 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch in der EU mindestens 42,5 % betragen. Dies ist ein ehrgeiziges Ziel, das die Mitgliedstaaten zu verstärkten Anstrengungen in Richtung erneuerbare Energien anregen soll. Die Richtlinie fördert dabei verschiedene Arten erneuerbarer Energien,

einschließlich Wind-, Solar- und Biomasseenergie. Darüber hinaus enthält sie Bestimmungen zur Förderung der Energieeffizienz und zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Dies umfasst Maßnahmen zur Unterstützung von Energieeffizienzprojekten und zur Förderung des Einsatzes sauberer Energiequellen. Die Richtlinie sieht vor, dass Holz nach dem Prinzip der Kaskadennutzung möglichst hochwertig verwertet wird (stoffliche vor energetischer Verwertung), wobei die Holzverbrennung als Erzeugung erneuerbarer Energie gilt.

Ein weiterer Aspekt der Richtlinie ist die Unterstützung des Ausbaus der Infrastruktur für erneuerbare Energien. Die EU fördert den Bau neuer Anlagen zur Energiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen sowie die Modernisierung bestehender Anlagen, um deren Effizienz und Umweltverträglichkeit zu verbessern.

Schließlich legt die RED III auch den rechtlichen Rahmen für den Handel mit Emissionszertifikaten und erneuerbaren Energiezertifikaten fest. Dies soll einen Marktmechanismus bieten, der die Kosten für erneuerbare Energien senkt und gleichzeitig deren Wettbewerbsfähigkeit erhöht.

1.1.2.5 Erneuerbare-Energien-Gesetz

Das Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG, v. 21.07.2014, zuletzt geändert am 05.02.2024) dient der Transformation im Interesse des Klima- und Umweltschutzes zu einer nachhaltigen und treibhausgasneutralen Stromversorgung, die vollständig auf erneuerbaren Energien beruht. In der Novelle 2023 werden die Anlagen und dazugehörigen Nebenanlagen zur Stromerzeugung durch erneuerbare Energien erstmalig als „im überragenden öffentlichen Interesse“ liegend und der „öffentlichen Sicherheit“ dienend gesetzlich festgeschrieben. So sollen erneuerbare Energien in Zukunft Vorrang bei der Schutzgüterabwägung bekommen und damit das Tempo der Planungs- und Genehmigungsverfahren erhöht werden. Eng verknüpft mit dem EEG ist die Biomasseverordnung, die festlegt, welche Materialien als Biomasse gelten und welche Anforderungen förderfähige Verfahren zur Stromerzeugung aus Biomasse erfüllen müssen.

Ursprünglich erfolgte die EEG-Förderung von Stromerzeugungsanlagen über einen festgelegten Zeitraum von 20 Jahren. Da das EEG im Jahr 2000 in Kraft getreten ist, erreichen somit vermehrt Anlagen aus den ersten Jahren des EEG das Ende ihres Förderzeitraums. Es ist bisher nicht klar, inwiefern der Betrieb von PV, Windkraft- und Biomasseanlagen auch über den Förderzeitraum hinaus wirtschaftlich betrieben werden kann. Bisher ist bei den erzeugten Strommengen und bei der installierten Leistung jedoch kein Einbruch festzustellen. Das EEG-Fördersystem änderte sich mit dem novellierten EEG 2014 erstmals von einer festen Einspeisevergütung zu einer verpflichtenden Einführung der Direktvermarktung im Marktprämienmodell für alle Neuanlagen. Die neu eingeführte Marktprämie errechnet sich aus der Differenz zwischen dem entweder durch Ausschreibung oder gesetzlich festgelegten „anzulegenden Wert“ und dem Mittelwert des Spotmarktpreises eines Monats. So erhalten die Anlagenbetreibenden neben dem Erlös aus der Versteigerung an der Strombörse eine Marktprämie vom Netzbetreibenden. Mit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2023 wird als Ziel formuliert, dass bereits im Jahr 2030 mindestens 80 % der Stromversorgung in Deutschland aus erneuerbaren Energien stammen sollen. Ab 01.07.2022 sank die EEG-Umlage, die bisher die Förderung finanziert hatte und zusätzlich zum Strompreis vom Endverbrauchenden zu zahlen war, zur Entlastung der Verbraucher*innen auf 0 ct/kWh. Zum 01.01.2023 wurde sie gänzlich abgeschafft und die Finanzierung wird nun aus dem Sondervermögen des Bundes „Energie- und Klimafonds“ getragen.

Der anzulegende Wert dient der Berechnung der Marktprämie und wird seit dem EEG 2017 für kleine Anlagen gesetzlich festgelegt. Die Einspeisevergütung ergibt sich dann aus den auszulegenden Werten und einem Abzug von 0,2 ct/kWh für Strom aus Biomasseanlagen (siehe Tabelle 1-2). Anlagenbetreiber*innen müssen für die geplanten Anlagen ab einer bestimmten Größe regelmäßig auf die Höhe des anzulegenden Wertes in einem Auktionsverfahren bieten, der mit einem Höchstwert begrenzt ist (§ 39b und § 39l). Die Ausschreibungsmengen für die Förderungen von Biomasse reduzieren sich seit 2023 stufenweise (von 600 MW im Jahr 2023 zu jeweils 300 MW für 2026-2028), währenddessen sich für Biomethananlagen das Ausschreibungsvolumen ab 2023 auf 600 MW pro Jahr erhöht. Auch für bestehende Biomethan- oder Biomasseanlagen mit einer Größe kleiner als 150 kW besteht bei Angeboten keine Mindestgröße für die Gebotsmenge (§ 30 Abs. 2 S. 2 EEG) und somit gilt die Ausschreibungspflicht. Neue Biomasseanlagen mit einer Leistung kleiner als 150 kW sind nicht ausschreibungspflichtig und mit einem festen anzulegenden Wert ausgewiesen (§ 42 EEG).

Tabelle 1-2: Anzulegende Werte nach Anlagenleistung und Jahr der Inbetriebnahme einer Anlage zur Nutzung von Biomasse

Strom aus	Anlagenleistung	Einspeisevergütung [ct/kWh]
Biomasse im Sinne der BiomasseV (nicht für Strom aus Biomethan) (§ 42 EEG)	≤ 150 kW _{el}	12,47
Anlagen, in denen Biogas aus der Vergärung von Bioabfällen eingesetzt wird (§ 43 EEG)	≤ 500 kW _{el}	13,96
	≤ 20 MW	12,21
Anlagen, in denen Biogas aus der Vergärung von Gülle eingesetzt wird (installierte Leistung von maximal 150 kW) (§ 44 EEG)	≤ 75 kW _{el}	21,80
	≤ 150 kW _{el}	18,80

Der anzulegende Wert für Strom aus Biomasse verringert sich ab dem 01.07.2024 jährlich für die nach diesem Zeitpunkt in Betrieb genommenen Anlagen um 0,5 % gegenüber dem Wert aus dem vorangegangenen Zeitraum (§ 39i Abs. 3 S. 2).

1.1.2.6 Biomasseverordnung

Die Biomasseverordnung (BiomasseV v. 21.07.2001, zuletzt geändert am 13.10.2016) dient der Klarstellung, welche Materialien als Biomasse im Sinne des EEG einzuordnen sind und entsprechend unter das beschriebene Fördersystem fallen. Außerdem regelt es die technischen Verfahren und Umwelanforderungen zur Stromerzeugung aus Biomasse. Als Biomasse gelten gemäß der Definition des § 2 Abs. 1 BiomasseV Energieträger aus Phytomasse (pflanzliche Substanz) und Zoomasse (organische Substanz höherer Organismen) einschließlich der aus ihnen resultierenden Folge- und Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt.

Beispielhaft und nicht abschließend werden in § 2 Abs. 2 BiomasseV die unter den Biomassebegriff fallende Materialien aufgeführt:

- Pflanzen und Pflanzenbestandteile,
- Aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteile hergestellte Energieträger, deren sämtliche Bestandteile und Zwischenprodukte aus Biomasse im Sinne des § 2 Abs. 1 erzeugt wurden,

- Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- und Fischwirtschaft,
- Bioabfälle im Sinne von § 2 Nr. 1 der Bioabfallverordnung,
- aus Biomasse im Sinne des Absatzes 1 § 2 BiomasseV durch Vergasung oder Pyrolyse erzeugtes Gas und daraus resultierende Folge- und Nebenprodukte
- aus Biomasse im Sinne des Absatzes 1 § 2 BiomasseV erzeugte Alkohole, deren Bestandteile, Zwischen-, Folge- und Nebenprodukte aus Biomasse erzeugt wurden.

§ 3 enthält eine Auflistung von Stoffen, die nicht als Biomasse anerkannt werden. Darunter fallen „gemischte Siedlungsabfälle aus privaten Haushaltungen sowie ähnliche Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen einschließlich aus gemischten Siedlungsabfällen herausgelöste Biomassefraktionen“.

Besondere Vorschriften für Altholz gelten seit der Novellierung 2011 nicht mehr, sodass Altholz nicht mehr zu Biomasse gemäß BiomasseV gehört, mit der Ausnahme von Industrierestholz.

1.1.2.7 CO₂-Emissionshandel

Der EU-Emissionshandel basiert auf den Klimaschutzzielen, die im Kyoto-Protokoll festgelegt sind, um die Emissionen klimaschädlicher Gase in Europa zu reduzieren. Die rechtliche Grundlage in der EU bildet die Emissionshandelsrichtlinie (Richtlinie 2003/87/EG, zuletzt geändert am 10.05.2023). Das erste länderübergreifende Emissionshandelssystem trat am 1. Januar 2005 in Kraft und erstreckte sich über drei Phasen von 2005 bis 2020. Der Handel mit Emissionen funktioniert nach dem "Cap and Trade"-Prinzip, wobei das "Cap" die staatlich festgelegte Obergrenze darstellt und durch den "Trade" ein Preis für CO₂ am Markt gebildet wird, um Anreize für eine Verringerung der Treibhausgasemissionen zu setzen und in den Klimaschutz zu investieren.

Der europäische Emissionshandel betrifft die Treibhausgasemissionen großer Energieanlagen, insbesondere fossil befeuerte Kraftwerke, Heizkraftwerke (KWK) und Heizwerke mit einer Feuerungswärmeleistung von jeweils mindestens 20 MW, sowie energieintensive Industrieanlagen wie Hochöfen in der Stahlindustrie, Raffinerien, Zementwerke, Aluminiumwerke, Anlagen der Chemieindustrie und seit 2012 auch alle Luftfahrtunternehmen, die Flüge innerhalb der EU oder von und nach Europa durchführen. Der Handel findet in allen 27 EU-Mitgliedstaaten sowie in Norwegen, Island und Liechtenstein statt. Die genannten Industriebereiche sind für etwa 40 Prozent der Treibhausgasemissionen in Europa verantwortlich, was etwa 10.000 Fabriken und Kraftwerken entspricht. Etwa 25 Prozent der Emissionen im stationären Betrieb sind auf Deutschland zurückzuführen. Bei den Treibhausgasen handelt es sich dabei neben Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) auch um Distickstoffoxid (N₂O), Fluorkohlenwasserstoffe (FKW), Perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid (SF₆).

Die Anlagen erhalten von den Mitgliedstaaten eine bestimmte Anzahl an Emissionsberechtigungen, wobei diese entweder kostenlos oder durch Auktionen vergeben werden. Die Berechtigungen beziehen sich jeweils auf die Klimawirkung von 1 Mg Kohlendioxid (Kohlendioxid-Äquivalente CO₂-Äq). Wird von der Anlage mehr CO₂ emittiert als Berechtigungen vorliegen oder liegen überhaupt keine Berechtigungen vor, müssen (weitere) Zertifikate auf regelmäßig stattfindenden Auktionen ersteigert oder von anderen Unternehmen käuflich erworben werden. Kann ein Unternehmen nicht genügend Zertifikate nachweisen, müssen Strafentgelte entrichtet werden. Die kostenlose Zuteilung soll jedoch im Rahmen der EU-Klimapolitik weiter abgebaut und durch ein System ersetzt werden, das Unternehmen stärker dazu anhält, in emissionsarme Technologien zu investieren

Die Handelbarkeit von Emissionsberechtigungen erfolgt an Handelsplätzen in Amsterdam und Leipzig sowie über Börsen und Auktionen. Die rechtliche Grundlage auf nationaler Ebene bildet das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG v. 21.07.2011, zuletzt geändert am 10.08.2021). Eine Differenzierung von Anlagen nach Leistungsbereichen und den emittierten Treibhausgasen erfolgt gemäß Anhang 1 des Gesetzes.

1.1.2.8 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG v. 21.12.2015, zuletzt geändert am 20.12.2022) zielt darauf ab, die Entwicklung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu fördern, die fossile Energieträger, Abfall, Abwärme, Biomasse sowie gasförmige oder flüssige Brennstoffe nutzen.

Gemäß diesem Gesetz sind Netzbetreiber verpflichtet, KWK-Anlagen an ihr Netz anzuschließen, den erzeugten Strom aufzunehmen und zu einem ausgehandelten oder marktüblichen Preis zuzüglich eines gesetzlich festgelegten Zuschlags zu vergüten.

Damit ein Anspruch auf Zahlung des Zuschlags besteht, muss die KWK-Anlage ordnungsgemäß zugelassen sein. Die Höhe des Zuschlags hängt unter anderem von der Anlagengröße, dem Modernisierungsgrad und dem Jahr der Inbetriebnahme ab. Es ist nicht möglich, die KWK-Förderung gleichzeitig mit der Förderung nach dem EEG zu erhalten; eine Doppelförderung ist daher ausgeschlossen.

1.1.3 Fördermöglichkeiten

Ergänzend zu den bereits dargestellten rechtlichen Rahmenbedingungen durch Gesetze wie beispielsweise dem EEG existieren als flankierende Maßnahme für die Umsetzung der politischen Ziele verschiedene nicht-gesetzliche Fördermöglichkeiten. In der Bundesrepublik Deutschland und im Land Berlin zielen Förderprogramme beispielsweise darauf ab, wirtschaftliche Anreize für die Optimierung des Wärmesektors zu schaffen. Einige relevante Förderprogramme werden in der folgenden Tabelle 1-3 aufgelistet und kurz erläutert.

Tabelle 1-3: Förderprogramme auf Bundes- und Landesebene

BUNDESEBENE	
Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)	Bestehend aus drei Teilprogrammen: <ul style="list-style-type: none"> • Effiziente Wohngebäude • Effiziente Nichtwohngebäude und • Sanierung mit Einzelmaßnahmen an Wohn- und Nichtwohngebäuden Fördert seit 01.01.2021 u.a. den Einsatz neuer Heizungsanlagen, die Optimierung bestehender Heizungsanlagen, Maßnahmen an der Gebäudehülle und den Einsatz optimierter Anlagentechnik.
Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)	Die BEW fördert seit dem 15.09.2022 den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbaren Energien sowie die Dekarbonisierung von bestehenden Netzen. Das Förderprogramm ist in vier Module, die zeitlich aufeinander aufbauen, untergliedert.
KfW Förderschwerpunkt „Energieeffizienz und Erneuerbare Energien“	Die Programme „Standard“ und „Premium“ bieten finanzielle Anreize für Investitionen in das Energiesystem. Während der Schwerpunkt „Standard“ sich auf kleinere EE- und KWK-Anlagen konzentriert, zielt „Premium“ auf größere Projekte wie umfangreiche Solarkollektoren und Wärmenetze ab, mit Kreditmöglichkeiten bis zu 50 Millionen Euro bzw. 25 Millionen Euro für verschiedene antragsberechtigte Gruppen.

LANDESEBENE

IBB energetische Gebäudesanierung & IBB Wohnraum Modernisieren	Das Programm bietet zinsgünstige Kredite und Zuschüsse für die energetische Sanierung von Wohngebäuden, unterstützt Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und den Kauf sanierten Wohnraums [Derzeit ist das Programm ausgesetzt]. Zusätzlich fördert das Programm „IBB Wohnraum Modernisieren“ allgemeine Modernisierungsarbeiten sowie energetische Sanierungen.
Berliner Programm für Nachhaltige Entwicklung 2 (BENE 2)	Das Berliner Programm unterstützt durch Mittel der Europäischen Union Projekte zur Klimaneutralität, darunter vor allem die energetische Sanierung von Gebäuden und die Entwicklung erneuerbarer Energie- und Wärmesysteme.
ENEO – Energieberatung für Effizienz und Optimierung	Das Projekt fördert die Durchführung von Energiegutachten und bietet professionelle Energieberatung zur Realisierung von Energiemaßnahmen.
HeiztauschPLUS	Gebäudeeigentümer*innen wurde der Anreiz gesetzt, fossile Heizungsanlagen klimaschonend zu ersetzen. Die Förderung endete zum 31.12.2021.

Ausgehend von der jüngsten Debatte um das GEG, das WPG und das EWG Bln ist davon auszugehen, dass zur Umsetzung der in diesen Gesetzen formulierten Ziele in naher Zukunft weitere Förderprogramme etabliert werden. Der Einfluss dieser potenziellen Förderprogramme auf die in der vorliegenden Studie dargestellten Biomasseaufkommen und deren Verwertungswege kann aktuell noch nicht abgeschätzt werden.

1.2 Wirtschaftliche und demografische Rahmenbedingungen

Neben den rechtlichen Rahmenbedingungen und den skizzierten Fördermöglichkeiten existieren weitere Einflussfaktoren auf das Biomasseaufkommen und die Verwertungswege für Biomasse in Berlin. Das Aufkommen von Biomasse korreliert in vielen Fällen z. B. mit der Einwohnerzahl und der demografischen Entwicklung sowie mit der wirtschaftlichen Entwicklung. Beide Einflussgrößen sind nicht klar voneinander zu trennen und stehen in Wechselwirkung zueinander. Für das Land Berlin wird bis zum Jahr 2045 ein Bevölkerungsanstieg auf 4,15 Mio. Einwohner*innen ausgegangen (Destatis, 2023). Unter Berücksichtigung der Meldedaten aus dem Jahr 2023 und Fortschreibung des DESTATIS-Trends kann Berlin bis zu 4,25 Mio. Einwohner*innen zählen (siehe Kapitel 2.6.1). Dies entspricht einem Bevölkerungswachstum von ca. 13 %.

Der Einfluss der Einwohnerzahl auf das Biomasseaufkommen erfolgt auf der einen Seite direkt und unmittelbar beispielsweise durch Mehrmengen an Bioabfällen. Er erfolgt jedoch auch indirekt beispielsweise durch die Verdichtung des städtischen Raums und die zunehmende Versiegelung von Flächen. Sowohl die direkten als auch die indirekten Faktoren haben Einfluss auf die anfallenden Biomassemengen in Berlin, was in den Prognosen der vorliegenden Studie (siehe Kapitel 5) – sofern möglich – berücksichtigt wurde.

Trotz wirtschaftlicher Herausforderungen konnte Berlins Wirtschaft im Jahr 2022 ein Wachstum verzeichnen. Insgesamt wurde in Berlin mit Ausnahme des Coronajahres 2020 über die letzten 10 Jahre am Bruttoinlandsprodukt (BIP) gemessen jährlich ein Wirtschaftswachstum zwischen ca. 2,5% bis 5,5% erreicht. Mit einer Steigerung des Bruttoinlandsprodukts (BIP) um 4,9 % in 2022, getrieben von den Sektoren Informationstechnologie und Unternehmensdienstleistungen, übertraf die Region damit die

durchschnittlichen Wachstumserwartungen sowie das durchschnittliche Wachstum in Deutschland deutlich (SenWiEnBe, 2023a). Bis 2030 wird für Berlin das stärkste Wirtschaftswachstum der deutschen Bundesländer prognostiziert (Zimmermann et al., 2023). Ausgehend von einem Wirtschaftswachstum und (der dargestellten) Bevölkerungsentwicklung ist aktuell auch davon auszugehen, dass Wirtschaftsbereiche wachsen, die einen Einfluss auf das Biomasseaufkommen haben.

1.3 Ziele der Studie

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Erfassung der in Berlin vorhandenen Potenziale an Biomasse zur Wärmeversorgung und die Überarbeitung der Daten einer Vorgängeruntersuchung aus dem Jahr 2009 (siehe Tabelle 1-4). Anschließend werden die erfassten Daten in das in Entwicklung befindliche Wärme-kataster für Berlin überführt und Handlungsempfehlungen zur zukünftigen Nutzung der identifizierten Biomassepotenziale entwickelt.

Tabelle 1-4: Ziele der Studie zur Bestimmung des Potenzials von Biomasse in Berlin

Status Quo	<ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung des Aufkommens an in Berlin und auf den Flächen der Berliner Stadtgüter erzeugten biogenen Abfall- und Reststoffen (=Biomasse) • Ermittlung der jeweiligen Verwertungswege • Berechnung der damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen • Darstellung der Stadt-Umland-Beziehungen • Beurteilung, welche biogenen Rest- und Abfallstoffe für eine Verwertung zur Energiebereitstellung geeignet sind • Bestimmung der Massen- und Energiepotenziale unter Berücksichtigung der bestehenden Verwertungssituation • Ermittlung der Biomasseverwertungskapazitäten in Berlin und Umland
Prognose + Verwertungsszenarien	<ul style="list-style-type: none"> • Mengenentwicklung der in Berlin + Berliner Stadtgüter erzeugten biogenen Abfall- und Reststoffe • Entwicklung der zukünftigen Verwertungswege (Szenarien) • Berechnung der damit zusammenhängenden Treibhausgasemissionen • Bestimmung der Massen- und Energiepotenziale unter Berücksichtigung der zukünftigen Verwertungssituation • Zukünftige und geplante Biomasseverwertungskapazitäten in und um Berlin
Handlungsempfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> • Potenzialerschließung auf Ebene der <ul style="list-style-type: none"> ○ Erfassung ○ Verwertung (Anlagenkapazitäten)
Ausblick	<p>Zur Zielerreichung „klimaneutrales Berlin“ müssen die CO₂-Emissionen drastisch, z.B. durch die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung, gesenkt werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie bestehen folgende Ansatzpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ansatz 1: Wärme aus Verwertung von Biomasse • Ansatz 2: Wärme aus Strom, auf Basis von Biomasse

2 Methodik

2.1 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum der vorliegenden Studie umfasst das Land Berlin und die Flächen der Berliner Stadtgüter GmbH in Brandenburg. Berlin befindet sich im Nordosten Deutschlands, umgeben vom Land Brandenburg. Die Hauptstadt der Bundesrepublik liegt in der Norddeutschen Tiefebene und ist geprägt durch die Flussläufe von Spree und Havel. Der Stadtstaat besteht aus zwölf Bezirken, in denen insgesamt mehr als 3,8 Mio. Menschen leben (Stand 30.06.2023) (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2023) und die sich auf eine Gesamtfläche von ca. 892 km² erstrecken, davon ca. 7 % Wasserfläche und 18 % Waldfläche. Im Durchschnitt leben mehr als 4.300 Personen auf einem Quadratkilometer (siehe Bild 2-1). Seit der Wiedervereinigung ist die Zahl der Einwohner*innen in Berlin um über 300.000 gestiegen, was eine Zunahme von 9 % bedeutet (Demografieportal, 2023). Nach leichten Schwankungen ist die Zahl seit 2005 nahezu kontinuierlich angestiegen.

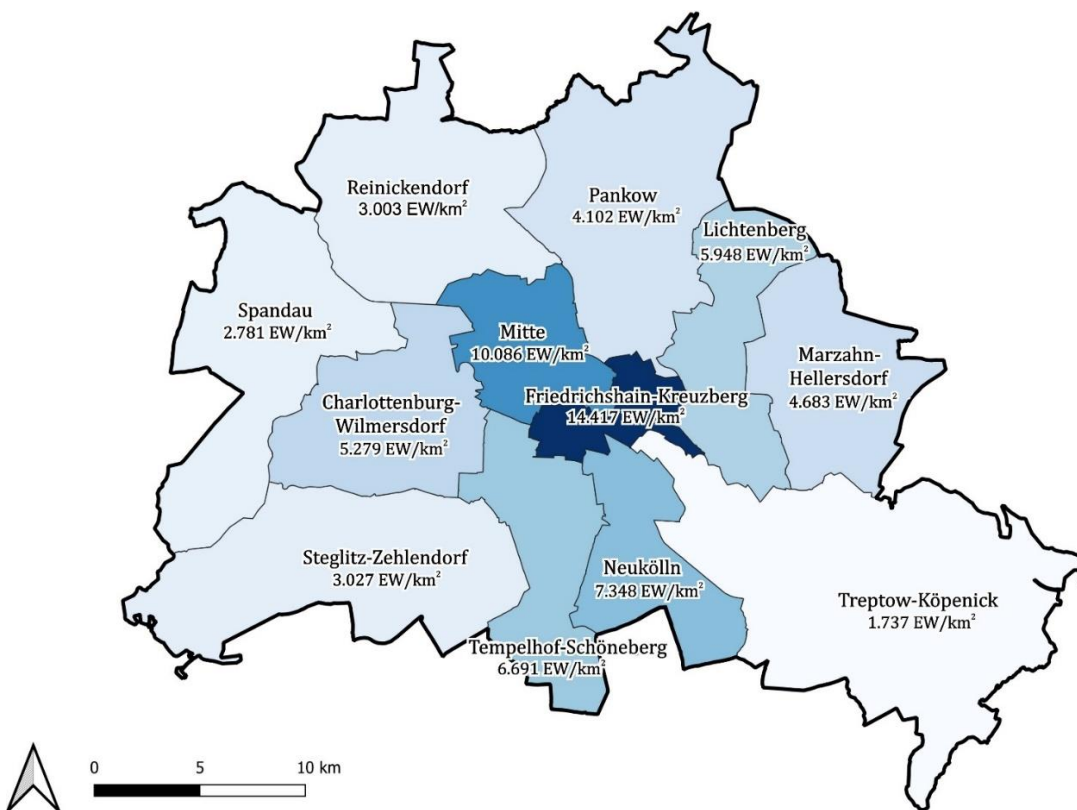


Bild 2-1: Einwohnerdichte von Berliner Bezirken (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2023), eigene Darstellung

Die Berliner Stadtgüter GmbH ist ein Dienstleistungsunternehmen für grüne Infrastruktur, das in Brandenburg (BB) über 166 km² Fläche bewirtschaftet (siehe Bild 2-2). Die Flächen werden für Landwirtschaft, regenerative Energieerzeugung, Naturschutz, Gewerbe und private Nutzung vermietet und verpachtet. Auf den Flächen der Berliner Stadtgüter GmbH werden Kompensationsmaßnahmen für bauliche Entwicklungen, die mit Eingriffen in Natur und Landschaft (maßgeblich in Berlin) verbunden sind, umgesetzt. Die Stadtgüter Berlin sehen sich somit als Partner für die Umsetzung der landesplanerischen Entwicklungsziele Berlins und ihre Flächen, auf denen aufgrund ihrer Beschaffenheit relevante Mengen an Biomassen anfallen, wurden daher dem Untersuchungsraum zugeordnet.

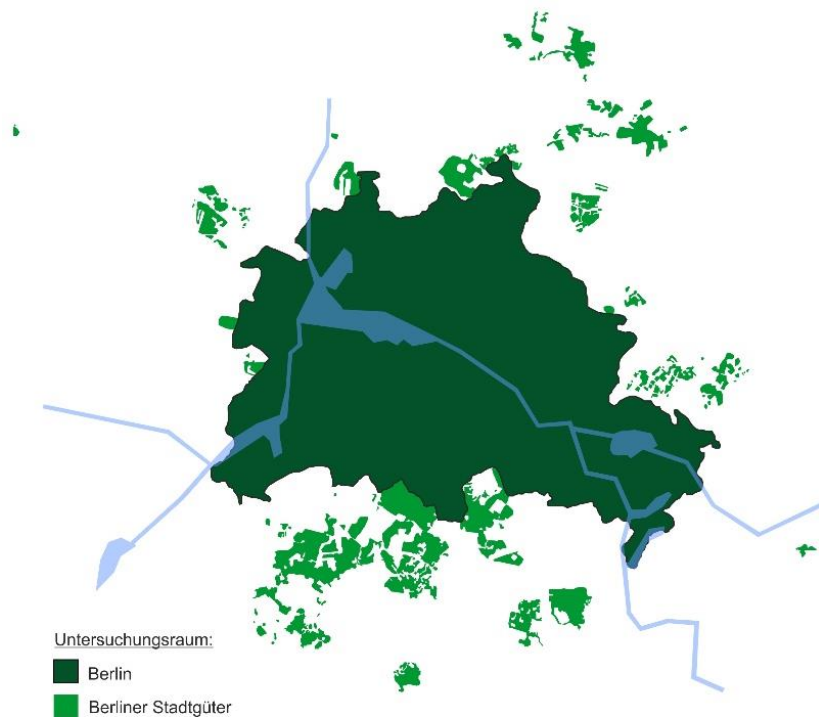


Bild 2-2: Untersuchungsraum der vorliegenden Studie: Berlin und Flächen der Berliner Stadtgüter GmbH, eigene Darstellung

Innerhalb des dargestellten Untersuchungsraumes werden die in Tabelle 2-1 aufgeführten Wirtschaftssektoren betrachtet.

Tabelle 2-1: Betrachtete Wirtschaftssektoren, in denen biogene Abfälle anfallen

Betrachtete Wirtschaftssektoren	Betrachtete Wirtschaftssektoren
Privathaushalte, <ul style="list-style-type: none"> darunter auch Kleingartenanlagen (KGA) 	Abwasser- und Entsorgungswirtschaft
Grünflächenmanagement und -pflege <ul style="list-style-type: none"> Öffentliche Grünanlagen der Bezirke Berliner Gärten (Botanischer Garten, Britzer Garten, Gärten der Welt) Flughäfen (BER, Berlin-Tegel¹) Bahntrassen (DB, BVG) Uni-Institute 	Landwirtschaft
Öffentliche Gewässerpflege <ul style="list-style-type: none"> Gewässer 2. Ordnung 	Tierhaltung
	Forstwirtschaft
	Gastronomie
	Lebensmittelhandel
	Produktion

¹ Stand 2020: Flughafen Berlin Tegel noch in Betrieb, seine Fläche wird als Brachfläche kartiert und fällt somit aus dem Untersuchungsrahmen. Mit der Schließung des Flughafens im Jahr November 2020 und der geplanten Umnutzung des Geländes werden die entstehenden Grünflächen ab dem Jahr 2035 in dieser Studie berücksichtigt.

2.2 Untersuchungsgegenstand

Im Fokus dieser Studie stehen die in Berlin sowie auf den Flächen der Berliner Stadtgüter anfallenden **biogenen Abfall- und Reststoffe** aus privaten Haushalten und sämtlichen Wirtschaftssektoren, die für eine Verwertung zur Energieerzeugung geeignet sind. Biogene Abfall- und Reststoffe umfassen eine Vielzahl von Materialien, darunter Nahrungs- und Lebensmittelabfälle, Pflanzenreste wie Grünschnitt, Mähgut, Laub oder Baum- und Strauchschnitt, Exkremate von Menschen und Tieren, holzige Abfälle sowie weitere Abfälle, die bei der Produktion und Verarbeitung von biobasierten Gütern anfallen.

Neben der Ermittlung des aktuellen Aufkommens biogener Abfall- und Reststoffe (nachfolgend auch Biomasse²) ist auch die Ermittlung der **Biomasseverwertungskapazitäten** Teil dieser Studie.

Darüber hinaus werden im Hinblick auf Stoff- und Energieströme die bestehenden und zukünftigen **Stadt-Umland-Beziehungen** näher untersucht.

Ausgeschlossen aus dem Untersuchungsrahmen sind biogene (Abfall- und Rest-) Stoffe, die aktuell einer hochwertigen stofflichen Verwertung zugeführt werden. D.h., sie dienen als Einsatzstoff in der Produktherstellung (z.B. Aufbereitung von Altholz zu Spanplatten) oder werden direkt als Produkt (Heu (Mähgut), Getreide als Futtermittel) genutzt. Damit wird der geltenden Abfallhierarchie (§ 6 KrWG) Rechnung getragen, die eine stoffliche Verwertung, also die Vorbereitung zur Wiederverwendung, das Recycling oder die Verfüllung, von Abfällen aus dem Siedlungsbereich einer energetischen Verwertung, also dem Einsatz von Materialien als Brennstoff, eindeutig vorzieht.

Wie sich eine verstärkte stoffliche Nutzung von Altholz auf die zukünftige Mengenentwicklung der holzigen Biomasse und auf das Energie- sowie das CO₂-Einsparpotenzial auswirkt, wird im Szenario 2a „Brennstoff light“ dargestellt (siehe Kapitel 7.2.1.1).

2.2.1 Biogene Abfall- und Reststoffe und deren Herkunftsbereiche

Im Rahmen dieser Studie werden 27 verschiedene biogene Abfall- und Reststoffe aus unterschiedlichen Herkunftsbereichen und Wirtschaftssektoren quantitativ betrachtet und hinsichtlich ihrer Eignung, einem energieerzeugenden Verwertungsweg zugeführt zu werden, untersucht. Eine qualitative Betrachtung erfolgt für die heterogenen produktionsspezifischen Abfälle. Entsprechend ihres aktuellen Verwertungsweges erfolgt eine Kategorisierung nach dem Grad der Erschließbarkeit³ zu deren Nutzung in

² In dieser Studie erfolgt die Verwendung des Terms „biogene Abfall- und Reststoffe“ vornehmlich in einem aufkommensseitigen Zusammenhang, um zu verdeutlichen, dass es sich um Stoffe handelt, denen sich der*die Erzeuger*in entledigen möchte. Verwertungsseitig hingegen wird hier vornehmlich von „Biomasse“ gesprochen - die biogenen Abfall- und Reststoffe werden durch ihre Verwertung zu einem Einsatzstoff (z.B. Brennstoff, Gärsubstrat, Futtermittel). Per Definition sind auch biogene Abfall- und Reststoffe Biomasse.

³ Für den Grad der Erschließbarkeit werden folgende Indikatoren herangezogen:

BEP – bereits erschlossenes Potenzial: die Biomasse wird bereits energieerzeugend verwertet

ZEP – zukünftig erschließbares Potenzial: die Biomasse kann grundsätzlich in einer Weise erfasst werden, dass sie einer geeigneten Verwertungsform zur Energieerzeugung zugeführt werden kann

NEP – nicht erschließbares Potenzial: die Biomasse ist entweder z.B. aus Sicherheitsgründen nicht mobilisierbar oder wird einer hochwertigeren stofflichen Verwertung zugeführt.

Energieerzeugungsanlagen. Geclustert lassen sich die verschiedenen Abfall- und Reststoffe zu acht **übergeordneten Gruppen** zusammenfassen:

- Organik im Haus- und Geschäftsmüll,
- getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten
- holzige Biomasse
- Weichorganik (Mähgut, Laub, Grünschnitt)
- Rückstände aus dem Klärwerk (Klärschlamm, Rechengut)
- Speisereste und Fett aus Gastronomie und Handel
- Tiermist
- Produktionsspezifische Abfälle

Diese Clusterung erlaubt einerseits eine gewisse Vereinfachung der Thematik und lässt dabei gleichzeitig den Schluss auf die Herkunftsbereiche zu.

Den **Herkunftsbereich** jedes einzelnen biogenen Abfall- und Reststoffs zu kennen, ist essenziell für die Erarbeitung von Maßnahmen zur Potenzialerschließung für die Wärmeversorgung in Berlin. Grundsätzlich geht es dabei um die Erreichbarkeit und um die damit verbundene Hebelwirkung. Befinden sich Abfall- und Reststoffe bereits in kommunaler Hand, sind diese Stoffströme theoretisch leichter zu erschließen, als wenn sie durch private (Entsorgungs-)Unternehmen erfasst werden und Marktmechanismen unterliegen.

In Tabelle 2-2 sind die verschiedenen biogenen Abfall- und Reststoffe aus den entsprechenden Herkunftsbereichen und Wirtschaftssektoren gelistet.

Die betrachteten biogenen Abfall- und Reststoffe werden, mit Ausnahme der Organik im Haus- und Geschäftsmüll, bestimmter holziger Biomasse wie z.B. Holz aus Sperrmüll oder Vorbehandlungsanlagen sowie Teilmengen der Weichorganik, i.d.R. über bestehende Getrenntsamml- und Entsorgungssysteme erfasst. Darüber hinaus bieten weitere Stoffströme, in denen Organik Teil eines Gemisches ist, z.B. Speiseabfälle in der Gastronomie, weitere Potenziale. Diese werden in dieser Studie jedoch aufgrund mangelnder Datenlage nicht betrachtet.

Tabelle 2-2: Biogene Abfall- und Reststoffe und ihre Herkunftsbereiche aus den betrachteten Wirtschaftssektoren

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	Herkunftsbereich	Wirtschaftssektoren
Organik im Haus- und Geschäftsmüll	Organik im Haus- und Geschäftsmüll	kommunale Müllabfuhr (BSR)	private Haushalte /kommunale Entsorgungswirtschaft
getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten	Bioabfall (BIOGUT)	getrennte Erfassung (BSR)	private Haushalte / kommunale Entsorgungswirtschaft
	Eigenkompostierung	Hausgärten, Kleingartenkolonien	private Haushalte / kommunale Entsorgungswirtschaft
holzige Biomasse	Holz aus Sperrmüll zur energetischen Verwertung	Output Sperrmüllsortieranlage AAS	private Haushalte / kommunale Entsorgungswirtschaft
	Holz aus Vorbehandlungsanlagen	Output Vorbehandlungsanlagen in Berlin und Brandenburg ⁴	private Entsorgungswirtschaft
	getrennt gesammeltes Altholz (AI bis AIII)	RC-Höfe (BSR), Berliner Holzkontore	private Haushalte / kommunale Entsorgungswirtschaft
	Altholz (AIV)	Berliner Holzkontore, private Entsorgungsunternehmen	private Entsorgungswirtschaft
	Baum- und Strauchschnitt	Öffentliche Grünanlagen ⁵ inkl. Friedhöfe, Berliner Gärten ⁵ , RC-Höfe (BSR), Gewässerunterhaltung, DB, BVG	Grünflächenmanagement und -pflege / kommunale Gewässerpflege
	Stammholz und Stubben	Botanischer Garten, Deutsche Bahn	Grünflächenmanagement und -pflege
	Weihnachtsbäume	getrennte Erfassung (BSR)	private Haushalte / kommunale Entsorgungswirtschaft

⁴ Vorbehandlungsanlagen sind hier Anlagen, die gewerbliche Abfälle im Sinne der GewAbfV behandeln. Die in Berlin anfallenden Gewerbeabfälle, die auch Altholz enthalten, werden sowohl in Anlagen in Berlin als auch in Brandenburg behandelt.

⁵ Zu den öffentlichen Grünanlagen zählen unter anderem auch die ehemaligen Flughäfen, die Parkanlagen Botanischer Garten, Britzer Garten und Gärten der Welt. Die letzteren zwei Parkanlagen werden durch die landeseigene Firma Grün Berlin GmbH verwaltet. Die Parkanlage Botanischer Garten wird durch die Freie Universität bewirtschaftet.

Fortsetzung Tabelle 2 2: Biogene Abfall - und Reststoffe und ihre Herkunftsbereiche aus den betrachteten Wirtschaftssektoren

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	Herkunftsbereich	Wirtschaftssektoren
	Waldrestholz	Berliner Forsten	Forstwirtschaft
Weichorganik	Organikabfälle in Laubsäcken	getrennte Erfassung (BSR)	private Haushalte / kommunale Entsorgungswirtschaft
	Laub	Öffentliche Grünanlagen inkl. Friedhöfe, Berliner Gärten	Grünflächenmanagement und -pflege
	Laub (Straßenlaub)	getrennte Erfassung (BSR)	kommunale Entsorgungswirtschaft
	Straßenbegleitgrün (Straßenkehrricht Organik)	getrennte Erfassung (BSR)	kommunale Entsorgungswirtschaft
	Mähgut	Öffentliche Grünanlagen inkl. Friedhöfe, Berliner Gärten, GaLaBau, BER, BVG, Uni-Institute	Grünflächenmanagement und -pflege
	Mähgut und Laub	DB, Tierpark Berlin-Friedrichsfelde, Zoo Berlin	Grünflächenmanagement und -pflege
	Grünschnitt	Öffentliche Grünanlagen inkl. Friedhöfe	Grünflächenmanagement und -pflege
	Erntereste Landwirtschaft	Landwirtschaftliche Flächen in Berlin sowie der Berliner Stadtgüter	Landwirtschaft
Rückstände aus dem Klärwerk (TM)	Ungefaulter Klärschlamm (Rohschlamm)	Klärwerk Ruhleben in Berlin (BWB)	Abwasserwirtschaft
	Gefaulter und anteilig getrockneter Klärschlamm	Klärwerke Wansdorf, Schönerlinde, Münchehofe, Waßmannsdorf, Stahnsdorf in Brandenburg (BWB)	Abwasserwirtschaft
	Rechengut gesamt (biogener Anteil n.b.)	Kanalisation Berlin (BWB)	Abwasserwirtschaft
Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel	Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle	Gastronomie und Handel (Sammlung durch private Entsorgungsunternehmen)	Gastronomie und Lebensmittelhandel
	Fettabscheiderinhalte	Gastronomie und Handel (Sammlung durch private Entsorgungsunternehmen)	Gastronomie und Lebensmittelhandel

Fortsetzung Tabelle 2 2: Biogene Abfall - und Reststoffe und ihre Herkunftsbereiche aus den betrachteten Wirtschaftssektoren

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	Herkunftsbereich	Wirtschaftssektoren
	Altfette	Restaurants, Imbisse (Sammlung durch private Dienstleister)	Gastronomie und Handel
Tiermist	Pferdemist	Reitställe Berlin	Tierhaltung
	Tiermist und Einstreu	Zoo Berlin, Tierpark Berlin-Friedrichsfelde, Uni-Institute	Tierhaltung
Produktionsspezifische Abfälle	div.	Herstellung von Bier, Süß-, Backwaren, Speiseeis etc.	Produktion

2.2.2 Biomasseverwertungsanlagen

Für die Ermittlung der Biomasseverwertungskapazitäten werden sowohl bestehende als auch zukünftige bzw. geplante Verwertungsanlagen zur Energieerzeugung in und um Berlin in Betracht gezogen. Voraussetzung ist die Möglichkeit zur Wärmeauskopplung und Verteilung über ein Wärmenetz, sowie der ausschließliche oder teilweise Einsatz von Biomasse bzw. biogenen Abfall- und Reststoffen.

Unterschieden wird hierbei zwischen zwei Anlagentypen:

1. Anlagen zur **direkten energetischen Verwertung** von Biomasse.
 - Biomasse dient als Brennstoff.
 - Dazu zählen vor allem Heizkraftwerke und thermische Behandlungsanlagen, die hauptsächlich holzige Biomasse oder getrocknete Klärschlämme einsetzen.
2. Anlagen zur **Vergärung** von Biomasse
 - Biomasse dient als Gärsubstrat, aus dem während des Gärprozesses Biogas entsteht, welches in einem Blockheizkraftwerk zu Wärme und Strom umgewandelt werden kann. Biogas dient als Brennstoff. Alternativ kann das Biogas zu Biomethan aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden.
 - Biogasanlagen verwerten i.d.R. Bio-, Speiseabfälle und Fettabscheiderinhalte oder Gülle und nachwachsende Rohstoffe (die Beiden letzteren sind keine Abfälle im Sinne des KrWG und liegen außerhalb des Untersuchungsrahmens dieser Studie)
 - Die anaerobe Behandlung von Klärschlämmen (Klärschlammfäulung) erfolgt in Faultürmen, die auf Kläranlagen betrieben werden (Klärschlämme sind Gegenstand des Untersuchungsrahmens dieser Studie).

2.3 Datengrundlage und Datenermittlung zum Aufkommen und Verbleib von biogenen Abfall- und Reststoffen sowie zu den Biomasseverwertungskapazitäten

Informationen zum **Aufkommen** und der **Nutzung** der in Berlin anfallenden biogenen Abfall- und Reststoffe werden primär der im 2-jährigen Turnus vom ifeu Heidelberg für das Land Berlin erstellten Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz (SKU-Bilanz) (ifeu, 2021) entnommen. Daten liegen für das Berichtsjahr 2020 vor.

Für nicht standardisiert erfasste biogene Abfall- und Reststoffe werden im Rahmen dieser Studie auf Basis der Ergebnisse einer Fragebogenerhebung und Experteninterviews sowie mit Hilfe von Flächendaten und Aufwuchsraten (gemäß den Daten des Deutschen Biomasseforschungszentrum - DBFZ) die Aufkommen nach Möglichkeit aktualisiert bzw. neu erhoben/abgeschätzt. Zu den betroffenen Biomassen zählen die Biomassen, die in Eigenkompostierung gehen und Grünabfälle aus öffentlicher (Grünflächenämter) und privater Bewirtschaftung (Garten-Landschafts-Bau) – sowie in der SKU-Bilanz nicht berücksichtigte biogene Abfall- und Reststoffe. Zu den nicht in der SKU-Bilanz berücksichtigten Biomassen gehören u. a. land- und forstwirtschaftliche Abfälle sowie produktionsspezifische Abfälle. Sofern durch diese Vorgehensweise keine Datenermittlung möglich ist, werden Literaturwerte herangezogen.

Die Tabelle 2-3 zeigt auf Ebene der einzelnen Abfall- und Reststoffe, welche Datengrundlage für die Bestimmung des jeweiligen Aufkommens und Verbleibs verwendet wurde.

Details zu der Erhebung der Umfrageergebnisse bzw. zu den Neuberechnungen sind in Kapitel 2.3.2 näher ausgeführt.

Um eine gewisse Anschlussfähigkeit zu anderen Studien zu gewährleisten, erfolgt für die betrachteten biogenen Abfall- und Reststoffe, soweit möglich, eine Codierung der Biomassen gemäß der Festlegung des DBFZ.

Tabelle 2-3: Übersicht der Datengrundlagen für die Ermittlung des Aufkommens und des Verbleibs der betrachteten biogenen Abfall- und Reststoffe

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	DBFZ-Code	SKU-Bilanz 2020	Umfrageergebnisse ⁶	Neuberechnung	Weitere Literatur
Organik im Haus- und Geschäftsmüll	Organik im Haus- und Geschäftsmüll	BIO	x			x
getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten	Bioabfall (BIOGUT)	BIO	x			x
	Eigenkompostierung	BIO			x	x
holzige Biomasse	Holz aus Sperrmüll zur energetischen Verwertung	WAW	x			
	Holz aus Vorbehandlungsanlagen	WAW	x			
	getrennt gesammeltes Altholz (AI bis AIII)	WAW	x			
	Altholz (AIV)	WAW		x	x	
	Baum- und Strauchschnitt	PRU		x	x	x
	Stammholz und Stubben	PRU		x		
	Weihnachtsbäume		x			
	Waldrestholz	LRC/ LRD			x	
Weichorganik	Organikabfälle in Laubsäcken	BIO	x			
	Laub ⁷	LEA		x	x	
	Laub (Straßenlaub)	LEA	x			
	Straßenbegleitgrün (Straßenkehrricht Organik)	STR	x			
	Mähgut ⁷	SLM		x	x	x
	Mähgut und Laub	SLM, LEA			x	
	Grünschnitt	GAW			x	
	Erntereste Landwirtschaft				x	x
	Ungefaulter Klärschlamm (Rohschlamm)		x			

⁶ Umfrageergebnisse meint die Ergebnisse sowohl aus schriftlichen Anfragen, Interviews und dem Online-Fragebogen.

⁷ Für bestimmte Herkunftsbereiche, in denen Mähgut und Laub nur als Gemisch gesammelt werden, wurde auf Basis der Ergebnisse aus (ICU, 2009) und der im Rahmen dieser Studie ermittelten Ergebnisse eine virtuelle Trennung in einem Verhältnis von 3:1 vorgenommen.

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	DBFZ-Code	SKU-Bilanz 2020	Umfrageergebnisse ⁶	Neuberechnung	Weitere Literatur
Rückstände aus dem Klärwerk (TM)	Gefaulter und anteilig getrockneter Klärschlamm			x	x	
	Rechengut gesamt (biogener Anteil n.b.)	CHA		x	x	
Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel	Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle	CFW/KCW	x			
	Fettabscheiderinhalte		x			
	Altfette	PCO	x			
Tiermist	Pferdemist	HOM	x			
	Tiermist und Einstreu			x		
Produktionsspezifische Abfälle	div.			x		

Die Datengrundlage für die Ermittlung der **Biomasseverwertungskapazitäten** und die Bestandsaufnahme der Biomasseverwertungsanlagen zur Energieerzeugung basieren zum Teil ebenfalls auf Kenntnissen aus der SKU-Bilanz. Ergänzt werden die Angaben auf Basis von Betreiberangaben der verschiedenen Berliner Energieversorger und weiterer Akteure aus der kommunalen und privaten Abwasser- und Entsorgungswirtschaft, die im Rahmen von Interviews erhoben werden (siehe auch Kapitel 2.3.2), sowie Angaben aus dem Berliner Energieatlas (SenWiEnBe, 2023b).

Die gesammelten Daten werden auf Plausibilität geprüft, zusammengefasst und sowohl aggregiert in einem Sankey-Diagramm als auch differenziert in Steckbriefen (siehe 3.1 bis 3.8) übersichtlich aufbereitet dargestellt.

2.3.1 SKU-Bilanz

Im Hinblick auf das **Aufkommen und den Verbleib bestimmter biogener Abfall- und Reststoffe** erfolgt in der SKU-Bilanz eine Fortschreibung der Daten, die auf den Angaben einer Studie zur Nutzung von Biomasse aus dem Jahr 2009 (ICU, 2009) basieren. Beide Studien wurden für die Berliner Senatsverwaltung erarbeitet und stehen zur Erarbeitung der vorliegenden Studie zur Verfügung. Die Fortschreibung betrifft vor allem das Aufkommen und die Nutzung von holzigen (Baum- und Strauchschnitt) und weichen (Mähgut, Laub) Grünabfällen aus der öffentlichen und privaten Grünflächenpflege, die durch die Berliner Bezirksämter, durch das landeseigene Unternehmen Grün Berlin oder durch Garten- und Landschafts-Bau-Unternehmen (GaLaBau) verantwortet wird.

Eine Aktualisierung dieser Daten wird einerseits aufgrund der stetigen Stadt- und Flächenentwicklung der vergangenen Jahre vor dem Hintergrund der Größenveränderung von Grünflächen als erforderlich erachtet. Auf der anderen Seite ist laut ICU-Bericht (2009) von einem Rückgang der bezirklichen Eigenverwertung der anfallenden Grünabfälle auszugehen, wodurch veränderte Stadt-Land-Beziehungen anzunehmen sind.

2.3.2 Anfragen, Interviews, Online-Umfragen

Zur Validierung vorhandener Daten aber insbesondere zur Ergänzung der vorhandenen Daten aus der SKU-Bilanz werden Daten für das Bezugsjahr 2020 über direkte Anfragen, Interviews und eine Online-Umfrage abgefragt.

Über o.g. Wege werden Daten zum Aufkommen und zum Verbleib von biogenen Abfall- und Reststoffen erhoben, für die keine übergeordnete und standardisierte Datenerfassung existiert. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Abfall- und Reststoffe aus den folgenden Herkunftsbereichen:

- Berliner Gewässerpflege
- Berliner Stadtgüter
- Berliner Forsten
- Zoologischer Garten und Tierpark Berlin
- Grünflächen der Berliner Flughäfen (BER, Berlin-Tegel, Berlin-Tempelhof)
- Grünstreifen, Böschungen, etc. der DB, BVG
- Produzierende Gewerbe

In Tabelle 2-4 sind die ausgewählten biogenen Abfall- und Reststoffe, für die eine Neuabfrage bei den jeweiligen o.g. Akteursgruppen über die verschiedenen Wege vorgesehen ist, zusammengefasst.

Tabelle 2-4: Übersicht der biogenen Abfall- und Reststoffe, für die eine Aktualisierung der Datengrundlage bzw. zur Neuerhebung erforderlich ist

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff
Holzige Biomasse	Baum- und Strauchschnitt
	Stammholz und Stubben
	Waldrestholz
Weichorganik	Mähgut und Laub, Grünschnitt
	Erntereste Landwirtschaft
Tiermist	Tiermist und Einstreu
produktionsspezifische Abfälle	div.

Im Zusammenhang mit der Ermittlung des Aufkommens und des Verbleibs biogener Abfall- und Reststoffe in und aus Berlin inkl. Berliner Stadtgüter sowie für die Ermittlung des Biomasseverwertungs-kapazitäten in Berlin werden einstündige Interviews mit den in Tabelle 2-5 aufgeführten Institutionen geführt.

Tabelle 2-5: Interview-Partner*innen zur Abfrage zum Aufkommen und Verbleib bestimmter biogener Abfall- und Reststoffe bzw. zu vorhandenen und geplanten Verwertungskapazitäten

Interview-Partner*innen	
Aufkommen und Verbleib	Biomasseverwertungskapazitäten
SenMVKU – Gewässer	Vattenfall
Grün Berlin GmbH	BTB
Berliner Stadtgüter	BSR
GaLaBau-Verband	Refood

Um neben den direkt angeschriebenen und interviewten Akteuren noch weitere zu erreichen, wird mit Hilfe des Tools LimeSurvey eine Online-Umfrage erstellt und an ca. 160 Adressaten aus 13 verschiedenen Akteursgruppen versendet. Zusätzlich wird die Online-Umfrage über interne Verteiler an die Mitglieder des Fachverbandes Garten-, Landschafts- und Sportsplatzbau Berlin und Brandenburg e.V. bzw. an die Pächter*innen mit landwirtschaftlichen Nutzflächen der Berliner Stadtgüter GmbH verbreitet.

Stellvertretend für die Berliner Betriebe werden aus einer intern durch das ifeu im Kontext des laufenden Projektes „Abwärmepotenziale für die Wärmeplanung“ zusammengestellten Liste relevante produzierende Gewerbe ausgewählt. Hierbei sind Merkmale wie Anzahl der Mitarbeitenden, Umsatz sowie die Verarbeitung oder Herstellung von biogenen Stoffen einschlägig. Im Wesentlichen handelt es sich um Betriebe zur Herstellung von Back- und Süßwaren bzw. sonstigen Lebensmitteln, Betriebe zur Verarbeitung von Milch, Fleisch, Kaffee oder Tee, Brauereien, oder Betriebe zur Herstellung von Holzwaren und Holzverpackungen. Diese Akteursgruppe stellt mit über 50 % den stärksten und gleichzeitig heterogensten Adressatenanteil dar. Die gesamte Verteilung der Adressaten auf die Akteursgruppen kann dem nachstehenden Bild 2-3 entnommen werden.

Die Rücklaufquote ist mit insgesamt 13 % gering ausgefallen. Die Online-Umfrage blieb von den Akteursgruppen Handel, Versorgungsunternehmen, Universitäten/Fachhochschulen vollständig und von den Akteursgruppen Garten- und Landschaftsbau, Landwirtschaft, Pferdehaltung, Kompostwerke, Entsorgungsunternehmen sowie den produzierenden Gewerben und den Berliner Stadtgütern größtenteils unbeantwortet. Sowohl für die produzierenden Gewerbe, die Berliner Stadtgütern als auch für die Berliner Forsten sind keine repräsentativen Daten zum Aufkommen und Verbleib der Biomasse verfügbar. Es erfolgt daher nur eine qualitative Betrachtung dieser Biomassen.

- Berliner Forsten; 2%
- Berliner Gärten/ Parks / Zoo /Tierpark; 2 %
- Bezirksämter von Berlin; 6 %
- Deutsche Bahn / DB Netz / S Bahn / BVG; 1 %
- Entsorgungsunternehmen; 3 %
- Garten- und Landschaftsbau / Grünflächenpflege; 2 %
- Handel; 9 %
- Kompostwerke; 14 %
- Landwirtschaft; 1 %
- Pferdehaltung; 1 %
- produzierendes Gewerbe; 54 %
- Universitäten / Fachhochschulen; 4 %
- Versorgungsunternehmen (Energie); 1 %

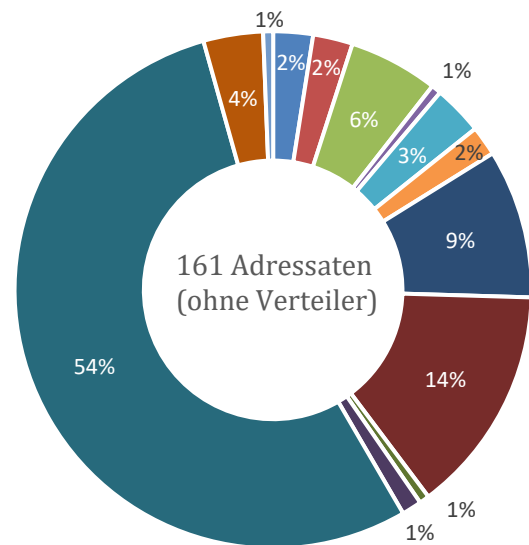


Bild 2-3: Adressaten und Akteursgruppen der Online-Umfrage

2.3.3 Hochrechnungen und Neuberechnungen

Für Daten, die aus den Umfrageergebnissen nicht hervorgehen, sind Neuberechnungen lediglich zum **Aufkommen** der jeweiligen Abfall- und Reststoffe vorgesehen. Dafür werden in Abhängigkeit des jeweiligen Abfall- und Reststoffes unterschiedliche Datenquellen und Berechnungsgrundlagen herangezogen, die in den nachfolgenden Kapiteln näher beschrieben werden. Sofern aus den Umfrageergebnissen oder sonstigen Quellen keine Informationen zu ihrem **Verbleib** bzw. zu ihrer Nutzung hervorgehen, erfolgt an dieser Stelle die Einstufung als nicht bekannt (n.b.).

2.3.3.1 Hochrechnungen für das Aufkommen holziger und weicher Abfall- und Reststoffe von öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfen der Berliner Bezirke

Im Falle eines unvollständigen Rücklaufs der Datenabfrage zum Aufkommen biogener Abfall- und Reststoffe, die auf den öffentlichen Grünflächen und Friedhöfen der Berliner Bezirke anfallen, wird das Aufkommen für die Bezirke ohne Umfrageergebnis über flächen- und stoffspezifische Werte berechnet. Diese spezifischen Werte ergeben sich im Wesentlichen aus dem kumulierten Aufkommen all jener Bezirke, die Angaben dazu liefern können, und der kumulierten Größe der öffentlichen Grünflächen und Friedhöfe (gemäß FIS-Broker (SenSBW, 2023)) der jeweiligen Bezirke. Über die Flächengröße der öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfe der entsprechenden Bezirke ohne Umfrageergebnis erfolgt die Hochrechnung zum Aufkommen für die übergeordneten Gruppen Holzige Biomasse und Weichorganik aus dem Herkunftsbereich der öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfe.

2.3.3.2 Virtuelle Trennung des Mähgut-Laub-Gemischs

Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Verwertungswege für Mähgut und Laub erfolgt für das Gemisch beider Fraktionen eine virtuelle Trennung, sofern keine Angaben zum jeweiligen getrennt gesammelten Aufkommen durch die Umfrageergebnisse ermittelt werden kann. Dafür wird ein durchschnittliches Verhältnis von Mähgut zu Laub in Höhe von 3:1 angesetzt. Es basiert auf dem Mittelwert des Ratios

Mähgut: Laub aus der Erhebung von 2009 (ICU, 2009) und der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Erhebung.

2.3.3.3 Aufkommen Erntereste aus der Landwirtschaft, Berlin und Berliner Stadtgüter

Können keine Ergebnisse aus der Umfrage zum Aufkommen der Erntereste von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Berlin sowie der Berliner Stadtgüter verwendet werden, wird das Aufkommen über flächenspezifische Ertragswerte abgeschätzt. Zur Bestimmung der landwirtschaftlich genutzten Flächen (hier: Ackerflächen) in Berlin werden die Geo-Daten des Berliner Geoportals (SenSBW, 2023) herangezogen; für die Berliner Stadtgüter werden intern zur Verfügung gestellte CIR- und CORINE-Geo-Datensätze ausgewertet. Als Ertragswerte werden, in Anlehnung an (ICU, 2009), 7,5 bis 12,5 Tonnen FM pro Hektar und Jahr angenommen.

2.3.3.4 Eigenkompostierung

Im Rahmen dieser Studie erfolgt eine Neu-Abschätzung der Menge an Gartenabfällen und Küchen- und Nahrungsmittelabfällen (K&N-Abfälle), die in Privathaushalten mit Hausgärten sowie in Kleingärten von Kleingartenanlagen (KGA) eigenständig kompostiert werden (kurz: Eigenkompostierung). Privathaushalte können eine Befreiung von der verpflichtenden Biotonne beantragen, sofern sie ihre getrennt gesammelten K&N- und Gartenabfälle sowie den entstehenden Kompost auf ihrem Grundstück verwerten (gemäß § 5 Abs. 3 Abfallwirtschaftssatzung der BSR (BSR, 2022)).

Für die biogenen Abfall- und Reststoffe Mähgut, Baum- und Strauchschnitt und K&N-Abfälle wird unter Berücksichtigung der Ausweitung der Biotonne im Berliner Außenbereich, die 2019 stattgefunden hat, eine Bilanz über die Quellen und Senken erstellt. Die Eigenkompostierung stellt dabei die Differenz von Quellen und Senken dar.

Aufkommenseitig wird zum einen die Menge an Mähgut und Baum- und Strauchschnitt über flächenspezifische Ertragswerte gemäß DBFZ⁸ und der entsprechenden unversiegelten Fläche von Haus- und Kleingärten gemäß FIS-Broker ermittelt (SenSBW, 2022a, 2021, 2022b). Zum anderen dient das Berlin weite einwohnerspezifische Aufkommen an K&N-Abfällen (Stand 2020), die sowohl über die Biotonne als auch über die Hausmülltonne erfasst werden, gemeinsam mit der Bevölkerungszahl für den Außenbereich aus dem Jahr 2020 als Grundlage. Für das Aufkommen an K&N-Abfällen in den KGA wird eine Personenzahl von 2 je Parzelle mit einem Personenfaktor von 0,14⁹ mit dem Berlin weiten einwohnerspezifischen Aufkommen an K&N-Abfällen verrechnet.

Als **Senken** werden sowohl die über die öffentliche Müllabfuhr erfassten Mengen an Organik in Restmüll und Bioabfall (Biotonne) im Außenbereich als auch die über Eigenanlieferung an den BSR-Recyclinghöfen erfassten Mengen an Organikabfällen in Laubsäcken sowie an Baum- und Strauchschnitt (inkl. Holz aus Sturmschäden) berücksichtigt. Für die Eigenanlieferung gilt die Annahme, dass die Mengen ausschließlich aus den Hausgärten des Berliner Außenbereichs stammen und somit vollständig als Senke einberechnet werden. Als Datengrundlage dient hierfür die BSR-Entsorgungsbilanz 2020 (BSR, 2020).

Für die Bestimmung der Senken durch die öffentliche Müllabfuhr werden Daten für das Jahr 2020 aus dem BIO-Monitoring-Bericht der BSR entnommen (BSR intern, 2021). Im Rahmen eines Monitorings

⁸ Ertragswerte für Halmgut und Holzbewuchs Streuobstwiese (Datenbasis DBFZ) (Naegeli de Torres et al., 2023)

⁹ Ein Faktor von 0,14 bedeutet die Anwesenheit von 2 Personen an 26 Wochenenden im Jahr (ICU, 2009).

wurde die Ausweitung der Biotonne, vor allem im Berliner Außenbereich, wissenschaftlich begleitet. Über drei Jahre hinweg wurden Sortieranaysen der Restabfallbehälter sowie der Biotonnen durchgeführt, um die Entwicklung der Organik-Mengen in beiden Tonnen zu überwachen.

2.3.3.5 Aufkommen und Verbleib von Rückständen aus dem Klärwerk bezogen auf den Berliner Anteil von gereinigtem Abwasser

Im Rahmen dieser Studie werden die Angaben aus der SKU-Bilanz 2020 zum Klärschlammaufkommen um die Brandenburger Anteile bereinigt, da für diese Biomasseart ausschließlich das Berliner Aufkommen betrachtet werden soll. In fünf von sechs Klärwerken der Berliner Wasserbetriebe entsteht der Klärschlamm aus der Behandlung von Abwasser, welches zu etwa drei Viertel aus Berliner Haushalten aber zu etwa einem Viertel auch aus Brandenburger Haushalten stammt. Unter der Annahme einer gleichverteilten Klärschlammbildungsrate – also unabhängig der Abwasserherkunft – erfolgt die Bestimmung des Berliner Klärschlammaufkommens anhand des Berliner Anteils an gereinigtem Abwasser je Klärwerk für das Jahr 2020 (BWB, 2023; MLUK, 2023) (Betreiberangaben BWB 2023). Analog wird auch die Mengenverteilung auf die Klärschlammverwertungswege (Klärschlammfaulung, Klärschlammverbrennung (ungefault/gefault) auf den Berliner Anteil bezogen. Das bei der Klärschlammfaulung entstehende Klärgas entspricht somit ebenfalls dem Berliner Anteil.

Aufgrund des insgesamt hohen Wasseranteils in Klärschlamm (nach Behandlung) wird in dieser Studie lediglich die Trockenmasse mit dazugehörigem Wassergehalt ausgewiesen.

2.3.4 Energiepotenzial der betrachteten biogenen Abfall- und Reststoffe

Neben der Bestimmung eines Massenpotenzials steht die in den anfallenden biogenen Abfall- und Reststoffen gebundene Energie im Fokus dieser Studie. Ausgewiesen wird diese in Abhängigkeit des Materials und des geeigneten Verwertungsweges als Brennstoff- oder Biogaspotenzial. Das **Brennstoffpotenzial** ergibt sich aus dem Produkt des materialspezifischen Heizwertes und des jeweiligen ermittelten Aufkommens (Frischmasse) im Bezugsjahr 2020. Das **Biogaspotenzial** errechnet sich analog aus dem materialspezifischen Biogasertrag und der im Bezugsjahr 2020 ermittelten Frischmasse. Die Heiz- und Biogasertragswerte entsprechen denen der SKU-Bilanz und stammen ansonsten aus Literaturangaben (v. a. DBFZ-Ressourcendatenbank) (Krause et al., 2020a, 2020b).

Nachfolgende Tabelle 2-6 gibt eine Übersicht über die eindeutige Zuordnung der Biomassearten zu den Energiepotenzialarten.

Tabelle 2-6: Zuordnung der Biomassearten zur Art der Energiepotenziale

Biomassen mit Biogaspotenzial	Biomassen mit Brennstoffpotenzial
Bioabfall (Biogut) inkl. Eigenkompostierung	Holzige Biomasse
Weichorganik – Mähgut	Weichorganik – Laub, Gemisch Mähgut/Laub
Tiermist inkl. Einstreu	Rückstände aus dem Klärwerk
Speisereste und Fette – Speisereste und Fettabscheiderinhalte	Speisereste und Fette – Altfette

Das angegebene Energiepotenzial bezieht sich auf die im Material gebundene Energie. Von einer Ausweisung eines Endenergiepotenzials (Strom, Wärme, Kraftstoff) wird in dieser Studie abgesehen. Damit wird

der allgemeinen Vorgehensweise bei Biomassepotenzialstudien gefolgt, dass üblicherweise keine Allokation des Potenzials auf Energiesysteme erfolgt. Die Endenergie hängt neben stoffspezifischen – z.B. Materialzusammensetzung und Feuchte – von anlagenspezifischen Variablen wie z.B. Anlagentechnik, Wirkungs- und Leistungsgraden ab. Biomassen können häufig für verschiedene Energiesysteme genutzt werden, deren Festlegung im Rahmen einer auf vorliegender Potenzialstudie aufbauenden Bedarfs- und Machbarkeitsstudie erörtert werden müsste.

2.4 Treibhausgas-Bilanzen

Als Treibhausgas(THG-)emissionen werden sowohl direkte Emissionen, die aus der Erfassung und Behandlung von Biomasse resultieren, als auch potenziell vermiedene Emissionen ausgewiesen. Letztere stehen für Emissionen, die aus der Erzeugung von Primärprodukten bzw. konventionell erzeugter Energie entstehen, die potenziell durch Sekundärprodukte bzw. Energie aus Abfall ersetzt werden können. Substitutionspotenziale werden als negative Werte ausgewiesen (Gutschriften). Die Verrechnung von direkten Emissionen (Belastungen) und potenziell vermiedenen Emissionen (Gutschriften) bilden Nettoentlastungspotenziale der THG- bzw. Klimagasbilanz. Das Vorgehen entspricht der Ökobilanzmethode der Abfallwirtschaft, die auch in der SKU-Bilanz angewendet ist.

Für alle Abfallarten, die im Rahmen der SKU-Bilanz untersucht und berichtet werden, werden auch die THG-Werte der SKU-Bilanz 2020 verwendet. Dies gilt für alle Abfallarten in Tabelle 2-3, für die die SKU-Bilanz als Datengrundlage ausgewiesen ist sowie im Weiteren für die Eigenkompostierung, Baum- und Strauchschnitt, Mähgut, Laub, gefault und anteilig getrockneten Klärschlamm und Rechengut, die ebenfalls Bestandteil der SKU-Bilanz sind. Teilweise sind Klimagasbilanzen für Abfallarten weiter ausdifferenziert, da in dieser Studie alle Abfallströme nach Anfallort und Behandlungsart vollständig ausdifferenziert wurden, was in der SKU-Bilanz nur für die nach Menge und Typ wichtigsten Abfallarten der Fall ist.

Für Abfallarten bzw. Verwertungswege, die nicht Bestandteil der SKU-Bilanz sind, wie z. B. Altholz, das gefährliche Stoffe enthält (A IV), konnten Werte entweder übertragen werden (gleiche Abfalleigenschaften und Behandlung) oder wurden neu berechnet. Analog wurde für THG-Bilanzen für identifizierte alternative Verwertungswege vorgegangen (v. a. energetische Verwertung und Vergärung für bislang kompostierte oder gemulchte Abfallströme). Für Neuberechnungen wurden konsistent die Emissionsfaktoren der SKU-Bilanz 2020 verwendet. Für Strom, Wärme und Dieseleratz (Biomethan) sind dies folgende Werte:

- THG-Emissionsfaktor für Strom: 471 g CO₂-Äq/kWh
- THG-Emissionsfaktor für Wärme: 244 g CO₂-Äq/kWh
- THG-Emissionsfaktor für Diesel: 314 g CO₂-Äq/kWh

Diese Faktoren sind in der Klimagasbilanz bei der energetischen Nutzung von Bioabfällen insbesondere für vermiedene Emissionen (Gutschriften) relevant. I.d.R. überwiegen die Gutschriften für Energie aus Abfall die direkten Emissionen aus der Behandlung, so dass sich im Nettoergebnis Nettoentlastungspotenziale oder THG-Einsparpotenziale zeigen (negative Werte). Mit der zunehmenden Defossilisierung, v. a. der Umstellung der fossil basierten Energiesysteme auf eine erneuerbare, klimaneutrale Basis, werden o. g. THG-Emissionsfaktoren und in Folge die Gutschriften für Energie aus Abfall bis zum Jahr 2045 auf Null zurückgehen (Zieljahr für Klimaneutralität nach Bundes-Klimaschutzgesetz). Die THG-Bilanz wird dann durch noch verbliebene direkte Emissionen aus der Behandlung bestimmt, ggf. werden C-Senken eine Rolle spielen.

Neben den THG-Emissionsfaktoren sind für die Berechnung der THG-Bilanzen auch die Abfallkenndaten Heizwert und Biogasertrag wichtig. Für die neuen Berechnungen wurden entweder die Werte der SKU-Bilanz verwendet oder Werte v. a. aus der DBFZ-Ressourcendatenbank (s. a. Kap. 2.3.4). Für Organik im Restmüll wurden Daten aus den BIO-Monitoring-Berichten der BSR verwendet (BSR intern, 2022, 2021). Eine tabellarische Übersicht der verwendeten Abfallkenndaten findet sich im Anhang (Tabelle 11-1).

Ein weiterer relevanter Aspekt für die Bilanzierung der energetischen Nutzung von Abfällen sind die Nutzungsgrade der Energieerzeugungsanlagen. Diese können sich im Einzelnen deutlich unterscheiden und von einer reinen Stromerzeugung bis zu einer reinen Wärmeerzeugung reichen. Im Allgemeinen erfolgt die Energieerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung. Der Wärmenutzungsgrad hängt i.d.R. davon ab, ob Wärme in ein Wärmenetz eingespeist werden kann oder ortsnahe Wärmeverbraucher angebunden sind. Für die THG-Bilanzen wurden die in der SKU-Bilanz verwendeten Nutzungsgrade verwendet, eine Übersicht findet sich im Anhang (Tabelle 11-2).

Die Ergebnisse der THG-Bilanzierungen sind zusammenfassend in Kapitel 4.3 beschrieben. Für das Wärmekataster (s. u.) wurden entsprechende Berechnungen auch für alle einzelnen Teilströme durchgeführt und dokumentiert.

Berechnung der THG-Einsparpotenziale für Szenarien

Für die im Projekt definierten und untersuchten Szenarien (Kapitel 7) wurden ebenfalls THG-Einsparpotenziale berechnet (siehe Kapitel 7.5). Aus Konsistenzgründen und Gründen der Vergleichbarkeit wurden auch hierbei generell die THG-Emissionsfaktoren bzw. -werte des Status Quo für 2020 und die Mengen für 2020 verwendet. Zu verstehen sind die THG-Ergebnisse „als wenn die Szenarien unmittelbar umgesetzt würden“. Die in den Szenarien abgeleiteten Mengenentwicklungen bis 2045 sind nicht weiter betrachtet. Zum einen wäre ein Vergleich über die zeitliche Entwicklung ausschließlich auf spezifischer Ebene möglich (Bedingung gleicher Abfallmengen für Vergleiche bei der Ökobilanz der Abfallwirtschaft). Zum anderen müssten dann über den Projektrahmen hinausgehend Szenarien für die Defossilisierung des Energiesystems definiert werden und die damit bis 2045 auf Null abnehmenden Gutschriften für Energie aus Abfall beachtet werden.

Die Interpretation der Szenarien liegt dagegen vielmehr auf den Mengen- und damit einhergehenden Energiepotenzialentwicklungen. Auf dieser Ebene lassen sich auch Potenziale für die Wärmenutzung direkt diskutieren. Auf Ebene der THG-Berechnungen müssten hierfür weitergehende Szenarien untersucht werden (z. B. 100 % Wärmeerzeugung statt der gegebenen Strom- und Wärmeerzeugung), da die verschiedenen Formen der Endenergie auch unterschiedliche Entlastungspotenziale aufweisen (s. o. THG-Emissionsfaktoren für Strom, Wärme).

2.5 Datenaufbereitung für das Wärmekataster

Wie in Kapitel 1.1 bereits beschrieben, wird gemäß § 21 i.V.m. § 21a EWG Bln für das Land Berlin ein Wärmekataster erstellt, in dem für die Wärmeplanung relevante Informationen zur Gebäudebeschaffenheit, dem Wärme- und Kälteverbrauch bzw. -bedarf, sowie zu **Energieumwandlungsanlagen**, Versorgungsnetzen und Dach- und Freiflächenpotenzialen gesammelt sind.

Zu den Energieumwandlungsanlagen zählen auch die im Rahmen dieser Studie betrachteten **Anlagen zur Verwertung von biogenen Abfall- und Reststoffen** (nachfolgend auch **Biomasseverwertungsanlagen**). Die im Zusammenhang mit der Ermittlung der Biomasseverwertungskapazitäten in Berlin

erhobenen Daten werden für die Einbettung ins Wärmekataster entsprechend aufbereitet. Inbegriffen ist eine Georeferenzierung der Anlagenstandorte.

Darüber hinaus werden die im Rahmen dieser Studie ermittelten Daten zum Aufkommen von biogenen Abfall- und Reststoffen ebenfalls für die Übertragung ins Wärmekataster aufbereitet. Dies beinhaltet einerseits die stoffspezifische Ausweisung der ermittelten **Massen sowie Energiepotenziale** (Bezugsjahr 2020), jeweils unterteilt in die vier Kategorien Gesamtpotenzial, davon bereits erschlossenes Potenzial (BEP), davon zukünftig erschließbares Potenzial (ZEP) und davon nicht erschließbares Potenzial (NEP). Außerdem erfolgt eine Georeferenzierung der zentralen Anfallstellen für biogene Abfall- und Reststoffe.

2.6 Mengenprognose

Ausgehend von dem ermittelten Aufkommen an biogenen Abfall- und Reststoffen in Berlin wird anschließend die Mengenentwicklung dieses Biomasseaufkommens von 2020 (Bezugsjahr) bis zum Jahr 2045 prognostiziert (siehe Kapitel 5), um über den Zeitraum der laufenden Wärmeplanung hinweg die zukünftig für die Energieerzeugung nutz- und erschließbare Biomasse abzuschätzen. Auf die Mengenentwicklung haben verschiedene Faktoren Einfluss, die in den nachfolgenden Kapiteln näher erläutert werden. Eine Übersicht darüber, welche Faktoren Einfluss auf die Mengenentwicklung von welchen biogenen Abfall- bzw. Reststoff haben, ist im Anhang unter Tabelle 11-4 zu finden.

2.6.1 Bevölkerungsentwicklung

Die Bevölkerungszahl in Berlin hat einen grundlegenden Einfluss auf die Abfallmenge. Für das Land Berlin existieren verschiedene Bevölkerungsprognosen, die in unterschiedlichem Maße von einem Bevölkerungsanstieg ausgehen. Die von der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen erstellte Bevölkerungsprognose geht in ihrer mittleren Variante bis zum Jahr 2040 von einem Bevölkerungsstand in Höhe von rund 3,96 Mio. Einwohner*innen aus (+187.000 Ew ggü. dem Stichtag 31.12.2021), während das Statistische Bundesamt (DESTATIS) mit der Variante 2 einen Anstieg auf rund 4,08 Mio. Einwohner*innen bis zum Jahr 2040 bzw. auf rund 4,15 Mio. Einwohner*innen bis zum Jahr 2045 prognostiziert (+299.520 Ew bis 2040 bzw. +370.520 Ew bis 2045 ggü. dem Stichtag 31.12.2021). In Bild 2-4 sind die genannten Statistiken grafisch dargestellt.

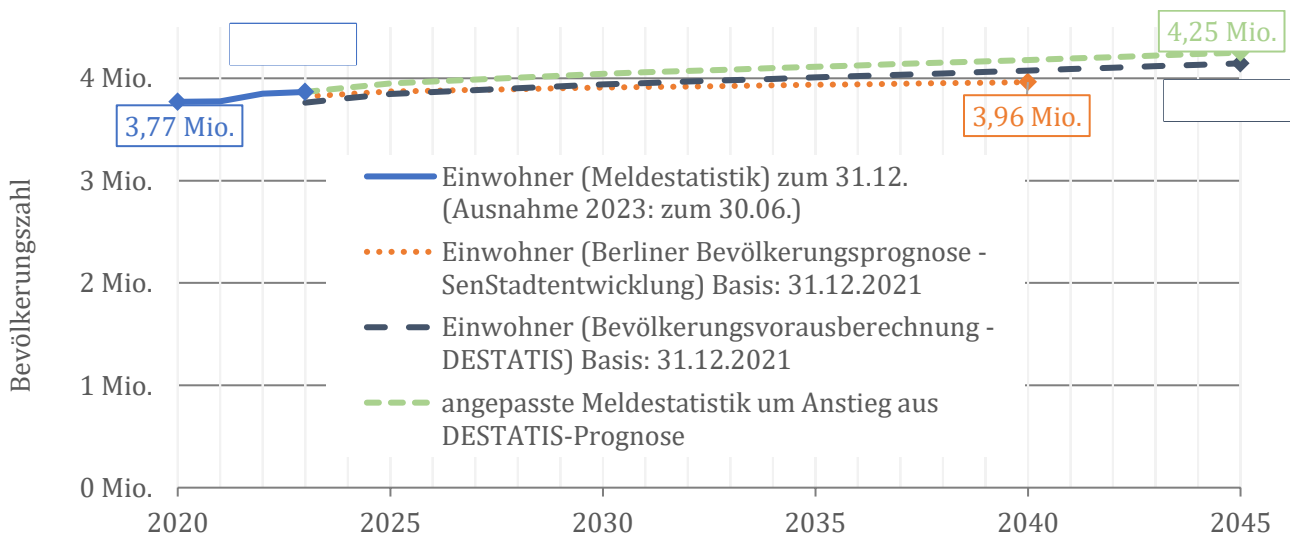


Bild 2-4: Gegenüberstellung verschiedener Bevölkerungsstatistiken für das Land Berlin (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2023; SenSBW, 2022c; Destatis, 2023)

Für die in dieser Studie verwendeten Bevölkerungszahlen werden die aktuellen Daten der Meldestatistik (2020 bis 2023) mit dem jährlichen Anstieg der DESTATIS-Prognose (ab 2023) kombiniert, um den tatsächlichen Bevölkerungszuwachs zwischen den Jahren 2021 und 2023, der in den Prognosen nicht in dem Maße hervorgesehen wurde, zu berücksichtigen. Da die Bevölkerungsprognose der Berliner Senatsverwaltung nur bis ins Jahr 2040 reicht, wird dafür die DESTATIS-Prognose herangezogen. Somit wird für das Jahr 2045 von einer Bevölkerungszahl von rund 4,28 Mio. Einwohner*innen ausgegangen (siehe Bild in hellblau).

2.6.2 Vermeidung von Abfällen

Basierend auf den Annahmen des Abfallwirtschaftskonzeptes für das Land Berlin (SenMVKU, 2021), wird für die Mengenprognose bestimmter biogener Abfall- und Reststoffe ein Vermeidungsfaktor berücksichtigt. Dies betrifft vor allem holzige Abfälle sowie K&N-Abfälle aus privaten Haushalten. Für die betreffenden holzigen Abfälle wird bis zum Jahr 2030 eine Reduktion um 6 % angesetzt. Für die K&N-Abfälle gilt die Annahme, dass ein Drittel der Bevölkerung es schafft, bis zum Jahr 2030 50 % der vermeidbaren¹⁰ Menge an K&N-Abfällen zu reduzieren.

Für Lebensmittelabfälle und Speisereste aus Gastronomie und Handel werden die Zielwerte (BMEL, 2023, 2021) aus der Nationalen Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung (2019) angesetzt: Reduktion um 30 % bis 2025 bzw. um 50 % bis 2030.

2.6.3 Gesteigerte Getrenntsammlung von Bioabfällen

Angesichts des hohen Organikanteils im Berliner Haus- und Geschäftsmüll, der im Jahr 2020 bei ca. 48 % bzw. ca. 49 kg/E,a lag (ifeu, 2021), wird in Berlin nach wie vor eine gesteigerte Getrenntsammlung von Bioabfällen über das Sammelsystem der BIOGUT-Tonne angestrebt. Mit der Ausweitung der BIOGUT-Tonne im Berliner Außenbereich erfolgte 2019 ein wesentlicher Schritt in diese Richtung. Weiterhin wird seitens der BSR in Zusammenarbeit mit dem Berliner Senat und weiteren Akteuren insbesondere im Innenstadtbereich intensive Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit geleistet, um das Ziel einer qualitativen und quantitativen Steigerung der Getrenntsammlung zu erreichen.

Für die hier für Organik im Haus- und Geschäftsmüll und Bioabfälle durchgeführte Mengenprognose wird der im Jahr 2020 im Rahmen der Umweltministerkonferenz (Hinz, 2020) festgelegte Zielwert angesetzt: Bis 2025 sollen 33 % der Organik aus dem Restmüll über die Biotonne erfasst werden, eine Reduktion um 50 % soll es bis zum Jahr 2030 sein.

Einschränkend sei an dieser Stelle bereits darauf hingewiesen, dass es sich, insbesondere mit Hinblick auf die Zeitschiene, um eine äußerst ambitionierte aber durchaus erforderliche Zielstellung handelt.

2.6.4 Klimatische Veränderungen und Flächen- und Stadtentwicklung

Klimatische Veränderungen werden die Wahrscheinlichkeit von Trockenperioden, Stürmen, Starkregenereignissen und anderen Stresssituationen für Pflanzen erhöhen (IPCC, 2022; Bubeck et al., 2020; Weis et al., 2022). Je nach Abfolge und Intensität dieser klimatischen Ereignisse kann dies temporär zu einem erhöhten oder verminderten Aufkommen an pflanzlichen Abfall- und Reststoffen wie z.B. Mähgut, Laub oder Holz durch Sturmschäden führen. Die Flächen- und Stadtentwicklung mit ihrer einhergehenden Ver-

¹⁰ Gemäß Kranert et al. sind ca. 47 % der weggeworfenen Küchen- und Nahrungsmittelabfälle vermeidbar (Kranert, M. et al., 2012).

und Entsiegelung von Stadtflächen und die im Rahmen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen gewählte Art der Begrünung spielt in diesem Zusammenhang ebenfalls eine wichtige Rolle. Schließlich macht es für die vorliegende Betrachtung zum Aufkommen von biogenen Abfall- und Reststoffen einen Unterschied, ob die Flächenbegrünung einerseits durch eine Wiese, einen Strauch- oder Baumbestand erfolgt oder, andererseits, durch derzeit noch heimische Arten oder Arten, die den künftigen klimatischen Stressfaktoren besser standhalten können. Auch der Einfluss baulicher Maßnahmen zum klimagerechten Umbau von Berlin zur Schwammstadt Berlin ist hinsichtlich des Pflanzenwachstums nicht zu vernachlässigen (Berliner Regenwasseragentur, 2024; BWB, 2024; RBB, 2023).

Allerdings lassen sich diese klimatischen und städtebaulichen Faktoren nur schwer durch einzelne konkrete Annahmen abbilden, geschweige denn zeitlich und räumlich definieren. Veränderungen im System Boden-Wasser-Luft/Temperatur über das Merkmal Pflanzenwachstum abzubilden, ist sehr komplex. Daher wird, um diese bedeutsamen Einflussfaktoren dennoch in dieser Studie zu berücksichtigen, ein übersichtlicher Ansatz zur Bestimmung einer Spannweite gewählt, der das Aufkommen der betroffenen Biomassearten minimal bzw. maximal über den Zeitraum von 2020 bis 2045 abschätzt. Es wird also angenommen, dass sich das Aufkommen jener Biomassearten ausgehend vom Bezugsjahr 2020 bis 2045 entweder verdoppelt oder halbiert.

2.7 Zukünftige Nutzung von Biomasse in Berlin

Vor dem Hintergrund einer zukünftig klimaneutralen Wärmeversorgung für Berlin ist die Erschließbarkeit der im Rahmen dieser Studie identifizierten Massenpotenziale für eine Verwertung zur Energieerzeugung von besonderem Interesse. Die Erschließbarkeit umfasst zum einen das physische Vorhandensein durch eine bereits stattfindende Erfassung oder eine geeignete zukünftige Mobilisierung (z. B. Erfassung von Biomassen, die zur Zeit auf den Flächen verbleiben) sowie die stoffliche Eignung der Biomasse für den Einsatz als Brennstoff bzw. Gärsubstrat; zum anderen beinhaltet sie die entsprechende Infrastruktur von der Sammlung bis hin zur Verwertung und Energieerzeugung sowie zur Verteilung der erzeugten Energie an die Endverbraucher*innen.

Aufgeteilt in zwei Themenfelder (vergärbare Biomasse und als Brennstoff geeignete Biomasse) erfolgt mit Hilfe von jeweils zwei Szenarien „light“ (a) und „intense“ (b) eine Sensitivitätsbetrachtung hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Biomassen- und Energiepotenziale (BEP und ZEP) unter Berücksichtigung der Stoffstromlenkung in energieerzeugende Verwertungswege (siehe Kapitel 7). Berücksichtigt werden hierbei u.a. die Herkunftsbereiche der verschiedenen Biomassen, die ausschlaggebend für das Maß der Potenzialerschließung sein können. Darüber hinaus werden die Ergebnisse aus den insgesamt vier Szenarien den zukünftig voraussichtlich in Berlin verfügbaren Verwertungskapazitäten gegenübergestellt.

Ausgehend von den Ergebnissen zur potenziellen Nutzung von Biomasse in Berlin folgen in Kapitel 8 Handlungsempfehlungen und Maßnahmen, die zur Erschließung der für die Wärmeversorgung der aufgeführten Potenziale erforderlich sind. Für jedes Szenario erfolgt zudem eine Berechnung der CO₂-Einsparpotenziale ggü. den bisherigen Verwertungswegen im Status Quo. Als Grundlage für die Berechnung dienen stoffspezifische und durchschnittliche Anlagenkennwerte.

Folgende Szenarien werden gebildet:

- **Szenario 1a/b „Vergärung light/intense“ – Mengenentwicklung der schwach/schwach und stark gebundenen Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045**

In diesem Szenario werden die Biomassen betrachtet, die prinzipiell für eine Vergärung geeignet sind. Das bei der Vergärung erzeugte Biogas kann anschließend in Energieerzeugungsanlagen genutzt werden. Betrachtet werden die Mengenentwicklungen für die Biomasse- und Energiepotenziale BEP und ZEP:

- getrennt gesammelte Bioabfälle,
- Weichorganik ohne Laub und
- Tiermist.

Die Fraktion Organik im Restabfall wird in dieser Szenariengruppe nicht betrachtet.

- **Szenario 2a/b – „Brennstoff light/intense“ - Erschließung der Brennstoffpotenziale unter Berücksichtigung der Mengenentwicklung im Zeitraum von 2020 bis 2045 mit/ohne vorrangiger stofflicher Verwertung getrennt gesammelten Altholzes**

In diesem Szenario werden die Biomassen betrachtet, die prinzipiell für eine Verwertung als Brennstoff in Energieerzeugungsanlagen geeignet sind. Betrachtet werden die Mengenentwicklungen für die Biomasse- und Energiepotenziale BEP und ZEP:

- holzige Biomasse,
- Laub,
- Rückstände aus dem Klärwerk,
- Altfette

Entsprechend der erfolgten Kategorisierung der Massenpotenziale nach dem Grad ihrer Erschließbarkeit für eine Nutzung in einer Energieerzeugungsanlage liegt der Fokus an dieser Stelle auf dem zukünftig erschließbaren Anteil, also dem Zukünftig Erschließbaren Potenzial (ZEP) im Status Quo. Maßgebend ist hierbei das Potenzial zur Erzeugung **zusätzlicher erneuerbarer Energie**. Der Energiegehalt des ZEPs wird ebenfalls ausgewiesen und kontextualisiert.

Unter der Annahme, dass der Biomasseanteil, der bereits zur Energieerzeugung verwertet wird (Bereits Erschlossene Potenzial, BEP), sowie der nicht mobilisierbare Anteil vom Massenpotenzial (Nicht Erschließbares Potenzial, NEP) auch zukünftig im betrachteten Zeitraum von 2020 bis 2045 konstant bzw. nicht erschließbar bleibt, wird auf Basis der Mengenprognose die Entwicklung des ZEPs abgeleitet.

2.8 Durchführung eines Workshops

Innerhalb des Projektzeitraums wurde im Oktober 2023 ein Workshop durchgeführt, bei dem ein Zwischenstand der Forschungsergebnisse vorgestellt und mit den Teilnehmenden diskutiert wurde. Außerdem erfolgte mit den Teilnehmenden in einer Arbeitsphase die Identifizierung von Instrumenten zur Biomassepotenzialerschließung und Stoffstromlenkung. Der Workshop diente zudem dem Austausch und der Vernetzung der teilnehmenden Akteursgruppen. Der Teilnehmendenkreis setzte sich zusammen aus

- Vertreter*innen der Bezirksämter
- Vertreter*innen der Energieversorger (Biomasseverwerter)
- Vertreter*innen der kommunalen Entsorgungswirtschaft
- Vertreter*innen der produzierenden Gewerbe
- Vertreter*innen der Universitäten.

Die Ergebnisse des Workshops wurden protokolliert und gemeinsam mit den präsentierten Forschungsergebnissen allen Teilnehmenden zur Verfügung gestellt. Inhaltlich sind die Ergebnisse des Workshops in Kapitel 8 dieser Studie eingeflossen.

3 Aufkommen, Verbleib und THG-Bilanzen biogener Abfall- und Reststoffe (Status Quo)

Der Status Quo hinsichtlich der im Untersuchungsraum vorhandenen/anfallenden Biomassen bildet das Kernstück dieser Studie. Mit Bezug zum Jahr 2020 werden neben dem Aufkommen an biogenen Abfall- und Reststoffen außerdem der jeweilige Verwertungsweg nachvollzogen sowie daraus resultierende Produkte dargestellt. Darüber hinaus werden für alle Biomassearten Treibhausgasbilanzen (THG-Bilanzen) auf Basis von Emissionsfaktoren für Energie mit Bezug zum Jahr 2020 erstellt, die eine Einschätzung des Optimierungspotenzials erlauben. Erläuterungen zu den Berechnungen der THG-Bilanzen finden sich in Kapitel 2.4.

Die im Rahmen der Auswertung der Datengrundlagen und -ermittlung erfassten Erkenntnisse zu den in Kapitel 2.2 definierten Biomassen sind in Steckbriefen in den Kapiteln 3.1 bis 3.7 jeweils für die Obergruppen der biogenen Abfall- und Reststoffe zusammengefasst. Darauf aufbauend werden in Kapitel 3.9 die Stadt-Umland-Beziehungen anhand eines Sankey-Diagramms beleuchtet.

In Kapitel 3.8 wird, aufgrund einer nicht verfügbaren repräsentativen Datenlage, qualitativ auf das Aufkommen von biogenen Abfall- und Reststoffen aus produzierenden Gewerben eingegangen. Für die nachfolgenden Betrachtungen werden sie daher stets ausgeklammert.

Status Quo

Für den Status Quo konnte anhand der in Kapitel 2.3 beschriebenen Vorgehensweise ein **Biomasseaufkommen** für Berlin von durchschnittlich ca. **1,16 Mio. Mg/a** ermittelt werden. Da für einzelne Biomassearten, darunter u.a. Baum- und Strauchschnitt, Mähgut und somit auch für die Gartenabfälle zur Eigenkompostierung, sehr breite Spannweiten für die flächenbezogenen Ertragswerte ausgewiesen sind, (siehe Anhang, Tabelle 11-1), liegen auch die berechneten Mengen für diese Biomassen in einem sehr breiten Korridor von +/- 25 Ma.-% bis hin zu +/- 50 Ma.-%.

Das Biomasseaufkommen setzt sich zu 50 Ma.-% aus Küchen- und Gartenabfällen aus privaten Haushalten, zu 22 Ma.-% aus holziger Biomasse (Altholz und Baum- und Strauchschnitt) und zu 9 Ma.-% aus Weichorganik (Laub und Mähgut) aus unterschiedlichen Herkunftsbereichen zusammen (siehe Bild 3-1). Weitere 5 bis 8 Ma.-% entfallen auf Speisereste und verdorbene Lebensmittel sowie Fette aus Gastronomie und Handel, Rückständen aus den Klärwerken (angegeben in Trockenmasse (TM)) und Tiermist von Berliner Reitställen, dem Zoo, Tierpark und der Tierklinik. Da für produktionsspezifische Abfälle keine repräsentativen Daten verfügbar waren, werden sie in der Gesamtbetrachtung ausgeklammert und lediglich qualitativ betrachtet (siehe Kapitel 3.8).

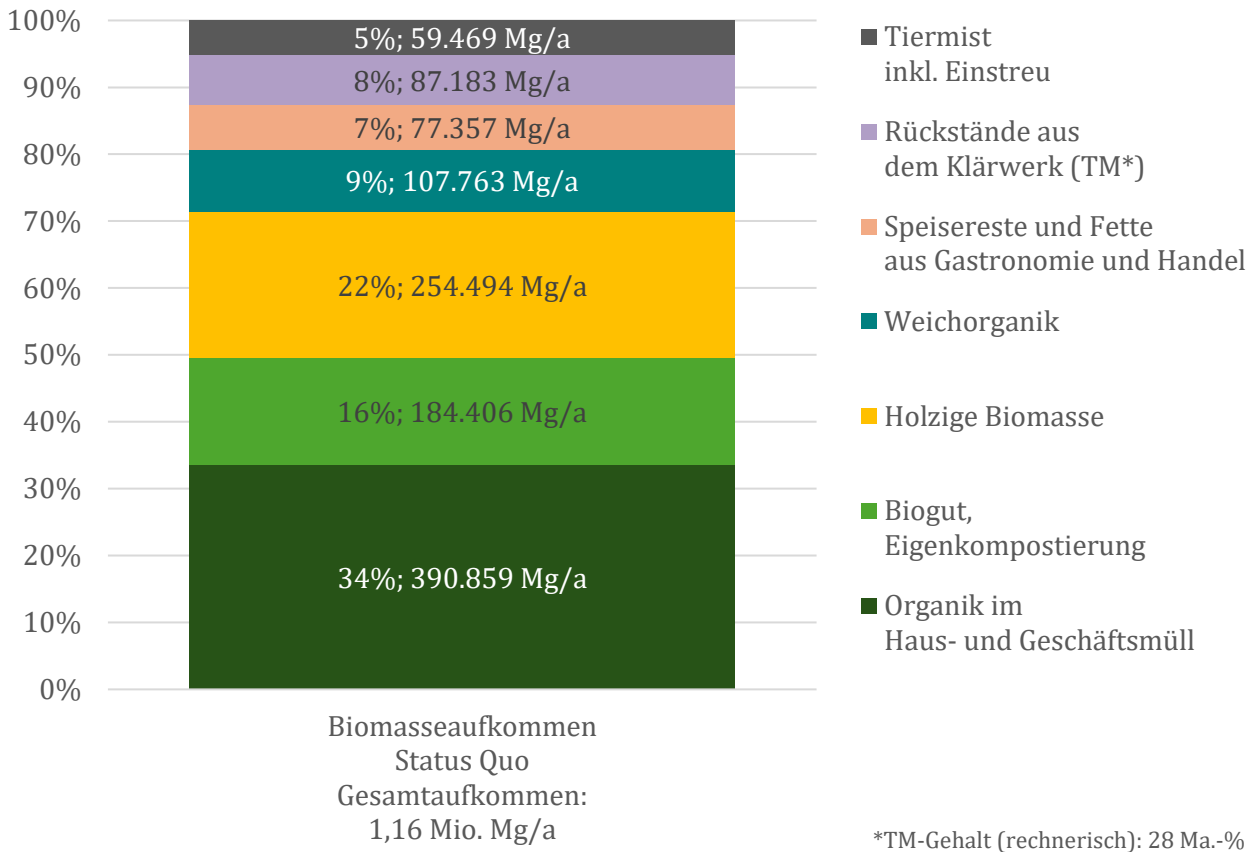


Bild 3-1: Status Quo (2020): Prozentuale Zusammensetzung des Biomasseaufkommens in Berlin

Bild 3-2 zeigt die Verteilung der Berliner Biomasse auf die einzelnen Verwertungswege. Rund 716.000 Mg/a (62 Ma.-%) des Biomasseaufkommens werden derzeit einer energetischen Verwertung zugeführt, darunter ca. 149.000 Mg/a (13 Ma.-%) als Ersatzbrennstoff. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Organik aus Haus- und Geschäftsmüll, holzige Biomasse sowie Klärschlämme, die hinsichtlich einer Verwertung zur Energieerzeugung bereits erschlossen sind. Gleiches gilt für weitere ca. 155.000 Mg/a (13 Ma.-%) getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle sowie Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel, die im Rahmen einer hochwertigen Kaskadennutzung vergoren und im Anschluss kompostiert werden. In offener Mietenkompostierung werden ca. 182.000 Mg/a (16 Ma.-%), darunter vornehmlich getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle sowie Weichorganik, verwertet – Eigenkompostierung miteingeschlossen. Unter stofflicher Verwertung werden im Rahmen dieser Studie der Verbleib als Mulchmaterial vor Ort, die Ausbringung auf Flächen (Weichorganik, Tiermist) oder die Aufbereitung zu Produkten (holzige Biomasse) verstanden; insgesamt werden ca. 79.000 Mg/a (7 Ma.-%) stofflich verwertet.

Für ca. 2 Ma.-% des identifizierten Biomasseaufkommens sind keine Angaben zum Verwertungsweg verfügbar. Ein Massenanteil < 1 Ma.-% wird lediglich mechanisch(-biologisch) behandelt und anschließend beseitigt.

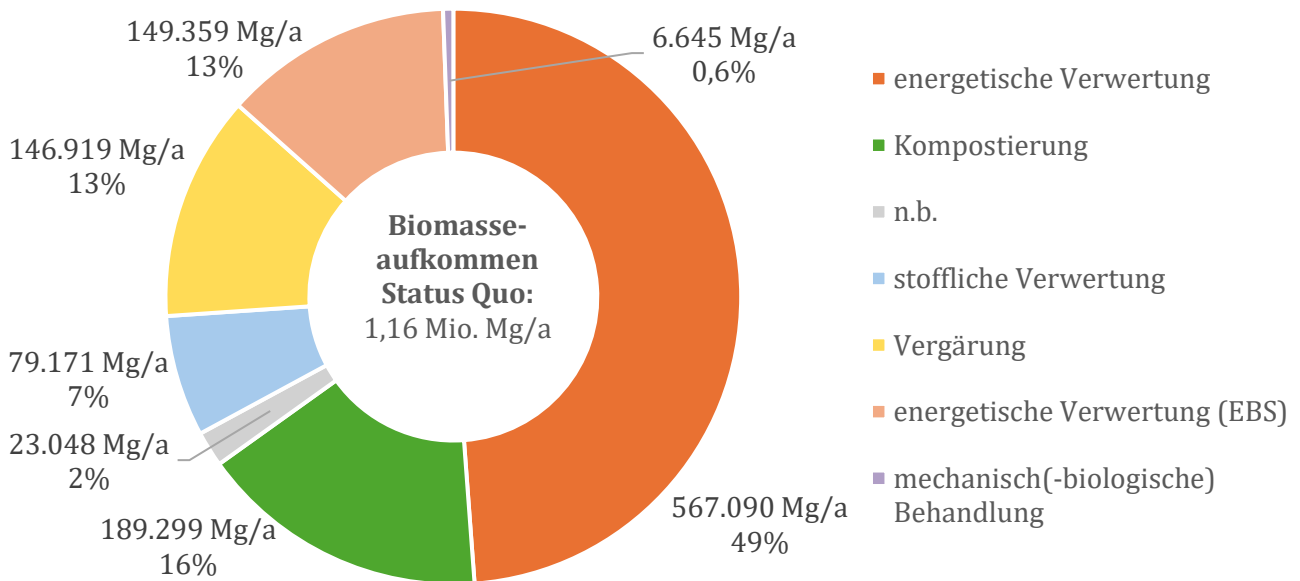


Bild 3-2: Status Quo (2020): Verwertungswege für die Biomasse aus Berlin

Die in Berlin anfallende Biomasse besitzt einen Energiegehalt von insgesamt 2.053 GWh/a, wobei der Anteil des Brennstoffpotenzials ggü. dem Biogaspotenzial mit 88 % deutlich überwiegt (ca. 1.814 GWh/a vs. 239 GWh/a) (Bild 3-3). Derzeit werden ca. 1.810 GWh/a (88 %) des in der Biomasse enthaltenen Energiepotenzials genutzt. Mit inbegriffen ist an dieser Stelle das Brennstoffpotenzial der Organik enthaltenden des Restabfallgemischs. Es entfallen ca. 1.705 GWh/a (94 %) auf das Brennstoff- und ca. 104 GWh/a (6 %) auf das Biogaspotenzial. Erklärungen zur Berechnung des Energiegehaltes finden sich in Kapitel 2.3.4.

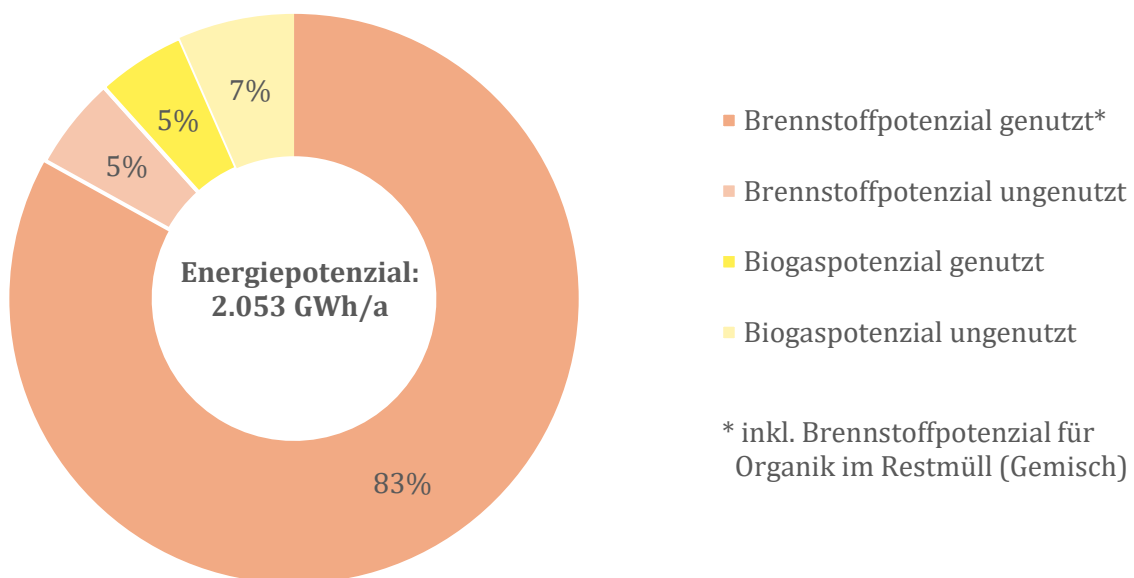


Bild 3-3: Status Quo (2020): Brennstoff- und Biogaspotenziale der Biomassen aus Berlin

Bild 3-4 zeigt sowohl die Ergebnisse für die THG-Bilanzen als auch das Biomasseaufkommen je Obergruppe im Überblick. Im Ergebnis der hier berechneten THG-Bilanzen wird in Summe bereits im **Status Quo** ein **THG-Einsparpotenzial von - 210.476 Mg CO₂-Äq/a** erreicht. Nach den einzelnen Abfallarten zeigen sich allerdings für die Bioabfälle, die (überwiegend) kompostiert werden, Belastungspotenziale. Dies betrifft auch die Weichorganik und Tiermist inkl. Einstreu.

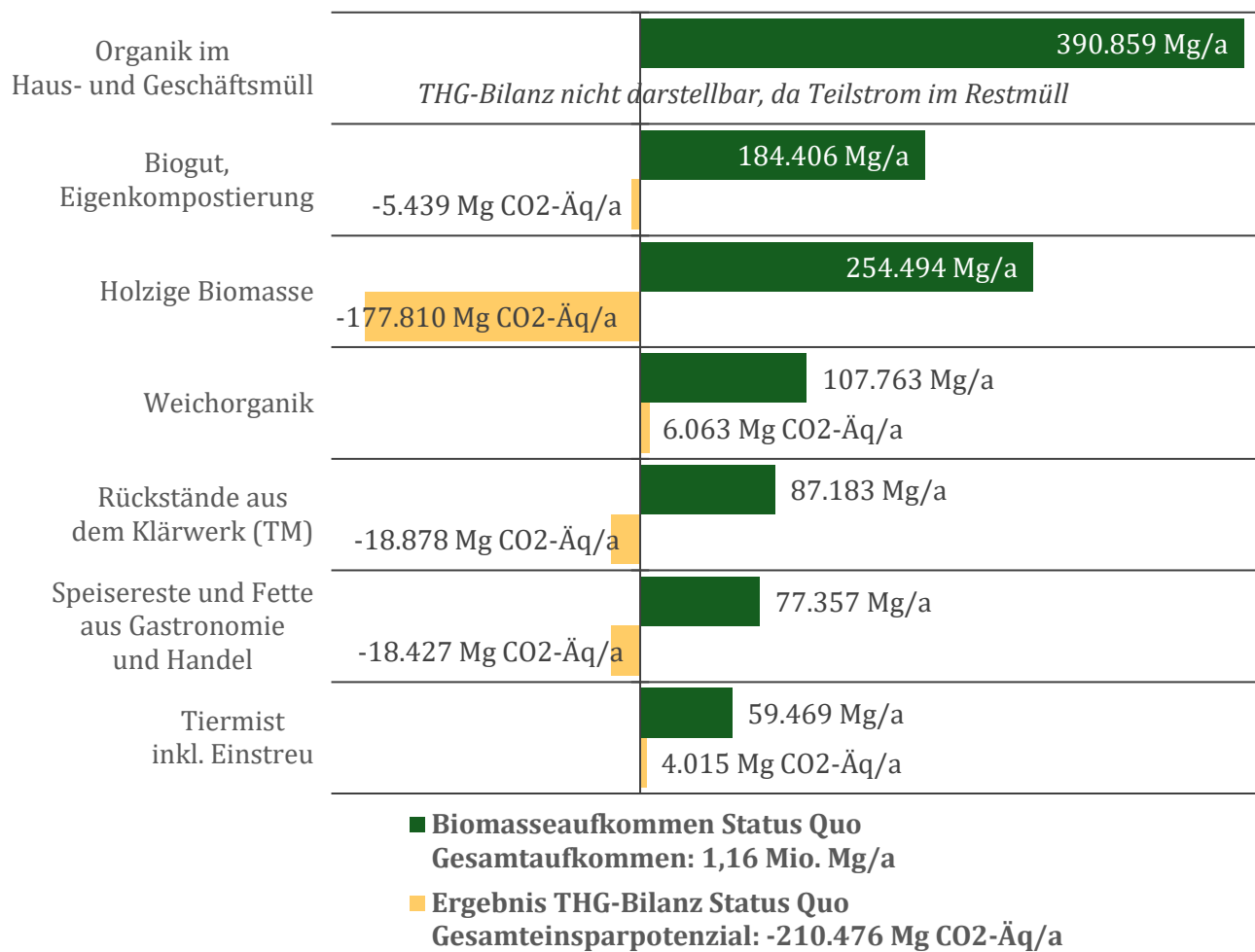


Bild 3-4: Status Quo (2020): Aufkommen und THG-Bilanz der in Berlin anfallenden Biomasse

3.1 Organik im Haus- und Geschäftsmüll

Organik im Haus- und Geschäftsmüll Aufkommen: 390.859 Mg/a		Bezugsjahr: 2020								
Jahresverlauf Fällt ganzjährig an; höhere Mengen im Sommer und Herbst durch erhöhtes Aufkommen an Gartenabfällen (inkl. Laub)										
Erstbehandlung/Verbleib										
<table border="1"> <caption>Erstbehandlung/Verbleib</caption> <thead> <tr> <th>Verfahren</th> <th>Anteil (Ma.-%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>energetische Verwertung Organik im Haus- und Geschäftsmüll</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>energetische Verwertung (EBS) Organik im Haus- und Geschäftsmüll</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>mechanisch(-biologische) Behandlung Organik im Haus- und Geschäftsmüll</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		Verfahren	Anteil (Ma.-%)	energetische Verwertung Organik im Haus- und Geschäftsmüll	62	energetische Verwertung (EBS) Organik im Haus- und Geschäftsmüll	37	mechanisch(-biologische) Behandlung Organik im Haus- und Geschäftsmüll	2	<ul style="list-style-type: none"> ■ energetische Verwertung Organik im Haus- und Geschäftsmüll ■ energetische Verwertung (EBS) Organik im Haus- und Geschäftsmüll ■ mechanisch(-biologische) Behandlung Organik im Haus- und Geschäftsmüll
Verfahren	Anteil (Ma.-%)									
energetische Verwertung Organik im Haus- und Geschäftsmüll	62									
energetische Verwertung (EBS) Organik im Haus- und Geschäftsmüll	37									
mechanisch(-biologische) Behandlung Organik im Haus- und Geschäftsmüll	2									
Produkte Strom, Wärme, Ersatzbrennstoff										
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) Nicht darstellbar										
Brennstoffpotenzial (bzgl. Restabfallgemisch) 434 GWh/a davon insgesamt genutzt: 427 GWh/a (98 Ma.-%) davon in Berlin genutzt: 257 GWh/a (60 Ma.-%)	Biogaspotenzial (bzgl. Organik im Restabfall) 233 GWh/a davon insgesamt genutzt: - davon in Berlin genutzt: -									
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Vergärung mit anschließender Kompostierung der Gärreste										
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020										
Anmerkung Organik im Restabfall liefert nur als Gemisch mit hochkalorischen Bestandteilen im Restabfall ein hohes Brennstoffpotenzial, als Mono-Fraktion ist sie nicht brennbar. Sie eignet sich sehr gut für die Vergärung. Es gilt eine Getrenntsammlungspflicht sowie die Kaskadennutzung für Bioabfälle.										

3.2 Getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten – Biogut, Eigenkompostierung

Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten, getrennt gesammelt Aufkommen: 184.406 Mg/a Bezugsjahr: 2020									
davon									
Biogut (Biotonne)	120.093 Mg/a								
Eigenkompostierung	64.313 Mg/a								
Jahresverlauf Fällt ganzjährig an; höhere Mengen im Sommer und Herbst durch erhöhtes Aufkommen an Gartenabfällen (inkl. Laub)									
Erstbehandlung/Verbleib									
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Erstbehandlung/Verbleib</caption> <thead> <tr> <th>Verbleib</th> <th>Anteil (Ma.-%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kompostierung Bioabfall (Biogut)</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>Kompostierung Eigenkompostierung</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Vergärung Bioabfall (Biogut)</td> <td>41</td> </tr> </tbody> </table>		Verbleib	Anteil (Ma.-%)	Kompostierung Bioabfall (Biogut)	24	Kompostierung Eigenkompostierung	35	Vergärung Bioabfall (Biogut)	41
Verbleib	Anteil (Ma.-%)								
Kompostierung Bioabfall (Biogut)	24								
Kompostierung Eigenkompostierung	35								
Vergärung Bioabfall (Biogut)	41								
Produkte Biomethan, Kompost									
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) -5.439 Mg CO ₂ -Äq/a									
Brennstoffpotenzial - nicht brennbar / kein Brennstoffpotenzial	Biogaspotenzial 110 GWh/a davon insgesamt genutzt: 45 GWh/a (41 %) davon in Berlin genutzt: 45 GWh/a (41 %)								
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Vergärung mit anschließender Kompostierung der Gärreste									
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020, BSR-Bilanz 2020, (BSR intern, 2021), eigene Berechnung									

3.3 Holzige Biomasse

Holzige Biomasse Aufkommen: 254.494 Mg/a		Bezugsjahr: 2020										
davon												
getrennt gesammeltes Altholz	135.977	Mg/a										
Altholz (Kat. A IV)	46.548	Mg/a										
Baum- und Strauchschnitt	36.689	Mg/a										
Holz aus Vorbehandlungsanlagen	28.629	Mg/a										
Holz aus Sperrmüll zur energetischen Verwertung	2.798	Mg/a										
Stammholz und Stubben	1.860	Mg/a										
Weihnachtsbäume	1.993	Mg/a										
Waldrestholz (Brennholz an privat)	k.A.											
Jahresverlauf Fällt ganzjährig an; Höchstwerte im Sommer; Zusammensetzung im Winter holzreicher; Weihnachtsbäume saisonal nur im Winter												
Erstbehandlung/Verbleib												
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Verbleib</th> <th>Anteil (Ma.-%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>energetische Verwertung</td> <td>93</td> </tr> <tr> <td>Kompostierung</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>n.b.</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>stoffliche Verwertung u.a. Mulchung vor Ort</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>			Verbleib	Anteil (Ma.-%)	energetische Verwertung	93	Kompostierung	4	n.b.	2	stoffliche Verwertung u.a. Mulchung vor Ort	1
Verbleib	Anteil (Ma.-%)											
energetische Verwertung	93											
Kompostierung	4											
n.b.	2											
stoffliche Verwertung u.a. Mulchung vor Ort	1											
Produkte Strom, Wärme, Kompost												
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) -177.810 Mg CO ₂ -Äq/a												
Brennstoffpotenzial 1.055 GWh/a davon insgesamt genutzt: 1.012 GWh/a (96 %) davon in Berlin genutzt: 585 GWh/a (55 %)		Biogaspotenzial - biologisch schwer abbaubar / kein Biogaspotenzial										
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Vorrangige stoffliche Verwertung, Energetische Verwertung												
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020, Umfrageergebnisse, eigene Berechnungen												

3.4 Weichorganik

Weichorganik Aufkommen: 107.763 Mg/a		Bezugsjahr: 2020										
davon												
Mähgut	55.581	Mg/a										
Laub, Straßenlaub	40.118	Mg/a										
Organikabfälle in Laubsäcken	5.600	Mg/a										
Straßenbegleitgrün (Straßenkehrrecht Organik)	3.675	Mg/a										
Grüngut (Botanischer Garten, Britzer Garten)	1.428	Mg/a										
Erntereste Landwirtschaft	1.361	Mg/a										
Jahresverlauf Mähgut: fällt ganzjährig an; Laub: saisonaler Anfall im Herbst												
Erstbehandlung/Verbleib												
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Verbleib</th> <th>Anteil (Ma.-%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>energetische Verwertung</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Kompostierung</td> <td>59</td> </tr> <tr> <td>n.b.</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>stoffliche Verwertung u.a. Mulchung vor Ort</td> <td>21</td> </tr> </tbody> </table>			Verbleib	Anteil (Ma.-%)	energetische Verwertung	2	Kompostierung	59	n.b.	19	stoffliche Verwertung u.a. Mulchung vor Ort	21
Verbleib	Anteil (Ma.-%)											
energetische Verwertung	2											
Kompostierung	59											
n.b.	19											
stoffliche Verwertung u.a. Mulchung vor Ort	21											
Produkte Kompost, Strom, Wärme												
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) +6.063Mg CO ₂ -Äq/a												
Brennstoffpotenzial (Laub) 60 GWh/a davon insgesamt genutzt: 1,5 GWh/a (2,5 %) davon in Berlin genutzt: 0 GWh/a (0 %)	Biogaspotenzial (Mäh-/Grüngut, Erntereste) 39 GWh/a davon insgesamt genutzt: 0 GWh/a (0 %) davon in Berlin genutzt: 0 GWh/a (0 %)											
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Vergärung und Kompostierung der Gärreste (Mäh-/Grüngut, Erntereste), energetische Verwertung (Laub)												
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020, ICU 2021, Umfrageergebnisse, eigene Berechnungen												
Anmerkung Mähgut ist für eine Mono-Vergärung ggf. nur eingeschränkt geeignet (Wassergehalt = 70%).												

3.5 Rückstände aus dem Klärwerk

Rückstände aus dem Klärwerk (TM) (rechn. Wassergehalt 72 %)		Bezugsjahr: 2020
Aufkommen: 87.183 Mg/a		
davon		
Ungefauter Klärschlamm (Rohschlamm)	45.876 Mg/a	
Gefauter Klärschlamm	29.521 Mg/a	
Rechengut gesamt (biogener Anteil n.b.)	6.304 Mg/a	
Gefault und getrockneter Klärschlamm	5.482 Mg/a	
Zzgl. Klärgas	3,5 Mio. m ³ /a	
Jahresverlauf Fällt ganzjährig in konstanter Menge an		
Erstbehandlung/Verbleib		
<p> 7 Ma.-% 93 Ma.-% </p> <ul style="list-style-type: none"> ■ energetische Verwertung ■ energetische Verwertung (EBS) 		
Produkte Strom, Wärme, Ersatzbrennstoff (aus Rechengut)		
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) -18.878 Mg CO ₂ -Äq/a		
Brennstoffpotenzial - Klärschlamm, Rechengut 210 GWh/a davon insgesamt genutzt: 210 GWh/a (100 %) davon in Berlin genutzt: 149 GWh/a (71 %)	Biogaspotenzial - Rohschlamm n.b.	
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Faulung, ggf. Trocknung, Verbrennung (Klärschlamm), Ersatzbrennstoff (Rechengut), Phosphorrückgewinnung		
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020, Umfrageergebnisse, eigene Berechnungen		

3.6 Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel

Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel Aufkommen: 77.357 Mg/a		Bezugsjahr: 2020
davon		
Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle	48.392	Mg/a
Fettabscheiderinhalte (normiert 20% TS)	23.465	Mg/a
Altfette	5.500	Mg/a
Jahresverlauf Ganzjährig, konstant		
Erstbehandlung/Verbleib		
<p>A pie chart illustrating the initial treatment of food waste. The chart is divided into two segments: a large yellow segment representing 'Vergärung' (93 Ma.-%) and a smaller orange segment representing 'energetische Verwertung' (7 Ma.-%). A legend to the right of the chart identifies the colors: orange for 'energetische Verwertung' and yellow for 'Vergärung'.</p>		
Produkte Strom, Wärme, Biodiesel (Altfettmethylester)		
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) -18.427 Mg CO ₂ -Äq/a		
Brennstoffpotenzial - Altfette 57 GWh/a davon insgesamt genutzt: 57 GWh/a (100 %) davon in Berlin genutzt: n.b.	Biogaspotenzial - Speisereste, Lebensmittelabfälle, Fettabscheiderinhalte 60 GWh/a davon insgesamt genutzt: 60 GWh/a (100 %) davon in Berlin genutzt: -	
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Vergärung (Speisereste, Fette), Biokraftstoffe (Altfette)		
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020		

3.7 Tiermist inkl. Einstreu

Tiermist inkl. Einstreu Aufkommen: 59.469 Mg/a		Bezugsjahr: 2020						
davon								
Pferdemist	49.969	Mg/a						
Tiermist und Einstreu	9.500	Mg/a						
Jahresverlauf Fällt ganzjährig in konstanten Mengen an								
Erstbehandlung/Verbleib								
<table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Verfahren</th> <th>Anteil (Ma.-%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>stoffliche Verwertung (Ausbringung in der Landwirtschaft)</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>Kompostierung</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>			Verfahren	Anteil (Ma.-%)	stoffliche Verwertung (Ausbringung in der Landwirtschaft)	87	Kompostierung	13
Verfahren	Anteil (Ma.-%)							
stoffliche Verwertung (Ausbringung in der Landwirtschaft)	87							
Kompostierung	13							
Produkte Kompost, Dünger (Landwirtschaft)								
Treibhausgas-Einspar- (-)/Belastungspotenzial (+) +4.015 Mg CO ₂ -Äq/a								
Brennstoffpotenzial -	Biogaspotenzial 30 GWh/a davon insgesamt genutzt: 0 GWh/a (0 %) davon in Berlin genutzt: -							
Hochwertige Verwertung – Stand der Technik Vergärung und anschließende Kompostierung der Gärreste								
Datenherkunft SKU-Bilanz 2020, Umfrageergebnisse								
Anmerkung Pferdemist ist für Mono-Vergärung ggf. nur eingeschränkt geeignet, da i.d.R. hoher Strohanteil vorliegt.								

3.8 Produktionsspezifische Abfälle

Die Ergebnisse der im Rahmen dieser Studie erfolgten Datenerhebung zum Aufkommen und Verbleib von biogenen Abfall- und Reststoffen aus dem produzierenden Gewerbe sind nicht repräsentativ. Eine tiefere Auswertung von Daten konnte an dieser Stelle daher nicht erfolgen.

Einerseits haben neun Unternehmen, darunter Brauereien, Hersteller von Süßwaren sowie Milch, Fleisch und Kaffee verarbeitende Betriebe, zwar Angaben zu ihren produktionsspezifischen Abfällen übermittelt. Diese Angaben beschränken sich jedoch im Wesentlichen auf das Aufkommen von Biomasse bzw. Abfallbiomassen. Art und Ort der Verwertung wurden lediglich bei 4 von 9 Unternehmen näher spezifiziert. Auf der anderen Seite sind rund die Hälfte der Angaben zur Biomasseart auf Ebene der Abfallschlüsselnummern aggregiert.

In Tabelle 3-1 sind die Erkenntnisse aus den übermittelten Angaben zusammengetragen:

Grundsätzlich werden die produktionsspezifischen Abfälle aus der Lebens- und Genussmittelherstellung als Futtermittel verwertet. Sie bieten aber auch das Potenzial für eine kombinierte stoffliche und energetische Verwertung (Vergärung). Dies betrifft insbesondere die Molke, die, ausgehend von der vorliegenden Datenbasis, in bedeutender Menge (> 30.000 Mg/a) in Berlin anfällt und in Brandenburg unter hohem Energieeinsatz zu Trockenmolke (Schweinefutter) verarbeitet wird. Für eine anfallortsnahe Verwertung zu bspw. Biomethan, bedarf es jedoch eines geeigneten Standortes und entsprechender Finanzierungsmöglichkeiten, um die Investitionskosten von schätzungsweise ca. 5-10 Mio. Euro zu stemmen.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei den produzierenden Gewerben, sei es aus der Lebensmittelherstellung oder holzverarbeitende Betriebe, Biomasse anfällt, die potenziell für eine Verwertung zur Energieerzeugung geeignet ist. Allerdings eignet sich die Biomasse, die je nach Branche und Produktionsziel auch als Nebenprodukt anfallen kann, als Einsatzmaterial für andere Herstellungsprozesse z. B. für Baustoffe. Für die aufstrebende Nutzungskonkurrenz für biogene abfall- und Reststoffe aus (holzverarbeitenden) produzierenden Gewerben ist die stoffliche Verwertung unter Nachhaltigkeitsaspekten stets der energetischen Verwertung vorzuziehen.

Tabelle 3-1: Ergebnisse Datenerhebung für produktionsspezifische Abfälle

Produzierendes Gewerbe	Biogene Abfall- und Reststoffe ¹	Typischer Verwertungsweg ¹	Alternative Verwertungswege	Anmerkung
Brauereien	Biertreber	Futtermittel	Energiebereitstellung aus Trebern ¹	Biertreber als Tierfutter ist eine hochwertige stoffliche Verwertung und sollte beibehalten werden.
	Abfälle aus der Alkoholdestillation (Obst-, Getreide-, Kartoffelschlempen)	n.b.	Futtermittel, Vergärung, EBS, Düngemittel	Je nach Zusammensetzung der Schlempe ist ein geeignetes Verwertungsverfahren zu wählen, hochwertige stoffliche bzw. kombinierte stoffliche und energetische Verwertung ist dabei der energetischen Verwertung vorzuziehen.
Herstellung von Süßwaren	Lebensmittelabfälle	Futtermittel, Kompostierung, Vergärung	k.A.	k.A.
	Fettabscheiderinhalte	n.b.	Vergärung	k.A.
Milchverarbeitung	Molke ²	Futtermittel (Molkenpulver)	Vergärung	Die stoffliche Verwertung der Sauermolke zu Trockenmolke ist sehr energieintensiv und zudem mit weiten Transportwegen (Verwertung in BB) und -kosten verbunden. Es ist abzuwägen, ob eine anfallortnahe Mono-Vergärungsanlage ökologisch und energetisch von Vorteil sein könnte. Finanzielle Förderungen wären erforderlich. ¹
Fleischverarbeitung	Abfälle tierischen Ursprungs	n.b.	k.A.	k.A.
	Fettabscheiderinhalte	n.b.	Vergärung	k.A.
Kaffeeverarbeitung	Pellets, Kaffeestaub	Kompostierung (BB)/energetische Verwertung (aBL)	k.A.	k.A.

¹ gem. Angaben der Unternehmen

² Aufkommen liegt in Berlin bei über 30.000 Mg/a

3.9 Stadt-Umland-Beziehungen

Die voranstehenden Kapitel haben das Biomasseaufkommen und den Verwertungsweg der in Berlin anfallenden Biomasse unabhängig ihres Verwertungsortes aufgezeigt. An dieser Stelle werden die Stadt-Umland-Beziehungen stärker beleuchtet.

In einem Sankey-Diagramm (siehe Bild 3-8) werden die Ergebnisse der Datenabfrage zum Status Quo gebündelt und visualisiert.

Insgesamt ergeben die 27 betrachteten Biomassearten eine Gesamtmenge von ca. 1,16 Mio. Mg/a (Klärschlämme sind dabei als Trockenmasse berücksichtigt), die anhand der gewählten Obergruppen zusammenfassend dargestellt werden.

Die Erstbehandlung (Ebene 1 des Sankey-Diagramms) der insgesamt in Berlin anfallenden Biomasse erfolgt zu ca. 66 Ma.-% (769.100 Mg/a) in Berlin und zu ca. 34 Ma.-% außerhalb Berlins (siehe Bild 3-5). Erstbehandlung bedeutet an dieser Stelle zunächst, dass sich die Behandlungsanlage, in die die Biomasse als erstes verbracht wird, sich in Berlin bzw. außerhalb von Berlin befindet.

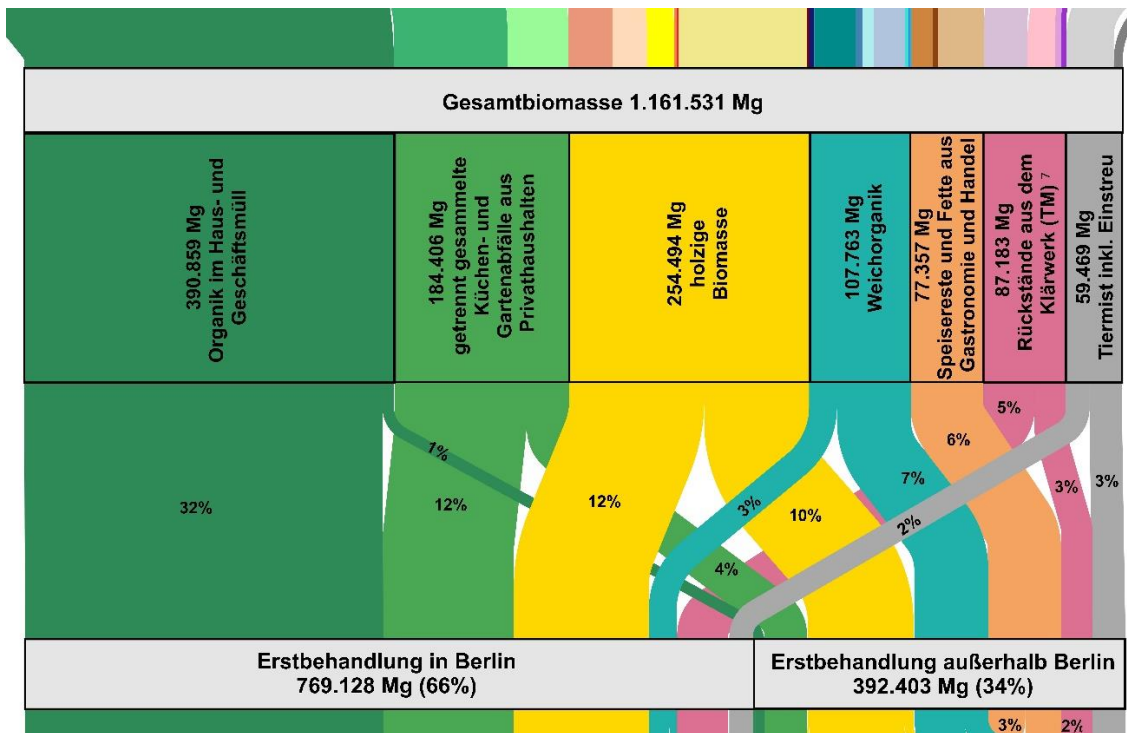


Bild 3-5: Ausschnitt Sankey-Diagramm: Ebene 1 – Ort der Erstbehandlung

Während die Organik im Restabfall beinahe vollständig in Berlin erstbehandelt wird, sind es bei den getrennt gesammelten Küchen- und Gartenabfällen nur noch drei Viertel, bei der holzigen Biomasse, den Rückständen aus dem Klärwerk (TM) und dem Tiermist ungefähr die Hälfte und bei der Weichorganik ca. ein Drittel. Die Behandlung von Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel erfolgt vollständig außerhalb Berlins.

Zur Veranschaulichung der Transportdistanzen wurde innerhalb der Kategorie „Erstbehandlung außerhalb Berlin“ zusätzlich zwischen Brandenburg (BB) und sonstige Bundesländer (sBL) differenziert (siehe Bild 3-6). Rund 22 Ma.-% (ca. 263.200 Mg/a) des gesamten Biomasseaufkommens werden in BB

erstbehandelt. Dies betrifft vor allem die holzige Biomasse, Weichorganik, Speisereste und Fette sowie Tiermist (inkl. Einstreu). Weitere 8 Ma.-% (ca. 88.500 Mg/a), darunter maßgeblich Speisereste und Fette, Rückstände aus dem Klärwerk (TM) und getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle werden zur Erstbehandlung sogar in weiter entfernte andere Bundesländer transportiert. Für ca. 4 Ma.-% (ca. 40.800 Mg/a) kann der Verwertungsort nicht näher spezifiziert werden.

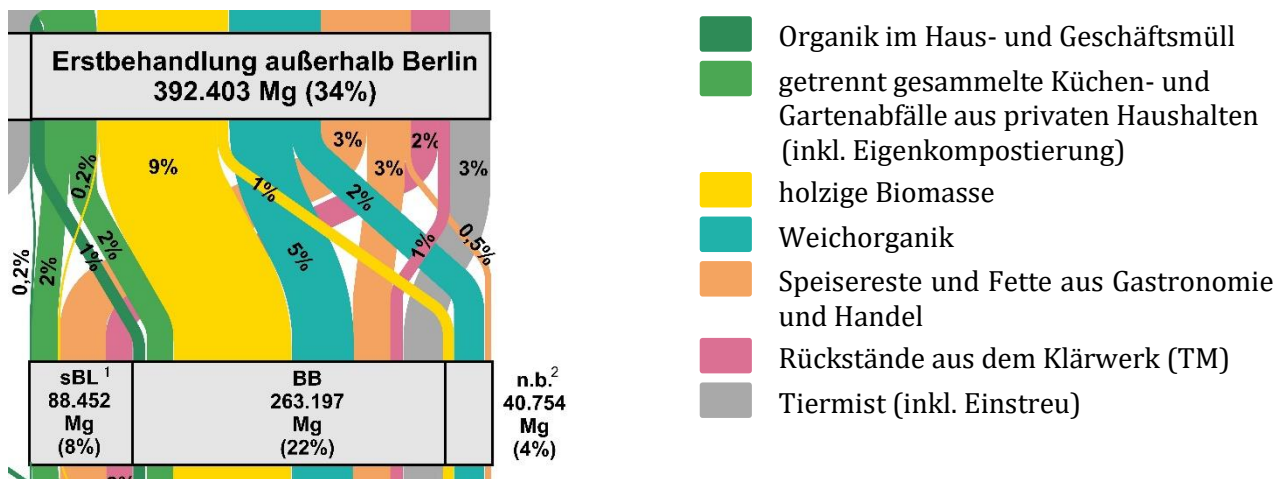


Bild 3-6: Ausschnitt Sankey-Diagramm: Ebene 1 – Erstbehandlung außerhalb Berlins

Auf Ebene der Verwertung (analog zu Letztbehandlung) kommt es ggü. der Erstbehandlung ausschließlich bei einem Teilstrom der Fraktion Organik im Haus- und Geschäftsmüll (ca. 12 Ma.-% des Gesamtbiomasseaufkommens) zu einer Veränderung des Behandlungsortes (siehe Bild 3-7). Der in Berlin in MPS-Anlagen zu EBS aufbereitete Organikanteil des Berliner Restabfalls (ca. 149.400 Mg/a) wird in Anlagen außerhalb Berlins energetisch verwertet. Somit verkleinert sich der Anteil der in Berlin verwerteten Biomasse entsprechend auf 54 Ma.-% (ca. 621.800 Mg/a).

Rund zwei Drittel der in Berlin verwerteten Biomassen werden mit Bezug zum Jahr 2020 energetisch verwertet. Dies betrifft die Fraktion Organik im Haus- und Geschäftsmüll, die ungefaulten Rohschlämme aus dem Klärwerk Ruhleben sowie die Fraktionen Altholz, Holz aus Sperrmüll, Holz aus Vorbehandlungsanlagen, Weihnachtsbäume sowie Teilmengen des in Berlin anfallenden Baum- und Strauchschnitts, die zur Strom- bzw. Wärmeerzeugung im MHKW Ruhleben der BSR, der KVA der BWB bzw. im HHKW Neukölln energetisch verwertet werden. Einer kombinierten stofflichen und energetischen Verwertung werden ca. 11 Ma.-% (75.100 Mg/a) der in Berlin verwerteten Biomassen zugeführt. Dabei handelt es sich ausschließlich um getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle, die in der BSR-Anlage Biogas West vergoren werden. Das Biogas wird zu Biomethan aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist und somit indirekt für die Fahrzeugflotte genutzt. Weitere ca. 13 Ma.-% der in Berlin verwerteten Biomassen werden kompostiert. Der Hauptanteil entfällt in diesem Zusammenhang auf die Eigenkompostierung von getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle in privaten Haus- und Kleingärten. Weichorganik (Mähgut) und Tiermist werden in Berlin vornehmlich als Mulchmaterial bzw. als Düngemittel verwendet und verbleiben nach der Mahd vornehmlich auf den Flächen bzw. werden auf landwirtschaftliche Flächen verbracht und somit einfach stofflich verwertet (entspricht ca. 9 Ma.-% der in Berlin verwerteten Biomasse).

Die Verteilung der Berliner Biomassen auf die Verwertungswege außerhalb Berlins unterscheidet sich nur unwesentlich ggü. dem Stand in Berlin.

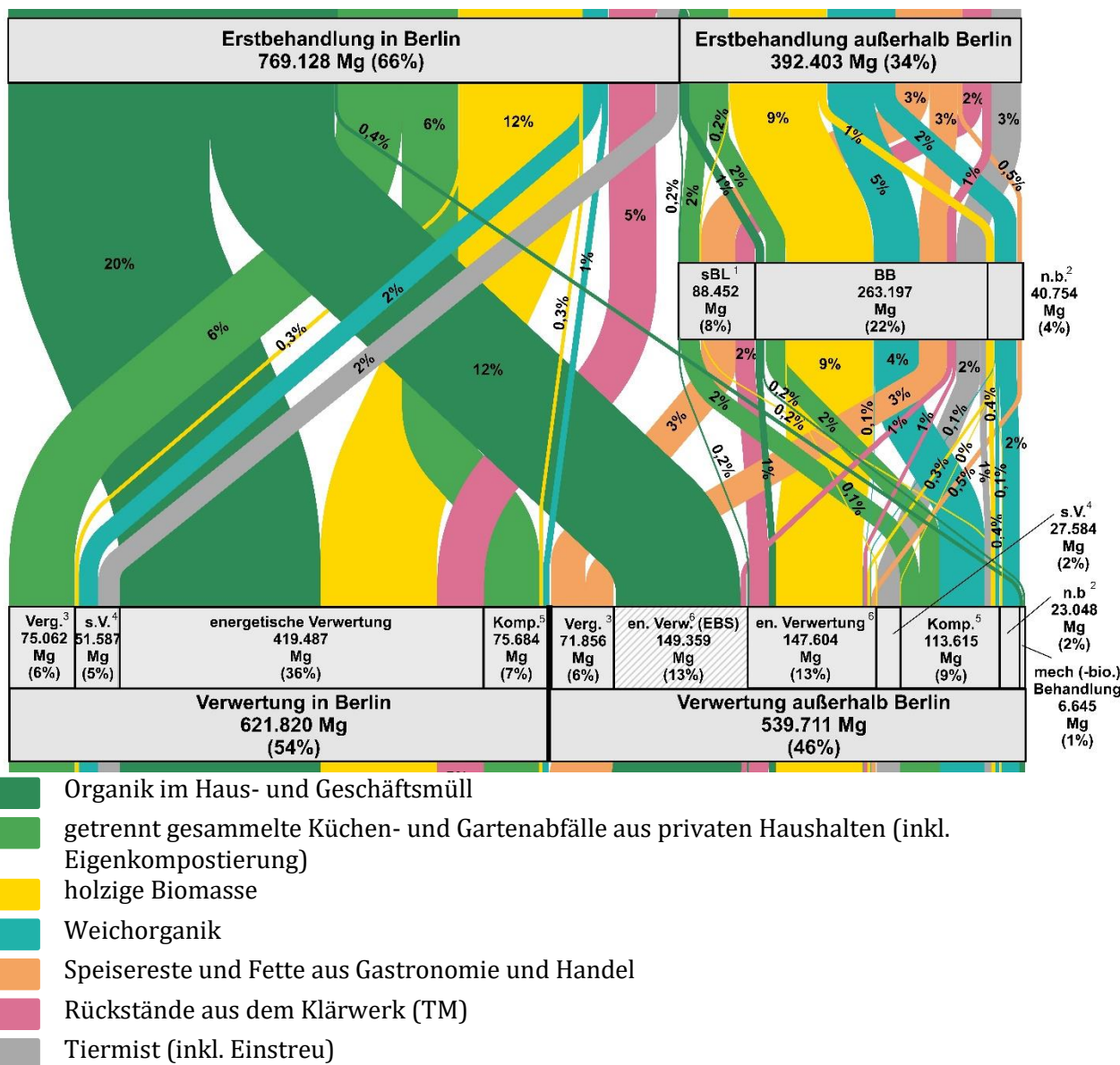


Bild 3-7: Ausschnitt Sankey-Diagramm: Ebene 2 – Verwertungsart und -ort

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bezogen auf den Status Quo derzeit ca. 42 Ma.-% des Gesamtbiomasseaufkommens zur Energieerzeugung in Berlin verwertet werden. Weitere 32 Ma.-% des Gesamtbiomasseaufkommens werden jedoch außerhalb Berlins energieerzeugend verwertet und stehen der Berliner Wärmeversorgung als solches nicht zur Verfügung. Darüber hinaus werden ca. 7 Ma.-% bzw. 9 Ma.-% der Gesamtbiomasse in Berlin bzw. außerhalb von Berlin in offenen Mieten kompostiert. Die gebundene Energie dieser Biomasse wird insofern nicht genutzt und ist potenziell für die Energieerzeugung zu erschließen. Ebenso wie die ca. 5 Ma.-% bzw. 2 Ma.-% des Gesamtbiomasseaufkommens, die derzeit sowohl in Berlin als auch außerhalb einfach stofflich verwertet (Verbleib auf Fläche (Mulchmaterial) oder Ausbringung auf Flächen als Dünger) werden. Die im Rahmen einer Kaskadennutzung aus dem Gärresten erzeugten Komposte können diese Funktion ebenfalls erfüllen.

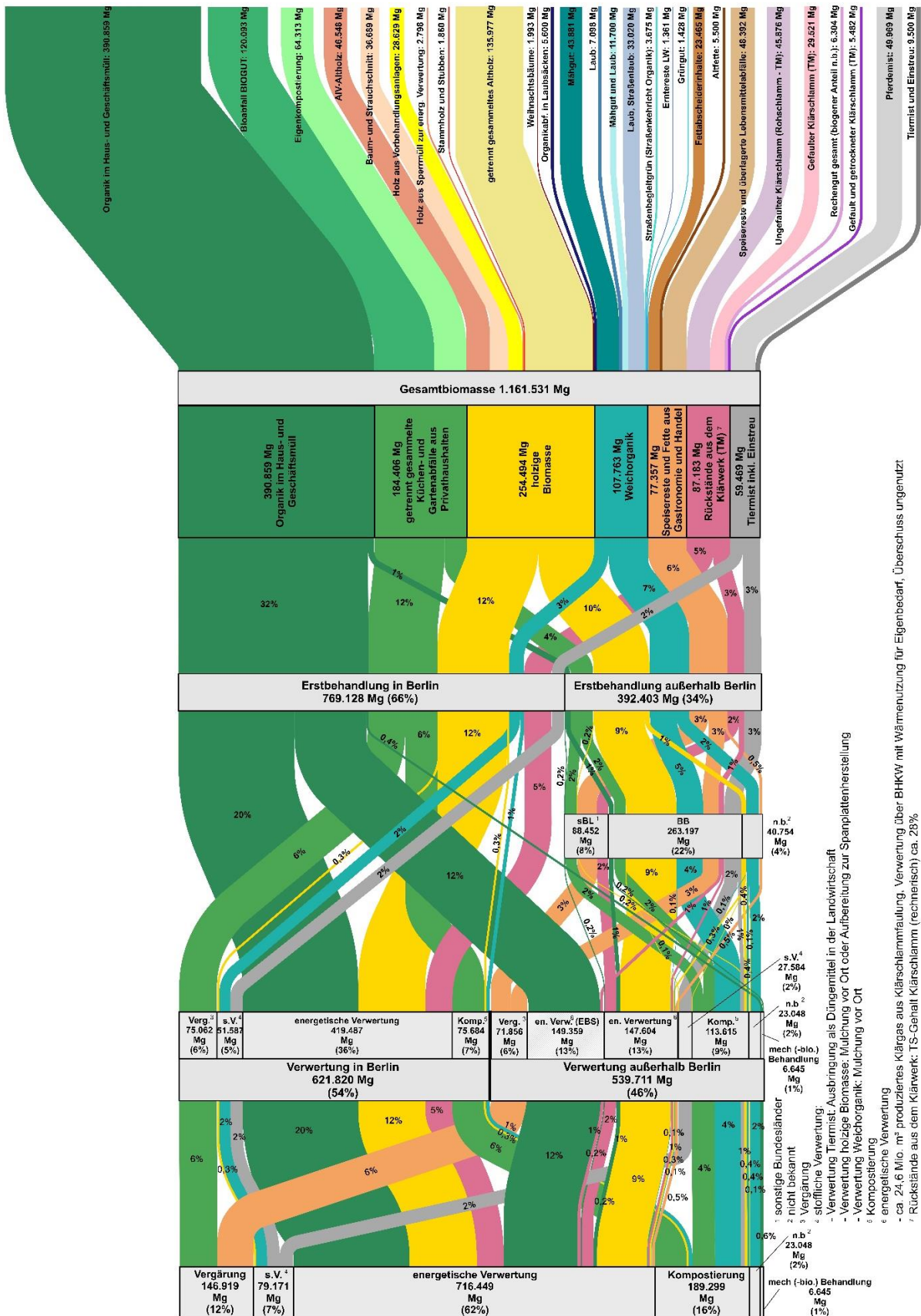


Bild 3-8: Status Quo (2020): Aufkommen und Verbleib der Berliner Biomasse

3.9.1 Exkurs: Im- und Exporte von Biomasse nach und aus Berlin.

Zwei für die Energieerzeugung wesentlichen Stoffströme, die holzige Biomasse und die Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel, werden im Status Quo teilweise bzw. vollständig außerhalb Berlins verwertet. Für die geplante Wärmewende stehen diese Biomassen derzeit nicht zur Verfügung.

3.9.1.1 Holzige Biomasse

Etwas weniger als die Hälfte, ca. 103.300 Mg/a der in Berlin anfallenden holzigen Biomasse wird außerhalb Berlins energetisch verwertet und liefert somit keinen Beitrag für die Energieversorgung der Stadt. Dies betrifft vor allem getrennt gesammeltes Altholz, Baum- und Strauchschnitt sowie Holz aus Vorbehandlungsanlagen (siehe Bild 3-9).

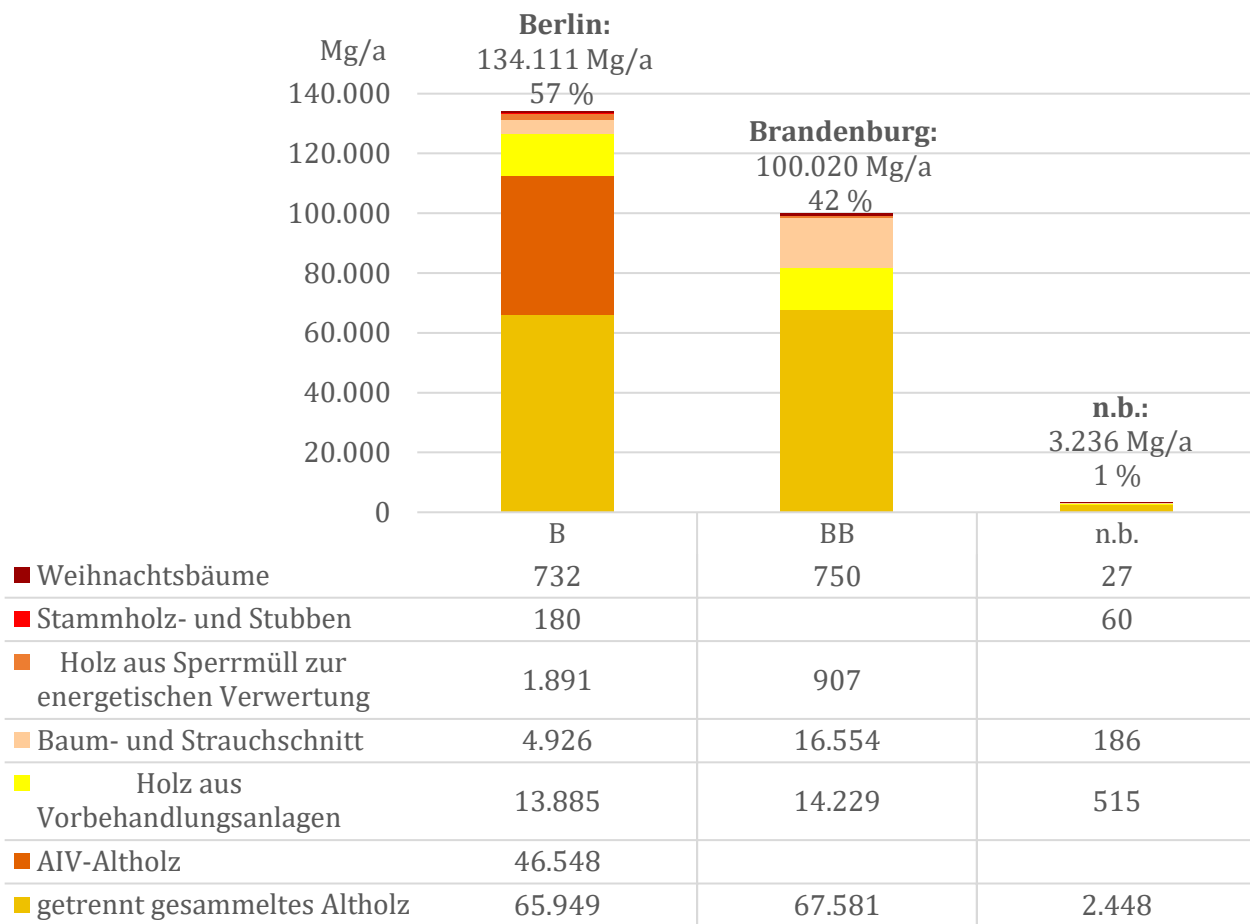


Bild 3-9: Status Quo (2020): energetische Verwertung – holzige Biomasse (237.367 Ma.-%), Verwertungsorte

Gleichzeitig wird holzige Biomasse für die energetische Verwertung, zur Auslastung der vorhandenen Anlagenkapazitäten der Berliner Heizkraftwerke importiert: 190.300 Mg/a (siehe Bild 3-10). Für den geplanten Ausbau der Energieerzeugung aus Biomasse wird der Bedarf perspektivisch weiter steigen.

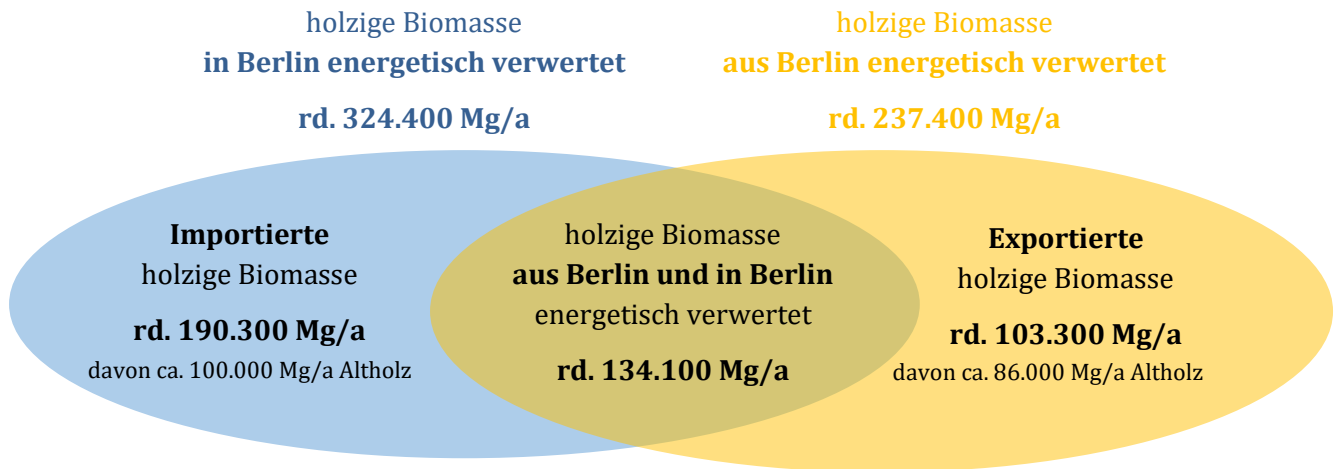


Bild 3-10: Status Quo (2020): Nach Berlin importierte und exportierte holzige Biomasse zur energetischen Verwertung

3.9.1.2 Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel

Die in Berlin anfallenden Speisereste und Fettabscheiderinhalte werden im Jahr 2020 vollständig außerhalb Berlins verwertet: rund 42 Ma.-% in BB und 51 Ma.-% in Mecklenburg-Vorpommern (aBL), sodass sie für eine lokale Verwertung in Berlin derzeit nicht zur Verfügung stehen (siehe Bild 3-11). Das durch die Vergärung erzeugte Biogas wird in BHKW zu Strom und Wärme umgewandelt und vor Ort genutzt. Altfette, ca. 7 Ma.-% des Gesamtaufkommens an Speiseresten und Fetten, werden zu Altfettmethylester-Biodiesel aufbereitet. Angaben zum Verwertungsort waren nicht verfügbar. Für die geplante Wärmenetze in Berlin ist die anfallortsnahe Verwertung dieser Speisereste und Fette von wesentlicher Bedeutung.

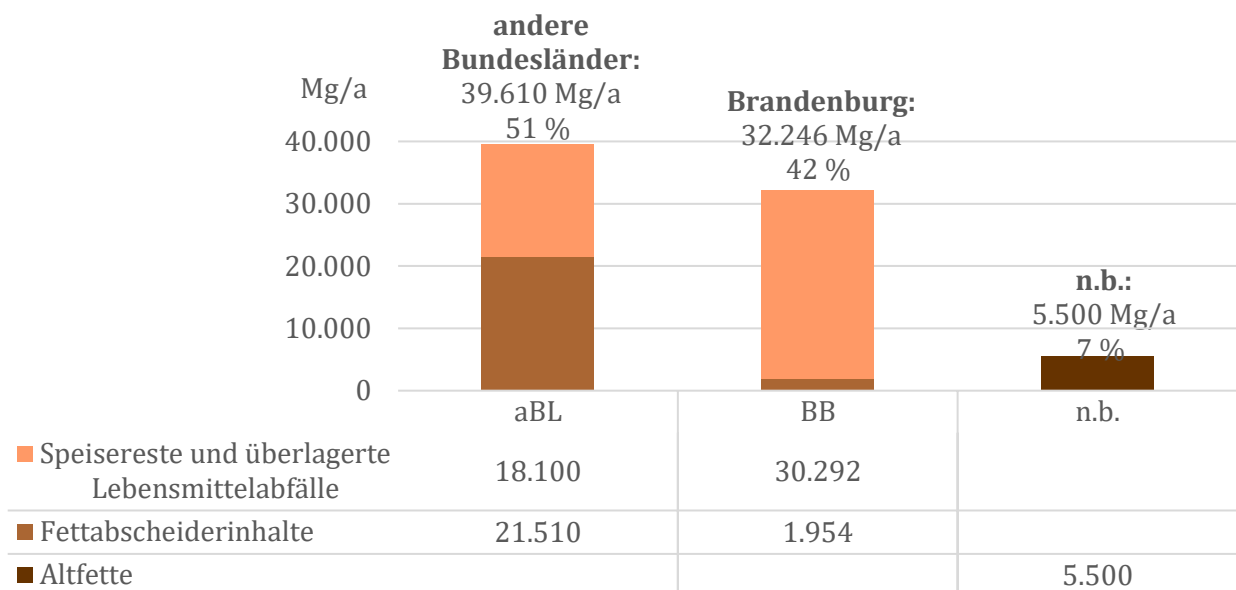


Bild 3-11: Status Quo (2020): Vergärung, energetische Verwertung – Speisereste und Fette (ca. 77.400 Mg/a), Verwertungsorte

4 Identifiziertes Biomassepotenzial zur Nutzung in Energieerzeugungsanlagen und sein Energiegehalt (Basisjahr 2020)

4.1 Biomassepotenzial

Auf Basis der untersuchten Biomassen ergibt sich im Untersuchungsraum ein Gesamtpotenzial von 1.161.500 Mg Biomasse im Jahr 2020 (vgl. Bild 4-1, oben). Die größten Anteile am Gesamtpotenzial haben die Organik im Haus- und Geschäftsmüll (34 Ma.-%), die holzige Biomasse (22 Ma.-%) sowie getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle (inkl. Eigenkompostierung) (16 Ma.-%).

Von dem Gesamtpotenzial in Berlin wurden bereits 74 Ma.-%, also 863.000 Mg/a, zur Energieerzeugung erschlossen (bereits erschlossenes Potenzial; kurz BEP). Ein weiterer Anteil von 2 Ma.-% ist für die Energieerzeugung nicht erschließbar (nicht erschließbares Potenzial; kurz NEP), da diese Mengen entweder hochwertig stofflich verwertet werden oder aus Sicherheitsgründen nicht mobilisierbar sind. Zu letzterem zählen z.B. Baum- und Strauchschnitt sowie Mähgut, welche auf den Randflächen von Gleisanlagen der Deutschen Bahn theoretisch anfallen, aber nicht geborgen werden können. Dieser Anteil wird in diesem Kapitel einmalig dargestellt und in die nachfolgenden Betrachtungen jedoch nicht weiter einbezogen.

Der dritte Anteil vom Gesamtpotenzial ist die zukünftig potenziell für eine Energieerzeugung verfügbare und erschließbare Biomasse (zukünftig erschließbares Potenzial; ZEP). Durch die Nutzung dieses ZEP kann zusätzlich „erneuerbare“ Energie gewonnen werden. Dieser Anteil beläuft sich auf 24 Ma.-% des Gesamtpotenzials und liegt damit bei ca. 281.000 Mg pro Jahr. Von dieser Menge entfallen 33 Ma.-% auf Weichorganik wie Laub und Mähgut, 23 Ma.-% auf getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle durch Eigenkompostierung, 21 Ma.-% auf Tiermist und 16 Ma.-% auf Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten, die getrennt über die Biotonne gesammelt werden. Holzige Biomasse sowie Organik im Haus- und Geschäftsmüll machen nur einen geringen Anteil aus (4 Ma.-% und 2 Ma.-%), da diese Massen beinahe vollständig bereits im Status Quo energetisch verwertet werden.

4.2 Energiepotenzial

Das aus dem Gesamtpotenzial der Biomasse resultierende Energiepotenzial beträgt 2.053 GWh/a (vgl. Bild 4-1, unten), und ist abhängig vom Heizwert der jeweiligen Biomasse. Die holzige Biomasse hat im Vergleich zu den anderen Biomassen einen hohen Heizwert und wird bereits fast vollständig energetisch verwertet. Dadurch liegt das BEP in Bezug auf den Energiegehalt bei 88 % und somit deutlich höher als in Bezug auf die Masse (74 %). Neben holziger Biomasse, die dabei 56 % ausmacht, entfallen 24 % auf die Organik im Haus- und Geschäftsmüll und 12 % auf Rückstände aus dem Klärwerk (TM). Das NEP, beläuft sich auf 1 % des Gesamtenergiepotenzials und ist aufgrund der stofflichen Verwertung oder aus Sicherheitsgründen nicht erschließbar. Der Anteil, der zukünftig potenziell erschließbar ist, besteht im Wesentlichen aus der energetischen Verwertung der Weichorganik (39 %) und der Biomasse, die bisher durch Eigenkompostierung verwertet wird (17 %), sowie der holzigen Biomasse (14 %) und des Tiermistes (13 %).

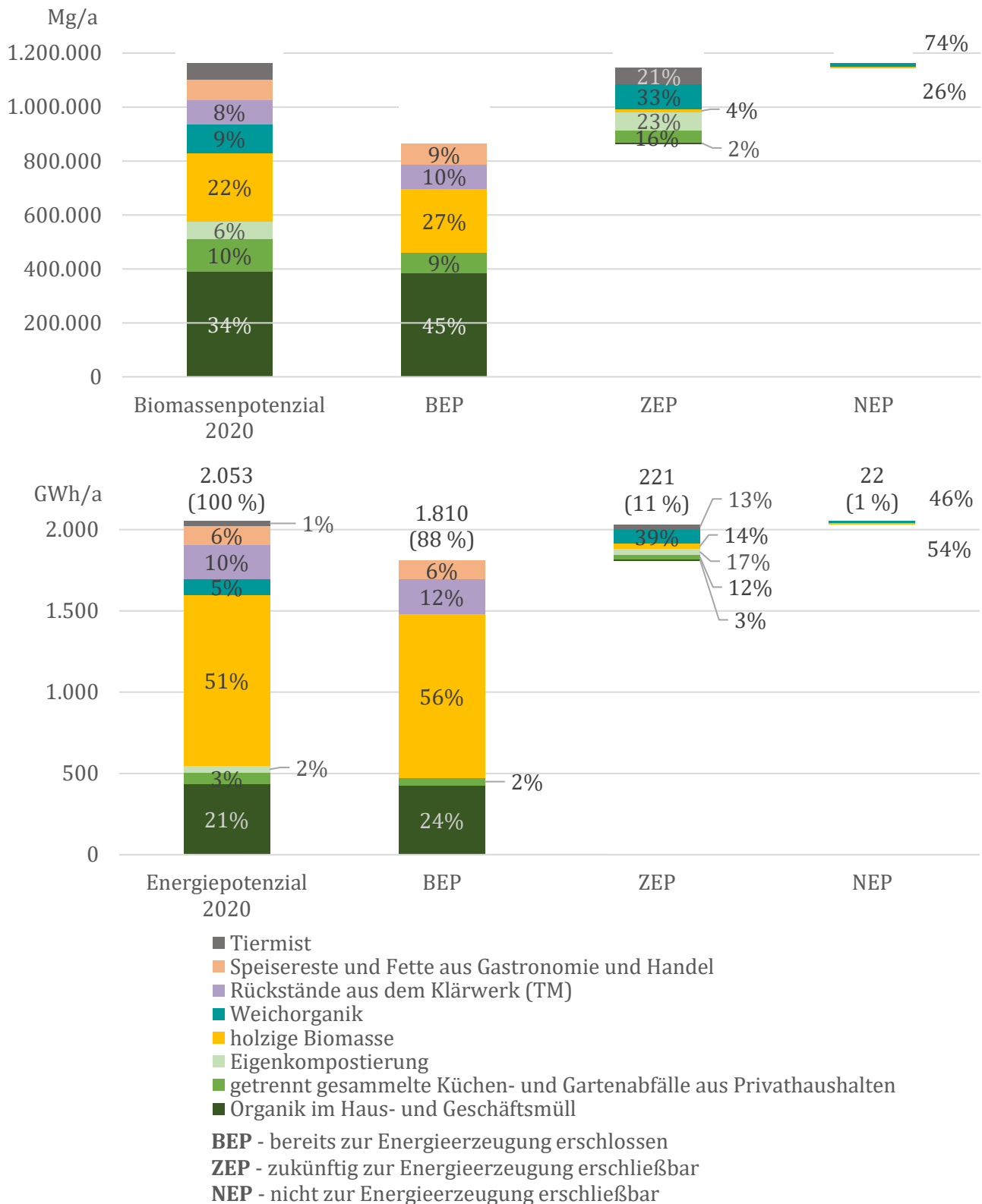


Bild 4-1: Identifizierte Biomasse-(oben) und Energiepotenziale (unten) für Berlin mit Einstufung der Erschließbarkeit zur Energieerzeugung, 2020

4.3 Treibausgas-Einsparpotenzial bei Potenzialerschließung (Basisjahr 2020)

Tabelle 4-1 zeigt die Ergebnisse für die THG-Bilanzen im Überblick. Erläuterungen zur Berechnung finden sich in Kapitel 2.4. Die hier ausgewiesenen Werte sind einheitlich mit THG-Emissionsfaktoren für Energie für das Jahr 2020 berechnet und erlauben damit eine Einschätzung des aktuellen Optimierungspotenzials. Bei einer zeitlichen Entwicklung, wie sie in den Szenarien in Kapitel 7 untersucht wird, muss auch die zeitliche Entwicklung der Defossilisierung berücksichtigt werden.

Tabelle 4-1: Übersicht Nettoergebnisse der THG-Bilanzen (Basisjahr 2020)

Abfallart	Ergebnis Status Quo	Ergebnis mit Potenzialerschließung	zusätzliches THG-Einsparpotenzial
	in Mg CO ₂ -Äq/a		
Organik im Haus- und Geschäftsmüll	THG-Bilanz nicht darstellbar, da Teilstrom im Restmüll		
Biogut, Eigenkompostierung	-5.439	-22.250 ¹¹	-16.811
Holzige Biomasse	-177.810	-184.224 ¹²	-6.413
Weichorganik	+6.063	-11.184 ¹³	-17.247
Rückstände aus dem Klärwerk	-18.878	bereits erschlossen, keine alternativen Verwertungswege	
Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel	-18.427	bereits erschlossen, keine alternativen Verwertungswege	
Tiermist inkl. Einstreu	+4.015	-2.775 ¹⁴	-6.790
Summe	-210.476	-257.737	-47.261

Im Ergebnis der hier berechneten THG-Bilanzen wird durch die Verwertung von Biomassen im Untersuchungsraum in Summe bereits im Status Quo ein THG-Einsparpotenzial erreicht. Nach den einzelnen Abfallarten zeigen sich allerdings für die Bioabfälle, die nicht in der Vergärungsanlage der BSR Biogas-West vergoren, sondern im Umland oder in Eigenkompostierung kompostiert werden, Belastungspotenziale. Im Saldo überwiegen jedoch die THG-Einsparpotenziale aus der Vergärung. Belastungspotenziale ergeben sich außerdem für die Weichorganik und Tiermist inkl. Einstreu. Würden diese Abfallbiomassen alternativ vergoren (Grüngut, Mähgut, Straßenbegleitgrün) oder verbrannt (Laub), ergibt sich eine Ergebnisumkehr im Nettoergebnis und es werden THG-Einsparpotenziale erreicht (Ergebnis mit

¹¹ Annahme Vergärung in analoger Anlage wie BSR Biogas West

¹² Annahme vollständige energetische Verwertung wie im Status Quo

¹³ Für Grüngut, Mähgut, Straßenbegleitgrün Annahme Vergärung in durchschnittlicher Vergärungsanlage nach (Vogt et al., 2023); für Laub Annahme Verbrennung in durchschnittlichem Biomasse-HKW nach (Vogt et al., 2023)

¹⁴ Annahme Vergärung in durchschnittlicher Vergärungsanlage nach (Vogt et al. 2023)

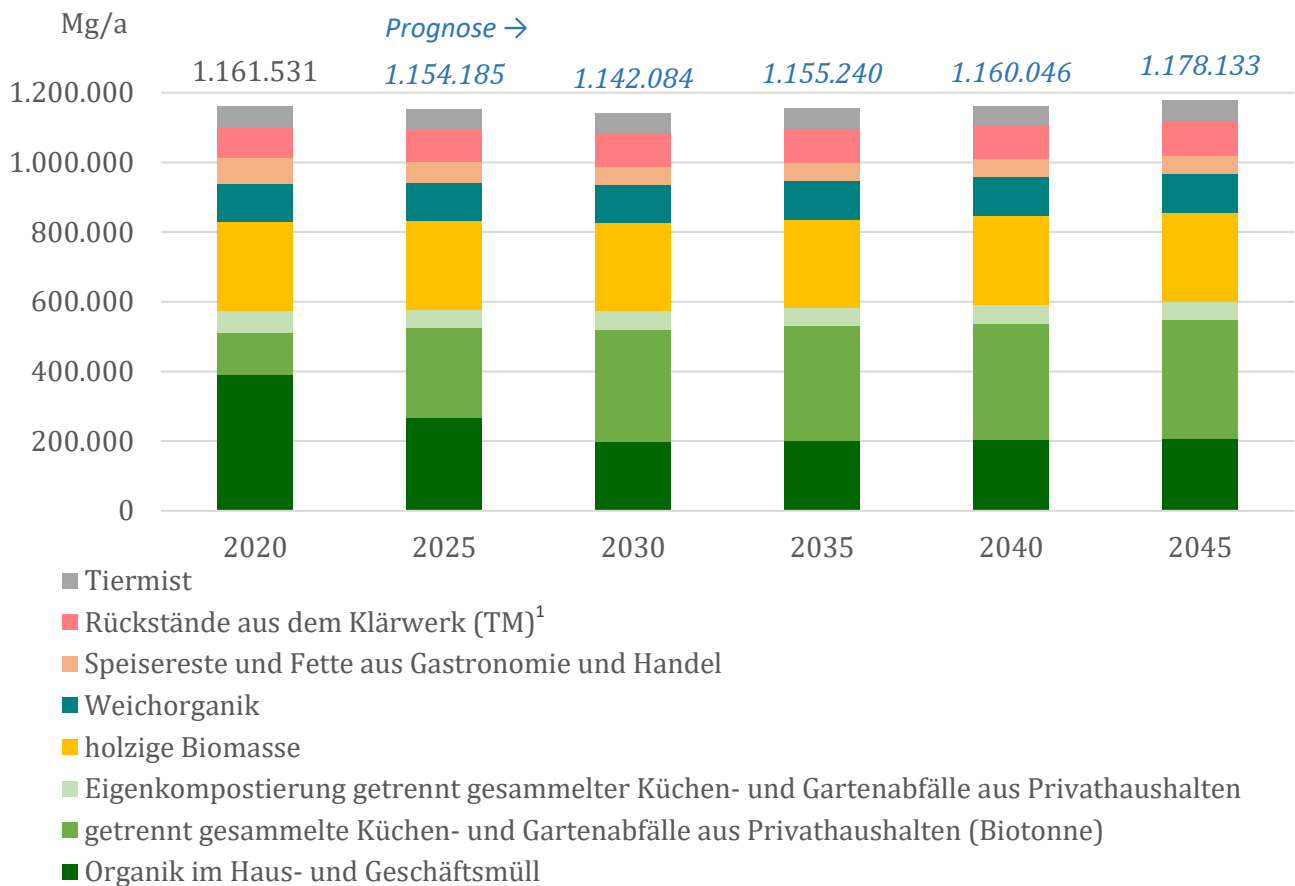
Potenzialerschließung). Einschränkend ist hier festzuhalten, dass Mähgut und Tiermist nur eingeschränkt für eine Mono-Vergärung geeignet sind. Mähgut hat einen hohen Wassergehalt und wäre für eine Trockenfermentation nicht geeignet. Tiermist enthält ggf. hohe Anteile an Stroh, das aufgrund der hohen Zelluloseanteile keine gute Vergärungseignung aufweist.

Für Biogas, Eigenkompostierung wurde angenommen, dass diese Abfallströme alternativ insgesamt in einer Vergärungsanlage wie der BSR Biogas West vergoren würden. Gegenüber einer durchschnittlichen Vergärung (Vogt et al., 2023) zeichnet sich diese Anlage durch geringere THG-Emissionen aus der Behandlung aus. Der erzeugte Gärrest weist einen Rottegrad IV-V auf und ist damit ausgereift (keine Nachkompostierung erforderlich bzw. sind aus dieser keine nennenswerten Emissionen aus biologischem Abbau mehr zu erwarten).

5 Prognostiziertes Aufkommen an biogenen Abfall- und Reststoffen in Berlin (2020 bis 2045)

Das Biomasseaufkommen in Berlin unterliegt bis zum Jahr 2045 verschiedenen Einflussfaktoren: maßgeblich der Bevölkerungsentwicklung, Abfallvermeidungsstrategien, Getrenntsammlungszielen sowie klimatischen Veränderungen und städteplanerischen Entwicklungen. Bild 5-1 zeigt die prognostizierten Biomassemengen von 2020 (Basisjahr) bis 2045 unter Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren.

Das Gesamtaufkommen sinkt bis zum Jahr 2030 um ca. 2 Ma.-% aufgrund der Abfallvermeidungsmaßnahmen, die im Abfallwirtschaftskonzept von Berlin aufgeführt oder durch nationale Strategien festgelegt sind. Sie betreffen die Küchen- und Nahrungsmittelabfälle aus privaten Haushalten, Lebensmittelabfälle und Speisereste aus Gastronomie und Handel sowie von Altholz. Gegenüber dem Bezugsjahr 2020 wird für das Jahr 2030 ein Rückgang der getrennt erfassten Küchen- und Nahrungsmitteln (inkl. Eigenkompostierung) um 1,3 kg/E,a, bzw. der über den Restmüll gesammelten Küchen- und Nahrungsmittelabfällen um 6,7 kg/Ew,a prognostiziert. Die absolute Menge an Lebensmittelabfällen und Speiseresten reduziert sich im selben Zeitraum in Folge der Abfallvermeidung um 50 Ma.-% von ca. 77.400 Mg/a auf ca. 53.200 Mg/a. Beim Altholz, das im Jahr 2020 ca. 55 Ma.-% der holzigen Biomasse ausmacht, bewirkt der Einflussfaktor Abfallvermeidung bis 2030 einen Rückgang um ca. 6 Ma.-%.



¹ erzeugte Klärgasmenge aus Klärschlammfäulung (2020): ca. 24,6 Mio. m³/a, Verwertung über BHKW mit Wärmenutzung für Eigenbedarf, Überschuss ungenutzt.

Bild 5-1: Mengenprognose der biogenen Abfall- und Reststoffe für den Zeitraum von 2020 (Basisjahr) bis 2045.

Ebenfalls kommt es bis 2030, aufgrund der bei der Umweltministerkonferenz (UMK) gesetzten Zielwerte zur Reduktion der Organik im Restabfall, zu einer Verlagerung von Biomasse aus dem Haus- und Geschäftsmüll in die Biotonne. Gegenüber dem Jahr 2020 sollen ca. 50 Ma.-% der im Restabfall enthaltenen Organik getrennt über die Biotonne erfasst werden. Dies entspricht im Durchschnitt einer Menge von ca. 5 kg/E,a, die jährlich über einen 10-Jahres-Zeitraum in die Biotonne umzulenken ist. Infolgedessen, aber auch aufgrund des Bevölkerungswachstums erhöht sich die über die Biotonne getrennt erfasste Menge an Küchen- und Gartenabfällen zunächst um Faktor 2,1 auf ca. 257.000 Mg/a (2025) und schließlich um Faktor 2,7 auf ca. 323.000 Mg/a (2030).

Ab 2030 steigt das Gesamtaufkommen bis zum Jahr 2045 um ca. 3 Ma.-% auf insgesamt 1,18 Mio. Mg/a an. Der treibende Faktor ist hierbei das Bevölkerungswachstum, welches Einfluss u.a. auf die o.g. Abfallarten hat. Außerdem steigen die Mengen an Rückständen aus dem Klärwerk mit der Bevölkerungsentwicklung zwischen den Jahren 2020 und 2045 durchschnittlich um 0,5 Ma.-% pro Jahr von 87.200 Mg/a (TM) auf 98.900 Mg/a (TM) an. Die Tiermistmengen bleiben in der Prognose konstant bei ca. 59.500 Mg/a. Die Zusammensetzung der Gesamtbiomasse bleibt im Zeitraum von 2030 bis 2045 unverändert.

Klimatische und städteplanerische Veränderung wirken insbesondere auf Baum- und Strauchschnitt, Laub und Mähgut von öffentlichen Grünanlagen. Die Entwicklung dieser Einflussfaktoren lassen sich nur schwer auf das Pflanzenwachstum bzw. -absterben und somit auf das Aufkommen einzelner Biomassearten beziehen. Der Zusammenhang zwischen einem erhöhten Aufkommen an holziger Biomasse infolge von Sturmschäden mit vorangegangene Trockenperioden besteht zwar. Doch das Ausmaß dieser Mengen hängt wiederum von Faktoren ab: z.B. dem Alter, der Wuchshöhe, der Gesundheit des Baumes, seines Standortes und des dort vorherrschenden (städtischen) Mikroklimas, vorangegangener Starkwetterereignissen, die bereits totes Astwerk zu Fall gebracht haben, etc. Diese Faktoren beeinflussen ebenfalls das an den Bäumen vorhandene Blattwerk und somit den möglichen Anfall an Laub. Darüber hinaus hängt das Aufkommen der durch diese Faktoren beeinflussten Biomassen stark von der städteplanerischen Klimaschutzstrategie des Landes Berlin ab. Ver- und Entsiegelung sowie die Wahl der Begrünungsart (Bäume, Sträucher, Wiese) sind ausschlaggebend für das Biomasseaufkommen insgesamt.

Aufgrund der Vielzahl an Variablen erfolgt für die Weichorganik sowie für Baum- und Strauchschnitt eine überschlägige Berechnung. Sie verfolgt den Ansatz, die Mengen für o.g. Biomassen zu halbieren bzw. zu verdoppeln, um einen Mengenkorridor zu bilden, in den die zukünftigen Mengen fallen könnten.

Der Anteil Baum- und Strauchschnitt und Stammholz und Stubben würde somit in einer Spannweite von ca. 20.000 Mg/a bis ca. 77.000 Mg/a liegen. Prozentual zum Gesamtaufkommen betrachtet sind es durchschnittlich zwischen 2 Ma.-% und 6 Ma.-%. Im Bezugsjahr 2020 bemisst sich das Aufkommen dieser Biomassen auf ca. 38.500 Mg/a, was einem prozentualen Anteil am Gesamtbiomasseaufkommen von rund 3 Ma.-% entspricht.

Der Mengenkorridor für die Weichorganik würde zwischen ca. 55.000 Mg/a und 220.000 Mg/a liegen, was einem prozentualen Anteil in Bezug zur Gesamtbiomasse von 5 Ma.-% bis 17 Ma.-% entspricht. Im Jahr 2020 sind ca. 107.800 Mg/a Weichorganik angefallen. Der prozentuale Anteil am Gesamtaufkommen bemisst sich auf ca. 9 Ma.-%. Ob und wenn ja, wann und in welchem Ausmaß sich die Mengen dieser Biomassen zukünftig aufgrund klimatischer und städteplanerischer Einflüsse verändern, kann im Rahmen dieser Studie nicht näher prognostiziert werden.

6 Verwertungskapazitäten für Biomasse in und um Berlin

Derzeit sind in Berlin 13 energetische Verwertungsanlagen für Biomasse von sechs verschiedenen Betreibern in Betrieb (siehe Bild 6-2, Tabelle 11-3 im Anhang). Die BWB betreiben zum Stand 2023 fünf Klärwerke mit BHKW und eine Klärschlammverbrennungsanlage (KSVa) mit einem Wirbelschichtofen. Der in diesen Anlagen aus Klärschlamm und anteilig auch Fettabscheiderinhalten über Faulgas generierte Strom sowie die Wärme werden zur Deckung des Eigenbedarfs der Klärwerke genutzt. Erzeugter Strom aus der Rohschlammverbrennung in Ruhleben wird ins Netz eingespeist, Wärme kann nicht extern genutzt werden. Im Jahr 2020 wurden ca. 211.000 Mg feuchter Klärschlamm (ca. 168.300 Mg Rohschlamm aus Ruhleben und 43.000 Mg Fremdschlamm) in Ruhleben verwertet. Die BSR hat in Ruhleben eine Biogasanlage für Bioabfall (BSR Biogas West) in Betrieb, die Biomethan erzeugt, das ins Gasnetz eingespeist wird. Biogut bzw. Organik im Haus- und Geschäftsmüll wird zudem zusammen mit anderen Abfällen im MHKW-Ruhleben der BSR mitverbrannt, wobei aus dem entstehenden Dampf über eine Turbine (Betreiber Vattenfall) Strom und Fernwärme erzeugt wird. Zusammen wurden in den beiden Anlagen der BSR im Jahr 2020 mehr als 325.000 Mg Biomasse verwertet. Fernwärme für das Wärmenetz wird auch durch die Verwertung von Holziger Biomasse vom HHKW der BTB in Neukölln (ca. 250.000 Mg eingesetzte Biomasse in 2020) und von zwei Vattenfall-Heizkraftwerken (ca. 100.000 Mg eingesetzte Biomasse in 2020) produziert. In einer Fettaufbereitungsanlage werden Inhalte aus Fettabscheidern verarbeitet, um Biodiesel herzustellen.

Neben den bestehenden Anlagen befinden sich weitere Verwertungsanlagen für Biomasse in Planung (siehe Bild 6-2). Zudem sollen zwei bestehende Anlagen erweitert werden. Für die KSVa Ruhleben der BWB ist eine Kapazitätserweiterung von 211.000 Mg/a auf 240.000 Mg/a geplant. Im Jahr 2025 wird eine neue Klärschlammverbrennungsanlage in Waßmannsdorf in Betrieb genommen, die jährlich 270.000 Mg/a gefaulten Klärschlamm aus den sechs Klärwerken der BWB verwerten soll. Die BRAL plant eine eigene Speiseabfallvergärungsanlage für Speise- und Lebensmittelabfälle mit einer Kapazität von 75.000 Mg/a. Die BSR plant mit einer neuen Recyclinghalle in der Gradestraße zwei Anlagen, in denen Sperrmüll und Altholz durch moderne Technik sortiert und aufbereitet (Ersatzneubau der bisherigen Sperrmüll-Aufbereitungsanlage) und anschließend nicht recyclingfähiger Sortierrest in einem Biomasseheizkraftwerk energetisch genutzt werden soll. Die gewonnene Wärme soll in das Wärmenetz der Fernheizwerk Neukölln AG eingespeist werden. Voraussichtlich 2026 soll der Bau der Recyclinghalle beginnen, der Zeitpunkt der Inbetriebnahme und die Größe der Verwertungskapazitäten ist zurzeit nicht bekannt. Vattenfall plante durch die Transformation der Standorte Reuter West und Klingenberg die Verbrennung von Holziger Biomasse auf 450.000 Mg/a auszubauen (inkl. dem HKW Märkisches Viertel). Das HKW in Moabit sollte von 30.000 auf 42.000 Mg/a erweitert werden, sodass Vattenfall auf eine Gesamtkapazität von fast 500.000 Mg/a Holzige Biomasse gekommen wäre. Am 19.12.2023 verkaufte Vattenfall sein gesamtes Wärmegeschäft einschließlich der Vattenfall Wärme Berlin AG an das Land Berlin für rund 1,6 Milliarden Euro. Damit zieht sich der schwedische Energiekonzern vollständig aus dem deutschen Fernwärmegeschäft zurück. Die geplanten Maßnahmen zur Dekarbonisierung und Erreichung der Klimaneutralität bis spätestens 2045 sollen unter der neuen Besitzerin Berlin weitergeführt werden (PIA, 2023; Vattenfall, 2023). Konkrete Pläne sind aber noch nicht bekannt.

Schließlich plant der Tierpark Berlin Friedrichsfelde eine Biogasanlage, die bis zu 8.000 Mg/a Tiermist, Grünschnitt, Mähgut und Bioabfall verwerten kann.

Der BSR-Standort in Hennickendorf wird derzeit als Anlage zur Kompostierung von Berliner Bioabfällen und Laub genutzt. Es bestehen verschiedene Überlegung zum Ausbau und zur Erweiterung des Standortes zur Verwertung von Abfällen.

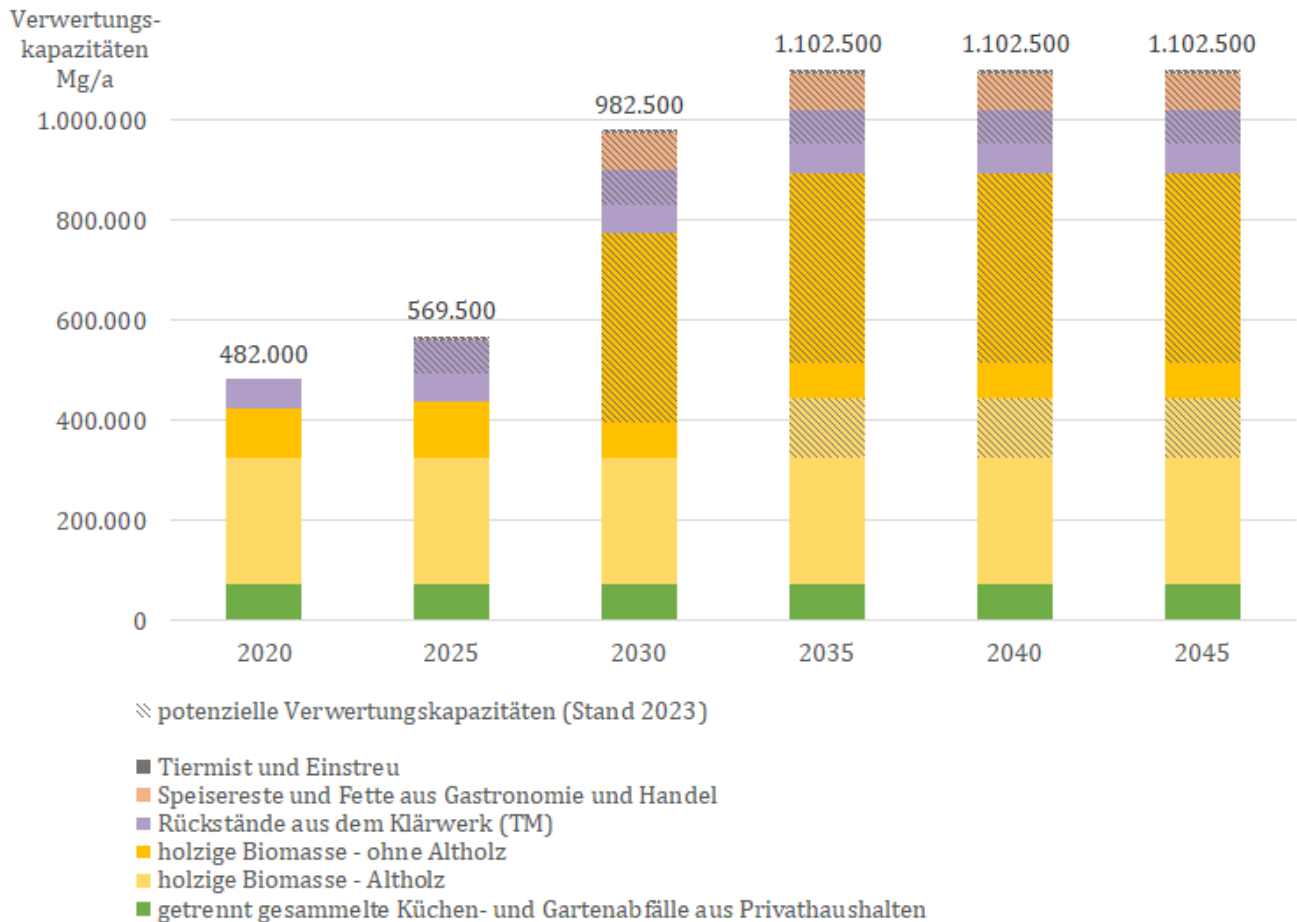
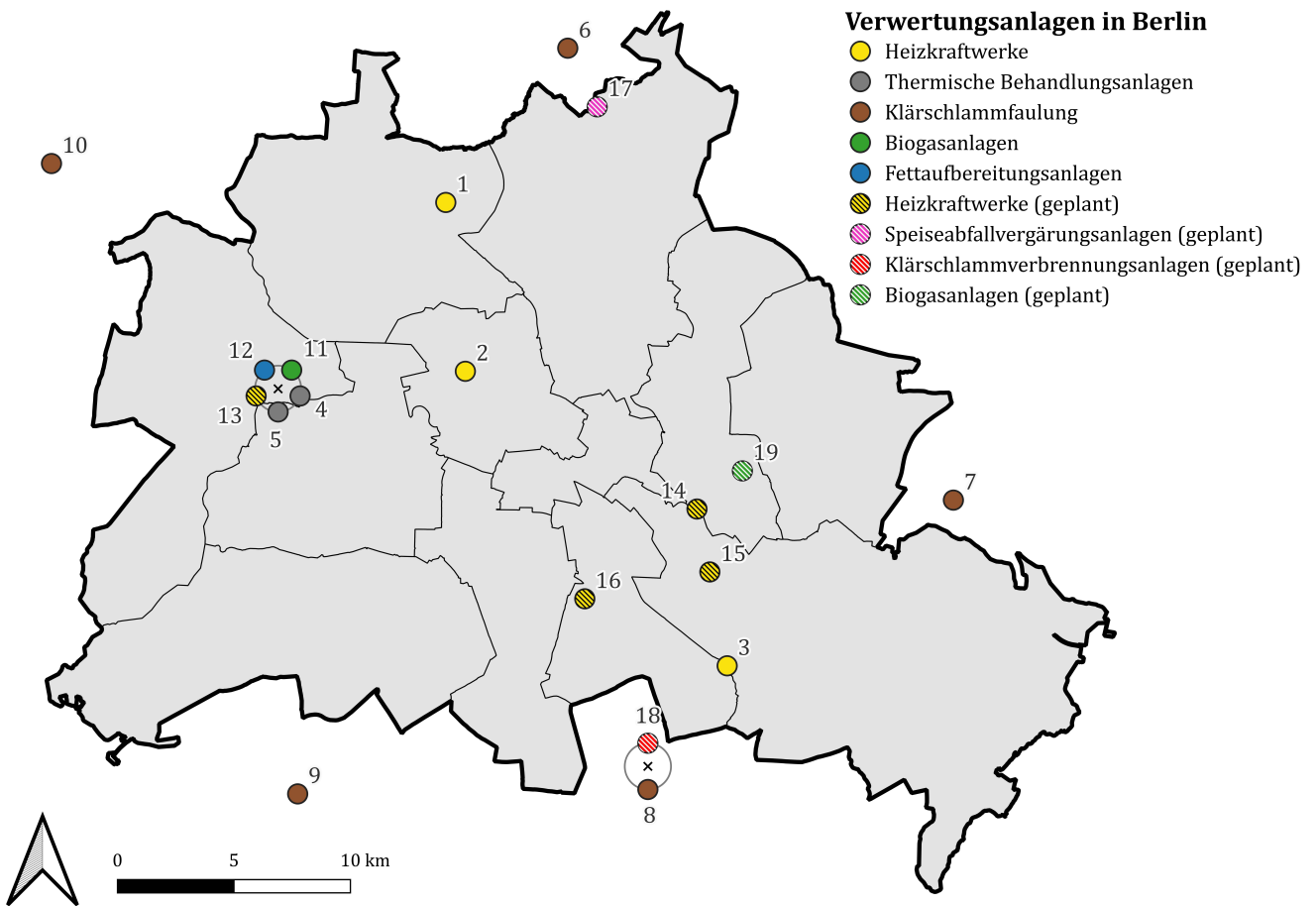


Bild 6-1: Entwicklung der energetischen Verwertungskapazitäten für Biomasse zwischen 2020 und 2045

Wie sich die beschriebenen geplanten Maßnahmen auf die Verwertungskapazitäten konkret auswirken, wird im Bild 6-1 deutlich. Nach dem derzeitigen Stand werden sich in den nächsten Jahren die Verwertungskapazitäten für Biomasse in Berlin und Umgebung mehr als verdoppeln. In den nächsten Jahren zeigt sich die Erhöhung zunächst in der erweiterten Klärschlammverwertung der BWB und im Einsatz u.a. von Tiermist in der neuen Biogasanlage im Tierpark bis 2025. In den darauffolgenden Jahren werden sich die Verwertungskapazitäten vor allem durch den erweiterten Einsatz von Holziger Biomasse ohne Altholz sowie Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel bereits bis 2035 auf ca. 1.102.500 Mg/a von 481.000 Mg/a im Jahr 2020 erhöhen.



Betreiber der bestehenden und geplanten Verwertungsanlagen in und um Berlin

Vattenfall	1, 2, 13, 14	BSR	4, 11, 16
BTB	3, 15	BWB	5, 6, 7, 8, 9, 10, 18
Feigel Umwelt-Service GmbH	12	BRAL	17
Tierpark Berlin	19		

Bild 6-2: Lage, Art und Betreiber der Biomasse-Verwertungsanlagen in und um Berlin (Stand 2023)

7 Szenarien der Potenzialerschließung und Stoffstromlenkung mit THG-Bilanzierung

Basierend auf der in Kapitel 4 erfolgten Einstufung des Biomassepotenzials hinsichtlich seiner Erschließbarkeit (bereits erschlossen (BEP)/zukünftig potenziell erschließbar (ZEP)/nicht erschließbar (NEP)), wird an dieser Stelle eine weitere Differenzierung auf Ebene der Verwertungsart vorgenommen:

- Biomasse, die für eine Vergärung geeignet ist – dazu zählen vornehmlich Bioabfälle, Speisereste und Fette, Mähgut sowie Tiermist – werden im Themenfeld 1 betrachtet (s. Kapitel 7.1). Das bei dem Vergärungsprozess entstehende Biogas kann als Energieträger in Blockheizkraftwerken für die Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt oder zu Erdgasqualität aufgereinigt und ins Netz eingespeist werden.
- Im Themenfeld 2 (s. Kapitel 7.2) hingegen werden Biomassen betrachtet, die grundsätzlich als Brennstoff einsetzbar sind und somit einer direkten energetischen Verwertung zugeführt werden können. Das betrifft vor allem holzige und andere ligninhaltige Biomasse wie Laub oder gefaute/getrocknete Klärschlämme¹⁵.

Entsprechend dieser Unterteilung werden für die jeweilige Mengenentwicklung des bereits erschlossenen und zukünftig erschließbaren Biomasse(teil-)potenzials im Zeitraum von 2020 bis 2045 je zwei Mengenszenarien erstellt, die eine Sensitivitätsbetrachtung einzelner Biomassearten erlauben. Grundvoraussetzung für die Erschließung der identifizierten Biomassepotenziale für eine Nutzung zur Energieerzeugung ist gezwungenermaßen eine Stoffstromumlenkung, die einerseits auf Ebene des Verwertungsweges und andererseits auf Ebene des Erfassungssystems ansetzt und durch die Szenarien abgebildet werden soll. Entsprechende Maßnahmen und Instrumente zur Potenzialerschließung werden anschließend in Kapitel 8 hergeleitet.

Neben der Betrachtung der Massenpotenziale wird der Energiegehalt der jeweiligen Teilpotenziale mit ausgewiesen.

In Kapitel 7.3 erfolgt die Gegenüberstellung der Biomassepotenziale aus den betrachteten Szenarien und den im Zeitraum zwischen 2020 und 2045 bestehenden und voraussichtlich verfügbaren Verwertungs-kapazitäten.

7.1 Themenfeld 1: Zur Vergärung geeignete Biomasse

Dieses Themenfeld befasst sich mit den Biomassearten, die prinzipiell für eine Vergärung geeignet sind. Entsprechend der für diese Studie definierten Obergruppen handelt es sich hierbei um

- getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten,
- Weichorganik ohne Laub,
- Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel ohne Altfette sowie
- Tiermist,

die zusammen im Basisjahr 2020 ein **vergärbares Biomassepotenzial in Höhe von rd. 366.000 Mg/a** ergeben (Bild 7-1). Etwa die Hälfte entfällt dabei auf getrennt gesammelten Küchen- und Gartenabfälle aus Haushalten, von denen ca. ein Drittel eigenkompostiert wird. Des Weiteren setzt sich das vergärbare

¹⁵ Dass gefaute/getrocknete Klärschlämme einer Verbrennung zugeführt werden, hängt primär mit der gesetzlich vorgeschriebenen Phosphorrückgewinnung zusammen, wobei die Rückgewinnung aus Asche eine der Möglichkeiten darstellt. Die Nutzung der dabei entstehenden Abwärme zur Einspeisung in Wärmenetze ist eher ein zweitrangiges Ziel.

Biomassepotenzial aus je rund 15 % Weichorganik bzw. Tiermist und zu 20 % aus Speiseresten und Fetten aus Gastronomie und Handel zusammen.

41 Ma.-% dieses vergärbaren Biomassepotenzials (ca. 149.000 Mg/a) sind **bereits** über den Verwertungsweg der Vergärung für die Nutzung zur Energieerzeugung **erschlossen**. Dabei handelt es sich um einen Anteil der getrennt gesammelten Küchen- und Gartenabfälle aus der BIOGUT-Sammlung der BSR sowie um Speiseabfälle und Fette aus Gastronomie und Handel. **59 Ma.-%** des vergärbaren Biomassepotenzials werden derzeit jedoch anderweitig **ohne Energieerzeugung verwertet**: (Eigen-)Kompostierung von Küchen- und Gartenabfällen aus Haushalten und von Weichorganik, Ausbringung von Tiermist oder Verbleib von Mähgut auf (teilweise landwirtschaftlichen genutzten) Flächen zur Düngung bzw. Mulchung vor Ort. Daraus ergibt sich das ZEP. Der nicht erschließbare Anteil (NEP) ergibt sich aus rund 1.400 Mg/a Mähgut (< 0,5 Ma.-%), die als Futtermittel eingesetzt werden und somit der vorrangigen hochwertigen stofflichen Verwertung zugeführt werden.

In der als vergärbare identifizierte Biomasse steckt insgesamt ein **Energiegehalt von ca. 240 GWh** (s. Bild 7-1, unten). Gegenüber der Zusammensetzung des Massenpotenzials unterscheidet sich die des Biogaspotenzials entsprechend der Höhe des Biogaspotenzials der einzelnen Stoffgruppen. Somit tragen die Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel (aufgrund des hohen spezifischen Biogasertrages) geringfügig mehr zum gesamten Biogaspotenzial bei als beispielsweise die Küchen- und Gartenabfälle aus Haushalten oder Tiermist. Demnach sind bereits 44 % des Biogaspotenzials (ca. 110 GWh/a) für die Energieerzeugung erschlossen; für 55 % des Biogaspotenzials (ca. 130 GWh/a) steht die Erschließung und Nutzung noch aus. 1 % bzw. 1 GWh des Biogaspotenzials sind energetisch nicht nutzbar.

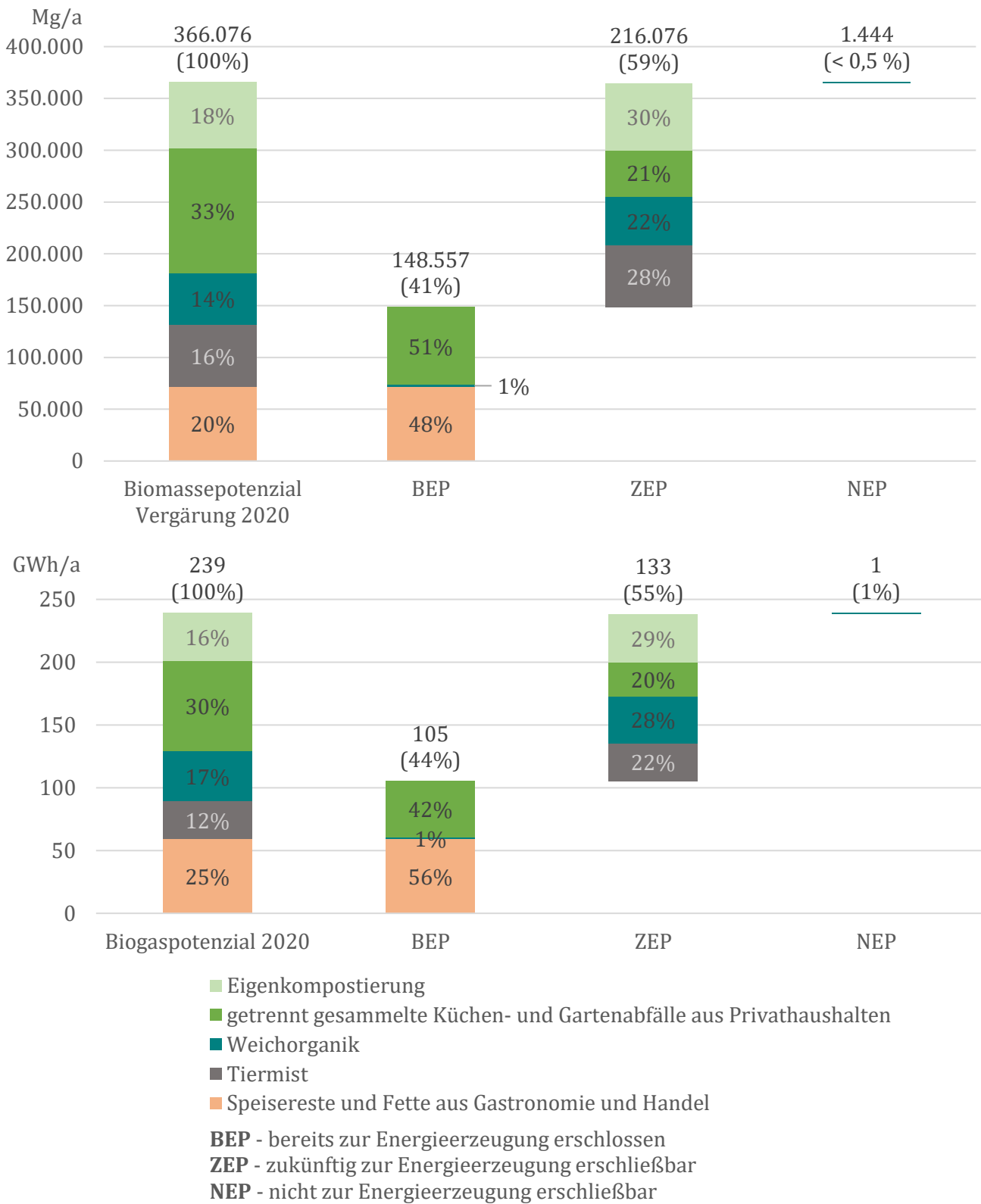


Bild 7-1: Vergärbares Biomasse- (oben) und Biogaspotenzial (unten) in Berlin mit Einstufung der Erschließbarkeit zur Energieerzeugung, 2020

7.1.1 Mengenentwicklung des als zur Energieerzeugung erschließbar eingestuften, vergärbaren Biomassepotenzials

Die Mengenentwicklung für das zukünftig vergärbare Biomassepotenzial basiert auf den in Kapitel 5 prognostizierten Mengen, unter der zusätzlichen Annahme, dass die Verwertungswege und Mengen des BEP sowie des NEP über den Zeitraum von 2020 bis 2045 konstant bleiben.

Als Kriterium für die Randbedingungen der Szenarien wird die Stärke, mit der die Biomassearten in ihren derzeitigen Verwertungswegen gebunden sind, herangezogen und soll als Maß für die Wahrscheinlichkeit der Stoffstromumlenkung verstanden werden. Somit werden in Szenario 1a lediglich die „schwach gebundenen“ Biomassen berücksichtigt, die sich perspektivisch entweder aufgrund ihres kommunalen Herkunftsbereiches oder einer konkreten Planung sehr wahrscheinlich mobilisieren lassen oder bereits für eine Nutzung zur Energieerzeugung erschlossen sind. In Szenario 1b hingegen werden zusätzlich auch die „stark gebundenen“ Biomassen betrachtet, deren Mobilisierung durch Stoffstromumlenkung mit deutlich größerem Aufwand verbunden ist. Dieser hängt einerseits mit dem Eingriff in privatwirtschaftliche Strukturen, andererseits mit der Veränderung des Trennverhaltens der Berliner Bevölkerung zusammen.

Die Mengenentwicklung in den Szenarien ergeben somit ein minimales bzw. maximales vergärbaren Biomassepotenzial.

7.1.1.1 Szenario 1a „Vergärung Light“: Mengenentwicklung der schwach gebundenen Biomasse

Zum schwach gebundenen, vergärbaren Biomassepotenzial zählen einerseits Mengen, die bereits einer Verwertung zur Energieerzeugung zugeführt werden oder Mengen, die leichter als andere in diesen Verwertungsweg umgelenkt werden können. Letztere sind in Bild 7-2 durch Schraffur gekennzeichnet. Es handelt sich um folgende Biomassen und Herkunftsbereiche:

- **Getrennt erfasste Küchen- und Gartenabfälle – Biogut (Anteil)**
werden über die BIOGUT-Tonne der BSR erfasst und derzeit aufgrund von mangelnder Anlagenkapazitäten zur Vergärung in einfachen offenen Kompostierungsanlagen behandelt.
- **Weichorganik ohne Laub – Mähgut und Grünschnitt**
aus den öffentlichen Grünanlagen inkl. Friedhöfen der Bezirke. Die Pflege der öffentlichen Grünanlagen fällt entweder in die Verantwortung der Bezirke oder der landeseigenen Gesellschaft Grün Berlin. Die Mengen werden derzeit in einfacher offener Kompostierung behandelt oder vor Ort gemulcht.
- **Weichorganik ohne Laub – Straßenbegleitgrün**
vom öffentlichen Straßenrand, erfasst durch die BSR. Die Menge wird derzeit in einfachen offenen Kompostierungsanlagen behandelt.
- **Tiermist inkl. Einstreu**
aus dem Zoologischen Garten Berlin und Tierpark Berlin-Friedrichsfelde. Diese planen eine gemeinsame Biogasanlage zur Verwertung des in Zoo und Tierpark anfallenden Tiermists. Laut Aussage eines Planungsverantwortlichen soll die Biogasanlage bereits 2024 in Betrieb genommen werden.

Ausgehend vom Basisjahr 2020 entwickelt sich das schwach gebundene, vergärbare Biomassepotenzial bis ins Jahr 2030 rückläufig von ca. 230.000 Mg/a auf ca. 210.000 Mg/a. Grund dafür ist der in der Prognose bis 2030 angesetzte Zielwert zur Vermeidung von Küchen- und Nahrungsmittelabfällen aus Privathaushalten sowie Gastronomie und Handel. Analog sinkt auch der Energiegehalt bzw. das in der Biomasse enthaltene Biogaspotenzial im selben Zeitraum um 8 % von ca. 160 GWh/a auf 145 GWh/a. Zwischen 2030 und 2045 steigt das Biomassepotenzial - und somit auch das Biogaspotenzial - wieder leicht auf ca. 220.000 Mg/a bzw. ca. 150 GWh/a an, was dem Bevölkerungswachstum zuzuschreiben ist. Das NEP kann an dieser Stelle vernachlässigt werden.

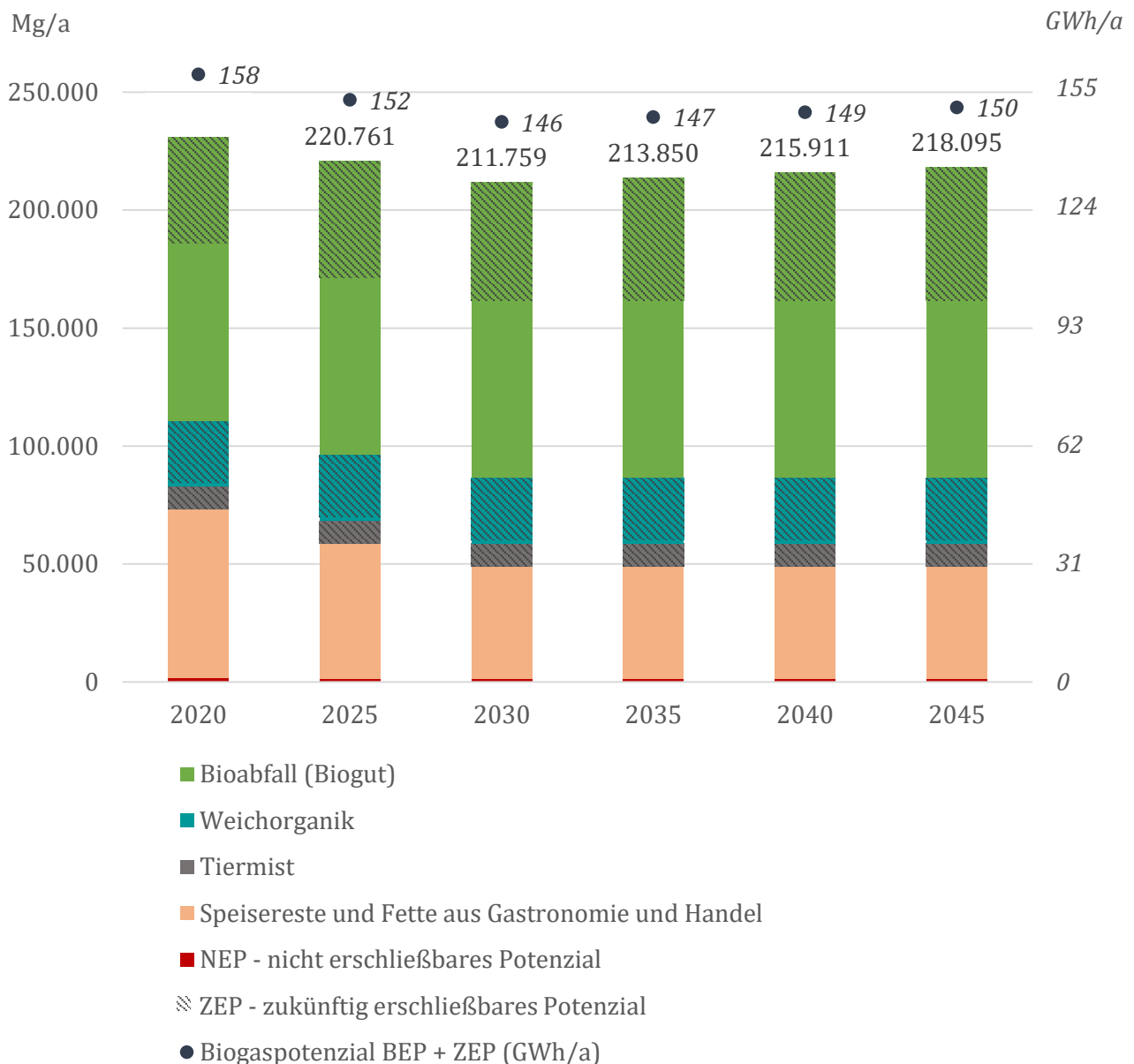


Bild 7-2: Szenario 1a – Vergärung light: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der „schwach gebundenen“ Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045

7.1.1.2 Szenario 1b „Vergärung intense“: Mengenentwicklung der schwach und stark gebundenen Biomasse

Zusätzlich zu der schwach gebundenen, vergärbaren Biomasse, die im Szenario 1a (Kapitel 7.1.1.1) betrachtet wird, erfolgt an dieser Stelle die Darstellung der Mengenentwicklung des gesamten vergärbaren Biomassepotenzials – unter Einbeziehung der stark gebundenen Biomasse. Die stark gebundene Biomasse umfasst die folgenden Biomassearten und Herkunftsbereiche:

- **Organik aus dem Haus- und Geschäftsmüll – umlenkbarer Anteil**
soll gemäß der im Rahmen der Umweltministerkonferenz festgelegten Zielwerte in die Biotonne umgelenkt werden. Dies setzt zum einen ein flächendeckendes Angebot der Biotonne und zum anderen die Bereitschaft der Berliner*innen voraus, Bioabfälle sortenrein und getrennt an der Anfallstelle, also in den Haushalten, zu sammeln. Im Berliner Innenstadtbereich liegt dafür das größte Potenzial und gleichzeitig die größte Herausforderung für den Vollzug.
- **Getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle – Eigenkompostierung**
werden insbesondere im Berliner Außenbezirken in privaten Haus- und Kleingärten eigenständig kompostiert; ein Anschluss an die BIOGUT-Tonne der BSR ist bei rund einem Drittel der im Außenbereich lebenden Personen nicht gegeben (bezogen auf alle Berliner Einwohner*innen sind es ca. 6 %). Im Rahmen von Projekten der SENMVKU wurde in der Vergangenheit verstärkt in den Außenbezirken auch für die Getrenntsammlung geworben, um so das vorhandene Potenzial zumindest teilweise zu heben.
- **Weichorganik ohne Laub – Mähgut und Grünschnitt**
die von den Rasenflächen der kommunalen Wohnungsbaugesellschaften und über privatwirtschaftliche GaLaBau-Betriebe gesammelt und kompostiert wird (ca. 57 Ma.-% der gesamten Weichorganik), Mähgut von den Rasenflächen des Flughafens Berlin-Brandenburg (BER), welches auf den Flächen als Mulchmaterial verbleibt (ca. 38 Ma.-% der gesamten Weichorganik), sowie Kleinmengen aus dem Botanischen Garten, von den Grünflächen der Freien Universität und von den begrüneten Gleisanlagen der BVG (ca. 6 Ma.-% der gesamten Weichorganik), die höchstwahrscheinlich ebenfalls kompostiert werden. Durch die Umnutzung des ehemaligen Flughafen-geländes Tegel, das im Bezugsjahr 2020 noch als Brachfläche (daher nicht im Scope dieser Studie) ab 2035 aber teilweise als Grünfläche zu werten ist, fallen dort ab dem Jahr 2035 zusätzlich ca. 1.200 Mg/a Mähgut an.
- **Weichorganik ohne Laub – Erntereste**
verbleiben als Mulchmaterial auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen (Berlin).
- **Tiermist inkl. Einstreu**
stammt vornehmlich aus den Berliner Reitstätten (ca. 96 Ma.-%), zu denen u.a. die Trabrennbahnen Karlshorst und Mariendorf zählen, sowie aus der Berliner Tierklinik der Freien Universität Berlin.

Für das Jahr 2020 ergibt sich auf Basis der ermittelten Ergebnisse ein vergärbare Biomassepotenzial von ca. 370.000 Mg/a, dem ein Energiegehalt von ca. 240 GWh/a innewohnt. Während die prognostizierten Potenziale für Tiermist und Weichorganik ohne Laub in dieser Betrachtung bis ins Jahr 2045 konstant bleiben, sinkt das Potenzial der Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel infolge des

festgelegten Vermeidungsansatzes für Lebensmittel bis ins Jahr 2030 und bleibt dann bis 2045 konstant. Im Bereich der getrennt gesammelten Küchen- und Gartenabfälle aus Haushalten überlagern sich drei Einflussfaktoren: Vermeidung von Küchen- und Nahrungsmittelabfällen, Reduktion der Organik im Haus- und Geschäftsmüll durch Umlenkung in die Biotonne und Bevölkerungsanstieg. Letzterer ist ab 2030 alleiniger Faktor für den Anstieg des Biomassepotenzials von ca. 533.000 Mg/a auf 550.000 Mg/a, während die Umlenkung der Organik aus dem Haus- und Geschäftsmüll in die Biotonne die maßgebliche Ursache für den Anstieg des Biomassepotenzials um ca. 46% zwischen 2020 und 2030 darstellt.

Der Energiegehalt des Biomassepotenzials steigt im Zeitraum zwischen 2020 und 2030 ebenfalls stark an. Aufgrund der veränderten Zusammensetzung des Biomassepotenzials im Jahr 2030 ggü. 2020 hin zu einem höheren Anteil an Biomasse mit eher mittleren Biogaserträgen (höhere Anteile an Gartenabfällen), liegt der prozentuale Anstieg des Energiegehaltes mit ca. 340 GWh/a nur bei ca. 42 %. Bis ins Jahr 2045 erhöht sich dieser um weitere 3 % auf ca. 350 GWh/a.

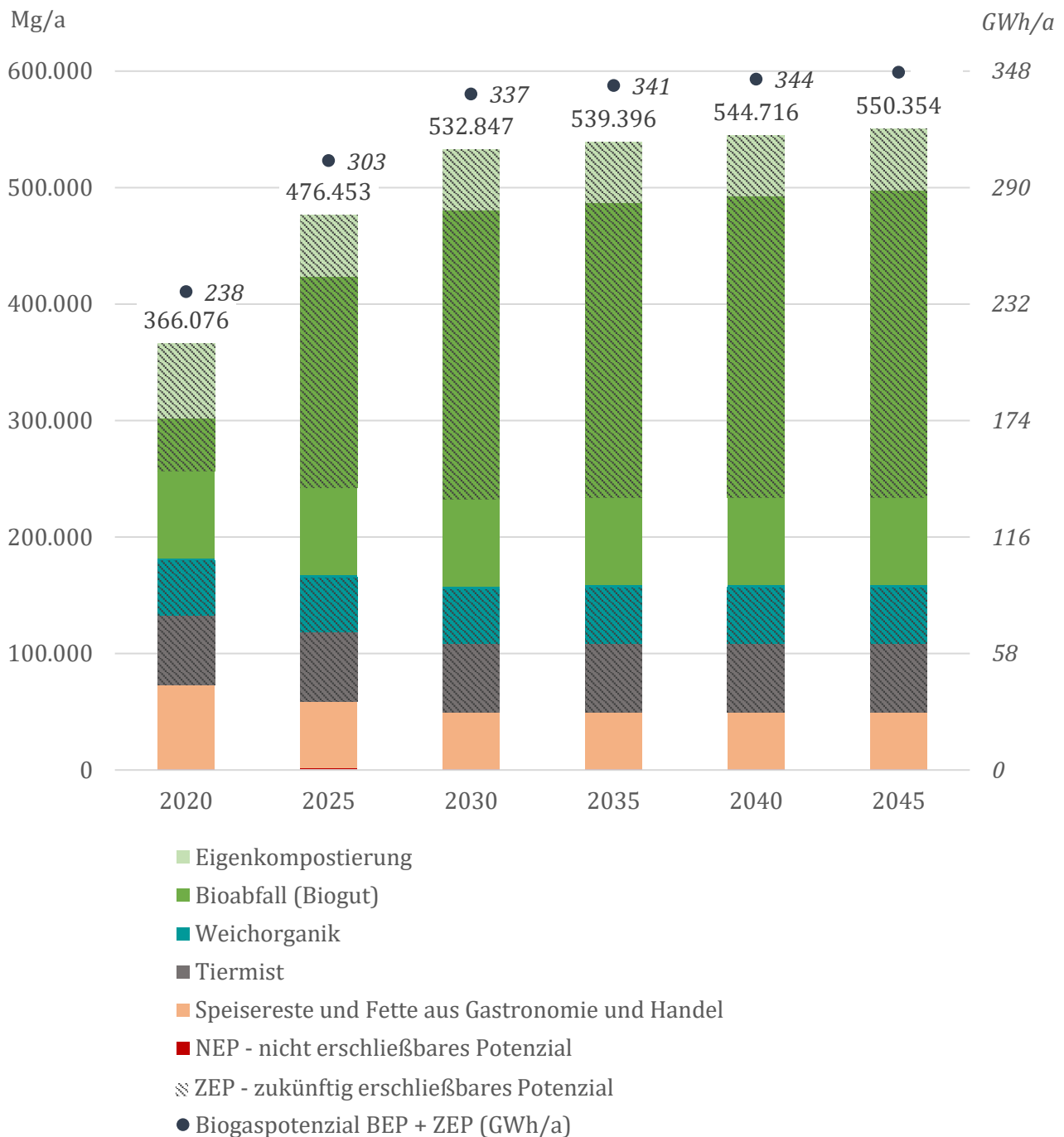


Bild 7-3: Szenario 1b – Vergärung intense: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der schwach und stark gebundenen Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045

7.2 Themenfeld 2: Als Brennstoff geeignete Biomasse

Für eine Verwertung als Brennstoff in Energieerzeugungsanlagen geeignete Biomassen sind in den für diese Studie definierten Obergruppen zusammengefasst, entstammen jedoch unterschiedlichen Herkunftsbereichen:

- **holzige Biomasse**

darunter getrennt gesammeltes Altholz (53 Ma.-%) der Altholz-Kategorien AI bis AIII, Altholz der Kategorie A IV (18 Ma.-%) u.a. aus der Sammlung der BSR und der Berliner Holzkontore, Baum- und Strauchschnitt sowie Stammholz und Stubben maßgeblich von den öffentlichen Grünflächen der Berliner Bezirke (15 Ma.-%), Holz aus Vorbehandlungsanlagen (12 Ma.-%) und Holz aus Sperrmüll und Weihnachtsbäume jeweils aus der Sammlung der BSR (2 Ma.-%). Rund 93 Ma.-% der holzigen Biomasse wird derzeit einer energetischen Verwertung zugeführt.

- **Laub**

aus der Straßensammlung der BSR (58 Ma.-%) und aus der Anlieferung in Laubsäcken an den BSR-Recyclinghöfen (10 Ma.-%), sowie Laub, welches auf den öffentlichen Grünflächen der Bezirke anfällt¹⁶ (ca. 12 Ma.-%), sowie Mähgut und Laub als Gemisch vornehmlich von den Böschungen der Gleisanlagen der DB (20 Ma.-%), das aus Sicherheitsgründen jedoch nicht mobilisierbar ist und damit als nicht erschließbares Potenzial eingestuft ist. Bis auf einen geringen Anteil den Bezirken Mitte und Treptow-Köpenick entstammend, wird das Laub derzeit kompostiert oder verbleibt als Mulchmaterial auf den Flächen, sodass sich hieraus ein Potenzial für eine zukünftige Erschließung zur Verwertung mit Energieerzeugung ergibt.

- **Rückstände aus dem Klärwerk**

umfasst sowohl die ungefaulten als auch die gefaulten und teilweise getrockneten Klärschlämme sowie das aus der Berliner Kanalisation stammende Rechengut der Berliner Wasserbetriebe. Klärschlamm wird derzeit vollständig energetisch verwertet entweder in einer Klärschlammverbrennungsanlage oder in Form von Mitverbrennung in Zement- und Kraftwerken.

- **Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel – Altfette**

aus Restaurants und Imbissen, die derzeit zu Biodiesel aufbereitet und als Brennstoff eingesetzt werden und damit fossile Kraftstoffe substituieren und potenziell CO₂-Emissionen reduzieren. Hinsichtlich des Einsatzes in einer Energieerzeugungsanlage spielen sie hingegen eine untergeordnete Rolle.

Das für den Einsatz als Brennstoff geeignete **Biomassepotenzial in Höhe von ca. 405.000 Mg/a** setzt sich im Jahr 2020 hauptsächlich aus holziger Biomasse (63 Ma.-%), den Rückständen aus dem Klärwerk (22 Ma.-%) und Laub (14 Ma.-%) zusammen (Bild 7-4). Lediglich 1 Ma.-% entfällt auf die Altfette.

Ca. 331.000 Mg/a bzw. 82 Ma.-% des Biomassepotenzials sind bereits für eine Verwertung zur Energieerzeugung erschlossen, während weitere ca. 16.000 Mg/a bzw. 4 % aus Sicherheitsgründen nicht von den Gleisanlagen der Deutschen Bahn geborgen werden können und somit nicht erschließbar sind. Es verbleiben 58.000 Mg/a bzw. 14 Ma.-% - davon ca. drei Viertel Laub und ein Viertel holzige Biomasse, die potenziell für eine künftige energetische Verwertung zur Verfügung stehen (Bild 7-4).

Der Energiegehalt des als Brennstoff geeigneten Biomassepotenzials liegt insgesamt bei 1.380 GWh/a, von denen ca. 76 % auf die holzige Biomasse, 14 % auf die Rückstände aus dem Klärwerk und je 4 % auf die Altfette und Laub entfallen (Bild 7-4). Da der Heizwert von holziger Biomasse und Altfetten hoch bzw. sehr hoch und der von Laub und Klärschlamm vergleichsweise niedrig ist, tragen diese Biomassen in

¹⁶ Wie in Kapitel 2.3.3.2 beschrieben, wurde für das Gemisch Mähgut und Laub eine virtuelle Trennung im Verhältnis von 75 % Mähgut und 25 % Laub vorgenommen.

unterschiedlichem Maße zum Gesamt-Energiegehalt bei. Somit sind auf Ebene des Energiegehalts 93 % des Potenzials bereits erschlossen und lediglich 2 % des Potenzials nicht erschließbar. Potenziell zusätzlich erschließbar wären ca. 81 GWh/a, die zu rund 40 % in holziger Biomasse stecken.

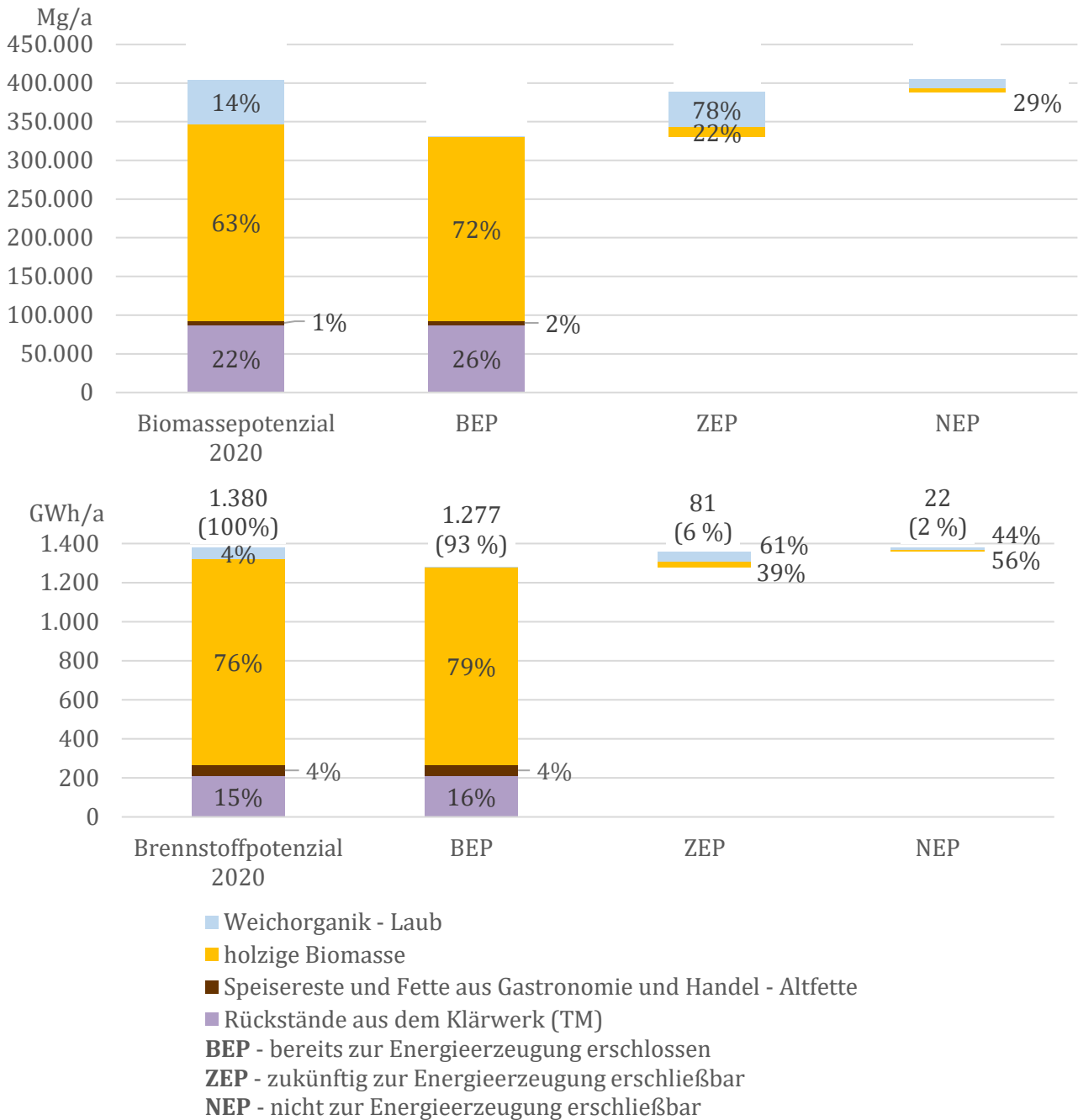


Bild 7-4: Als Brennstoff geeignetes Biomasse- (oben) und Brennstoffpotenzial (unten) mit Einstufung der Erschließbarkeit zur Energieerzeugung in Berlin, 2020

7.2.1 Mengenentwicklung des als zur Energieerzeugung erschließbar eingestuften und als Brennstoff geeigneten Biomassepotenzials

Die Mengenentwicklung für das als Brennstoff geeigneten Biomassepotenzials basiert auf den in Kapitel 5 prognostizierten Mengen, unter der zusätzlichen Annahme, dass die Verwertungswege und Mengen des bereits erschlossenen Potenzials sowie des nicht erschließbaren Potenzials für alle Biomassearten mit Ausnahme von stofflich verwertbarem Altholz über den Zeitraum von 2020 bis 2045 unveränderlich sind.

Durch die Szenarien soll der Einfluss einer verstärkten vorrangigen stofflichen Verwertung von geeignetem Altholz deutlich gemacht werden. Jeweils 20 % der prognostizierten Mengen für das durch die BSR und die Holzkontore getrennt gesammelte Altholz sowie für das in Vorbehandlungsanlagen aus gewerblichen Mischabfällen aussortierte Holz werden im Szenario 2a der stofflichen Verwertung zugeordnet, wodurch sich eine neue Aufteilung hinsichtlich des zur Energieerzeugung nutzbaren Biomassepotenzials ergibt (minimales Potenzial).

In Szenario 2b werden die Mengen und Verwertungswege des bereits erschlossenen und des nicht erschließbaren Potenzials entsprechend des derzeitigen Standes im Bezugsjahr 2020 unverändert fortgeschrieben (maximales Potenzial).

7.2.1.1 Szenario 2a „Brennstoff light“: Einfluss einer verstärkten vorrangigen stofflichen Verwertung von geeignetem Altholz auf die Mengenentwicklung des zur Energieerzeugung als Brennstoff nutzbaren Biomassepotenzials

Das als Brennstoff einsetzbare Biomassepotenzial steigt über den Zeitraum von 2020 bis 2045 nur geringfügig um 4 Ma.-% von ca. 405.000 Mg/a auf ca. 420.000 Mg/a an. Ursächlich dafür ist der in der Mengenprognose in Kapitel 5 zugrunde gelegte proportionale Zusammenhang zwischen ansteigender Bevölkerungszahl und dem Aufkommen an Altholz und Holz, welches an den BSR-Recyclinghöfen bzw. über die Sperrmüllsammlung der BSR anfällt, sowie dem Aufkommen an Klärschlamm und Rechengut. Der gegenläufige Ansatz zur Vermeidung von holzigen Abfällen aus den privaten Haushalten bis 2030 wird hierbei überlagert.

Für eine energetische Verwertung nutzbar sind hingegen nur ca. 390.000 Mg/a im Jahr 2020. Mit der Annahme, dass ab 2022 20 Ma.-% des getrennt gesammelten Altholzes von der BSR und den Holzkontoren sowie des aus Vorbehandlungsanlagen stammenden Holzes für eine stoffliche Verwertung geeignet ist (durchschnittlich ca. 33.000 Mg/a), reduziert sich das zur Energieerzeugung nutzbare Potenzial um ca. 8 % ggü. dem Bezugsjahr 2020.

Durch die anteilig angenommene stoffliche Verwertung und aufgrund des im Vergleich zu anderen Biomassen vergleichsweise hohen Heizwertes für Holz sinkt das nutzbare Energiepotenzial im Jahr 2025 um 10 % ggü. 2020 von ca. 1.360 GWh/a auf ca. 1.220 GWh/a. Wegen des Mengenanstiegs von Klärschlamm und holziger Biomasse bis ins Jahr 2045 erhöht sich der Energiegehalt insgesamt um 2 % auf ca. 1.250 GWh/a.

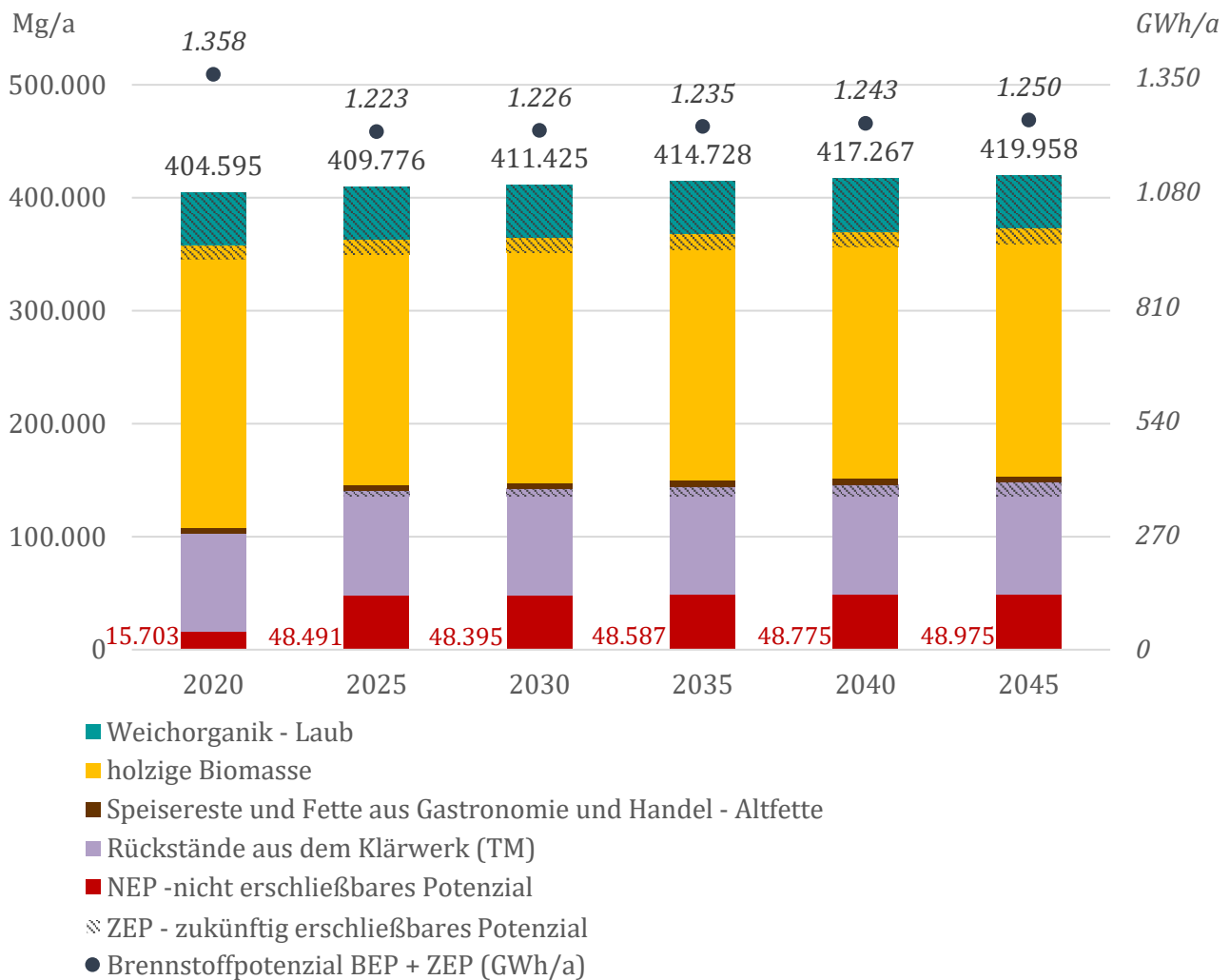


Bild 7-5: Szenario 2a – Brennstoff light: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der als Brennstoff geeigneten Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045 unter dem Einfluss einer gesteigerten stofflichen Verwertung von Altholz

7.2.1.2 Szenario 2b „Brennstoff intense“: Mengenentwicklung des als Brennstoff geeigneten Biomassepotenzials ohne den Einfluss der anteilig angenommenen verstärkten stofflichen Verwertung von getrennt gesammelten Altholz

Die für das Jahr 2020 ermittelten und entweder als bereits erschlossen oder nicht erschließbar eingestufte Potenziale werden in diesem Szenario unverändert fortgeschrieben. D.h., als Brennstoff geeignete Biomasse, die mit Stand 2020 bereits energetisch verwertet (bereits erschlossen) oder einer stofflichen Verwertung zugeführt wurde bzw. aus Sicherheitsgründen nicht mobilisiert werden konnte (nicht erschließbar), verbleibt in dieser Betrachtung auch zukünftig in diesem Verwertungsweg. Eine verstärkte stoffliche Verwertung geeigneter Biomassen findet hier keine Berücksichtigung.

Somit bleiben über den Zeitraum von 2020 bis 2045 ca. 15.700 Mg/a nicht erschließbar. Bezogen auf das nur geringfügig von 405.000 Mg/a im Jahr 2020 auf ca. 420.000 Mg/a im Jahr 2045 ansteigende Biomassepotenzial entspricht das einem prozentualen Anteil von rund 4 Ma.-% (Bild 7-6). Die für eine

energetische Verwertung potenziell nutzbare Menge steigt im betrachteten Zeitraum von ca. 390.000 Mg/a auf ca. 404.000 Mg/a an (ca. 4 Ma.-%), wofür die in Kapitel 7.2.1.1 genannten Punkte ursächlich sind. Vor allem durch den Mengenanstieg von Klärschlamm und holziger Biomasse nimmt auch der Energiegehalt der potenziell als Brennstoff nutzbaren Biomasse insgesamt im betrachteten Zeitraum von ca. 1.360 GWh/a auf 1.400 GWh/a zu (Anstieg um ca. 3 %).

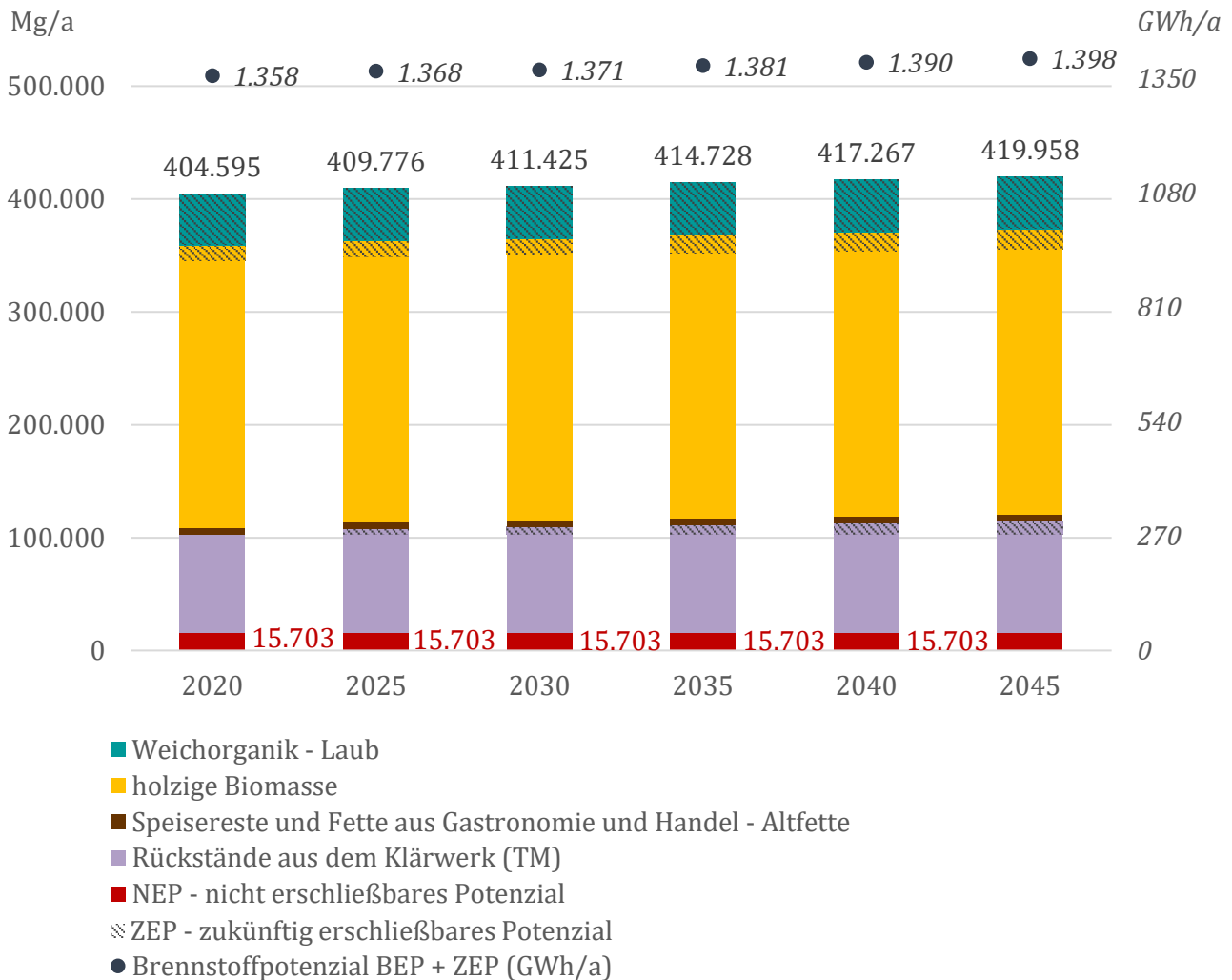


Bild 7-6: Szenario 2b – Brennstoff intense: Potenzialentwicklung (Masse und Energie) der als Brennstoff geeigneten Biomasse im Zeitraum von 2020 bis 2045 ohne den Einfluss einer gesteigerten stofflichen Verwertung von Altholz

7.3 Gegenüberstellung von Biomassepotenzialen und Berliner Verwertungskapazitäten bis 2045

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus den Szenarien (vgl. Kapitel 7.1 und 7.2) zusammengeführt und den voraussichtlich verfügbaren Verwertungskapazitäten in Berlin (vgl. Kapitel 6) für den Zeitraum von 2020 bis 2045 gegenübergestellt. Unterstellt wird in dieser Betrachtung, dass die derzeit bestehenden Kapazitäten in Berlin frei sind. Dies würde im Umkehrschluss bedeuten, dass sie die holzige

Biomasse, die derzeit zur Auslastung der Kapazitäten aus anderen Bundesländern und dem Ausland importiert wird, größtenteils durch in Berlin anfallende holzige Biomasse substituiert wird.

Das untere und obere Ende der Spannweite des ermittelten Biomassepotenzials (Kapitel 7.3.1 bzw. Kapitel 7.3.2) werden in den Szenarien getrennt voneinander betrachtet. Unter der Annahme, dass in Abhängigkeit der Verfügbarkeit geeigneter Verwertungskapazitäten die Biomasse anfallortsnah in Berlin verwertet wird, ergibt sich für die jeweiligen Biomassearten entweder ein Kapazitätsüberschuss oder ein Kapazitätsbedarf. Gleichzeitig wird der Energiegehalt des Biomassepotenzials (kumuliert aus den Szenarien 1a/2a „light“ und 1b/2b „intense“) sowie das für Berlin voraussichtlich ungenutzte Energiepotenzial ausgewiesen, sofern in Berlin anfallende Biomasse aufgrund von mangelnder Verwertungskapazitäten nicht für die Energieerzeugung in Berlin genutzt werden kann.

7.3.1 Minimales Biomassepotenzial

Ausgehend von den in den Szenarien 1a und 2a (Kapitel 7.1.1.1 und 7.2.1.1) betrachteten Biomassepotenzialen¹⁷, ergibt sich als Ausgangsbasis für das Jahr 2020 ein minimales **Biomassepotenzial von ca. 618.000 Mg/a** (Quelle, positiver Wert) mit einem **Energiegehalt von ca. 1.520 GWh/a** (siehe Bild 7-7).

Dem gegenüber steht im Jahr 2020 eine **Verwertungskapazität** (Senke, negativer Wert) von insgesamt **ca. 482.000 Mg/a**, die sich zu

- ca. 73 Ma.-% auf die Verwertung von holziger Biomasse mit einem Altholz-Anteil von ca. 71 %,
- ca. 16 Ma.-% auf die Verwertung von getrennt gesammelten Bioabfällen, sowie
- ca. 12 Ma.-% auf die Verwertung von Rückständen aus dem Klärwerk (Klärschlamm) bezieht (siehe Bild 7-7).

Im Saldo ergibt sich trotz des insgesamt höheren Aufkommens durch die gebundenen Verwertungswege der Teilmengen daraus einerseits ein **Kapazitätsüberschuss von insgesamt ca. 100.000 Mg/a** für holzige Biomassen. Dieser besteht sowohl für Altholz (ca. 36 Ma.-%) als auch für naturbelassenes Holz oder Frischholz (ca. 64 Ma.-%). Das würde also bedeuten, dass die in Berlin anfallende holzige Biomasse den Materialbedarf zur Auslastung der Verwertungskapazitäten nicht allein decken kann und zusätzlich Mengen importiert werden müssten.

Die vorhandenen Verwertungskapazitäten für getrennt gesammelte Bioabfälle sowie für Klärschlamm 100 %-ig nutzend, resultiert auf der anderen Seite ein **Kapazitätsbedarf** von insgesamt ca. **236.000 Mg/a** (entspricht ca. 38 % des hier betrachteten Biomassepotenzials) für die anfallsortsnah Verwertung von Biomasse aus Berlin. Der Energiegehalt dieser Biomasse, die aus getrennt gesammelten Bioabfällen (19 %), Mähgut und Laub (31 %), Klärschlamm (13 %), Speisereste- und Lebensmittelabfälle (33 %) sowie Tiermist (4 %) besteht, bemisst sich auf ca. **190 GWh/a** (entspricht ca. 13 % des gesamten Energiepotenzials). Diese Energiepotenzial bleibt aufgrund mangelnder Verwertungskapazitäten für Berlin **ungenutzt**.

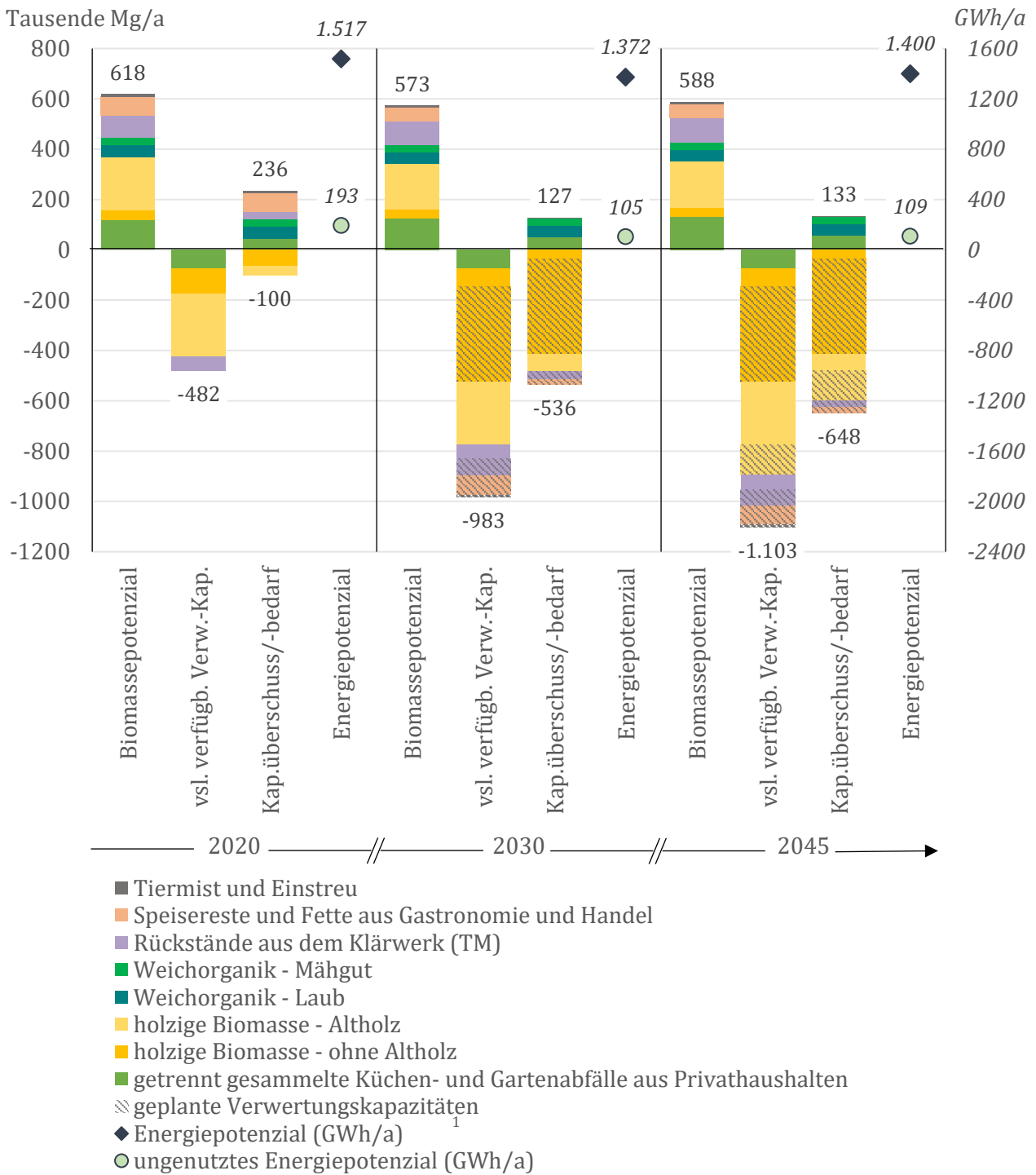
Dies verändert sich, sobald weitere Verwertungskapazitäten für o.g. Biomassearten bis zum Jahr 2045 in Berlin realisiert würden. So würde sich beispielsweise das Verhältnis von ungenutztem zu verfügbarem Energiepotenzial von 13 % über 11 % im Jahr 2025 auf 8 % im Jahr 2030 aufgrund zusätzlich geplanter

¹⁷ Die Biomassepotenziale beziehen sich einerseits auf die vergärbare, schwach im derzeitigen Verwertungsweg gebundene und somit vergleichsweise leicht erschließbare Biomasse und andererseits auf die als Brennstoff geeignete Biomasse, die unter Berücksichtigung einer anteilig angenommenen verstärkten stofflichen Verwertung noch als Brennstoff zur Verfügung steht.

Kapazitäten für die Verwertung von Klärschlamm (Klärschlammverbrennungsanlage der BWB) und Tiermist (Biogasanlage des Tierparks Berlin-Friedrichsfelde) bzw. für Speisereste und Lebensmittelabfälle (Vergärungsanlage der BRAL) reduzieren (siehe Bild 7-7). Durchschnittlich steht ab 2030 ein Energiepotenzial in Höhe von 107 GWh/a zur Verfügung, welches aufgrund der fehlenden anfallortsnahen Verwertungskapazitäten für Berlin ungenutzt bleibt.

Der **Bedarf** an geeigneten Anlagenkapazitäten zur **hochwertigen und energieerzeugenden Verwertung** in Berlin bemisst sich durchschnittlich bis ins Jahr 2045 auf ca. **130.000 Mg/a** und betrifft getrennt gesammelte Bioabfälle (ca. 40 %), Mähgut (ca. 37 %), Laub (ca. 22 %) sowie Tiermist (ca. 1 %).

Auf der anderen Seite steigt der **Kapazitätsüberschuss**, insbesondere für holzige Biomasse, auf insgesamt ca. **536.000 Mg/a** (2030) bzw. ca. **648.000 Mg/a** (2045) infolge des Infrastrukturausbaus zur Nutzung von Biomasse (naturbelassenes Holz bzw. Frischholz (Vattenfall) oder Altholz (BSR)) an. Um eine Auslastung dieser geplanten Kapazitäten zu gewährleisten, müsste holzige Biomasse importiert werden.



Anmerkung: Durch die Gegenüberstellung des Berliner Biomassepotenzials und den in Berlin (vrs.) verfügbaren Verwertungskapazitäten ergibt sich ein Kapazitätsüberschuss (negativer Wert) bzw. ein Kapazitätsbedarf (positiver Wert), sobald das Biomasseaufkommen kleiner bzw. größer ist als die in Berlin verfügbaren Verwertungskapazitäten. Hierbei bleibt die tatsächliche Auslastung bzw. die freien Restkapazitäten der Bestandsanlagen unberücksichtigt.

Bild 7-7: Gegenüberstellung des minimalen Biomassepotenzials (Mengen aus Szenario 1a/2a) mit den voraussichtlich verfügbaren Verwertungskapazitäten in Berlin für den Zeitraum von 2020 bis 2045

7.3.2 Maximales Biomassepotenzial

Ausgehend von den in den Szenarien 1b und 2b (Kapitel 7.1.1.2 und 7.2.1.2) betrachteten Biomassepotenzialen, ergibt sich als Ausgangsbasis für das Jahr 2020 ein maximales **Biomassepotenzial von ca. 754.000 Mg/a** (Quelle, positiver Wert) mit einem **Energiegehalt von ca. 1.600 GWh/a** (siehe Bild 7-8). Dem gegenüber steht im Jahr 2020 eine **Verwertungskapazität** (Senke, negativer Wert) von insgesamt **ca. 482.000 Mg/a**, die sich zu

- ca. 73 Ma.-% auf die Verwertung von holziger Biomasse mit einem Altholz-Anteil von ca. 71 %,
- ca. 16 Ma.-% auf die Verwertung von getrennt gesammelten Bioabfällen, sowie
- ca. 12 Ma.-% auf die Verwertung von Rückständen aus dem Klärwerk (Klärschlamm) bezieht (siehe Bild 7-8).

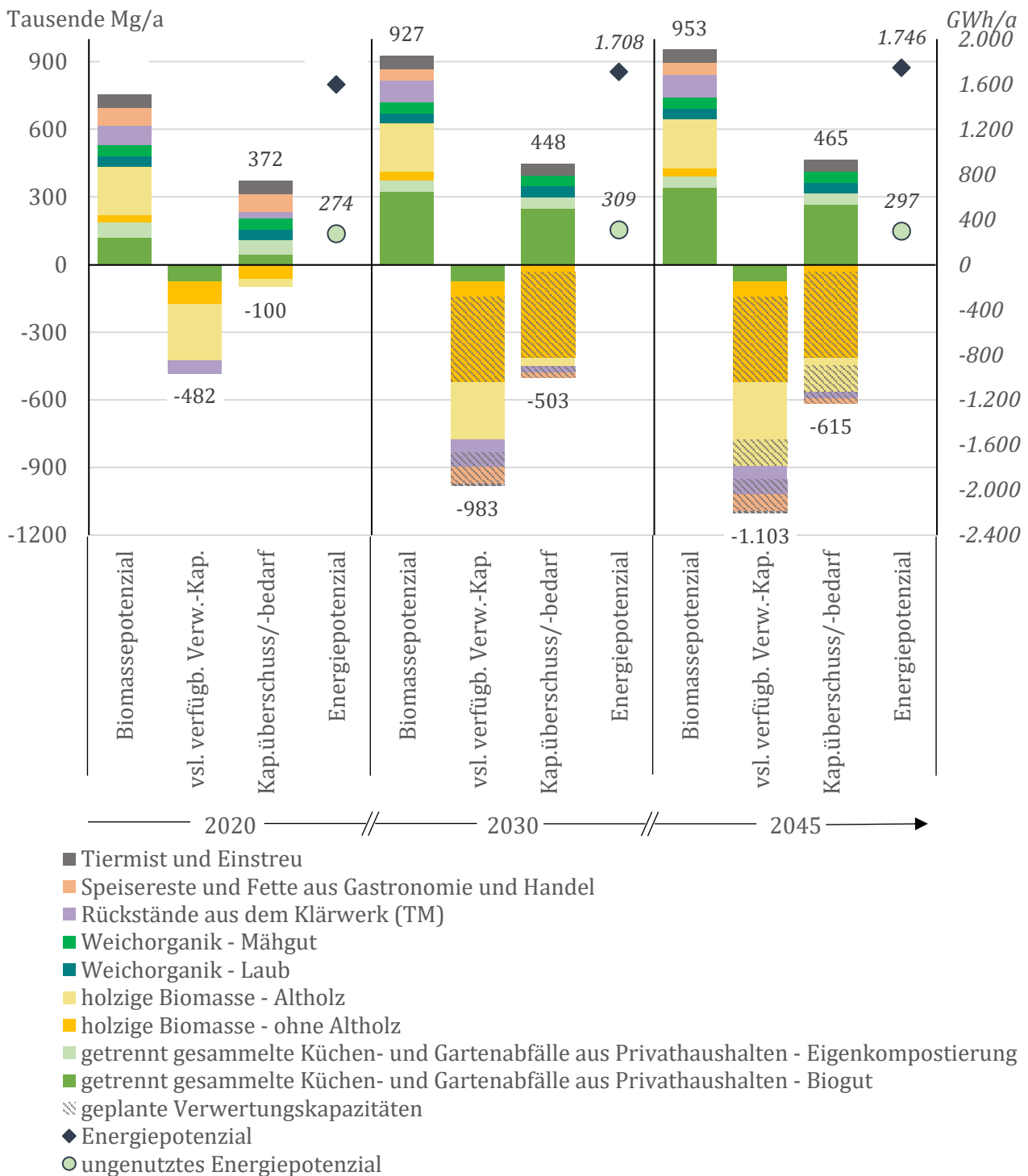
Während die bestehenden Verwertungskapazitäten für getrennt gesammelte Bioabfälle sowie für Klärschlamm vollständig genutzt werden, ergibt sich im Saldo aus Biomassepotenzial und verfügbaren Verwertungskapazitäten ein **Kapazitätsüberschuss von insgesamt ca. 100.000 Mg/a** für die Verwertung von holziger Biomasse. Der Kapazitätsüberschuss besteht sowohl für Altholz (ca. 36 Ma.-%) als auch für naturbelassenes Holz oder Frischholz (ca. 64 Ma.-%), das, um die Kapazitäten zu decken, importiert werden müsste.

Auf der anderen Seite zeichnet sich ein **Kapazitätsbedarf** in Höhe von ca. **372.000 Mg/a** für die Verwertung von in Berlin anfallender Biomasse ab. D.h. für etwa die Hälfte des hier betrachteten Biomassepotenzials, darunter getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle inkl. derer aus Eigenkompostierung (29 %), Mähgut und Laub (26 %), Klärschlamm (8 %), Speisereste- und Lebensmittelabfälle (21 %) sowie Tiermist (16 %), fehlt eine Verwertungsmöglichkeit in Berlin. Durch eine Verwertung mit Energieerzeugung außerhalb Berlins bliebe für Berlin ein Energiepotenzial in Höhe von ca. **270 GWh/a ungenutzt** (entspricht ca. 17 % des gesamten Energiepotenzials aus in Berlin anfallender Biomasse).

Ausgehend von den in dieser Betrachtung zu Grunde gelegten Annahmen, steigt die Menge der Biomasse, die aufgrund der nicht vorhandenen Verwertungskapazitäten nicht anfallsortsnah verwertet werden kann, auf ca. 465.000 Mg/a im Jahr 2045 an (Kapazitätsbedarf). Relativ betrachtet, besteht weiterhin für ca. 50 % des Biomassepotenzials ein Bedarf nach einer geeigneten hochwertigen Verwertung in Berlin. Ohne entsprechende Verwertungskapazitäten in Berlin würden bis ins Jahr 2045 durchschnittlich ca. 17 % des in der Biomasse enthaltenen Energiepotenzials ungenutzt bleiben, was durchschnittlich ca. 300 GWh/a entspricht.

Die bis ins Jahr 2045 voraussichtlich in Berlin verfügbaren, zusätzlichen Verwertungskapazitäten sind zu 77 % für holzige Biomasse geeignet (darunter 19 % für Altholz), zu 12 % für Speisereste und Lebensmittelabfälle und zu 10 % für Klärschlamm sowie zu 1 % für Tiermist. Allerdings können die zusätzlichen Kapazitäten insbesondere für holzige Biomasse nicht durch das Aufkommen aus Berlin gedeckt werden. Im Gegensatz dazu besteht bis ins Jahr 2045 ein steigender Bedarf an Verwertungskapazitäten vor allem für getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle (inkl. Eigenkompostierung¹⁸), der sich von ca. 109.000 Mg/a im Jahr 2020 auf ca. 317.000 Mg/a im Jahr 2045 beinahe verdreifacht und somit fast 70 % der insgesamt erforderlichen Verwertungskapazitäten einnimmt. Jeweils ca. 10 % bzw. ca. 47.000 Mg/a, ca. 49.000 Mg/a und 51.000 Mg/a des Kapazitätsbedarfs entfallen auf Laub, Mähgut und Tiermist.

¹⁸ Der Anteil Eigenkompostierung sinkt dabei von ca. 60 % im Jahr 2020 auf ca. 17 % im Jahr 2045.



Anmerkung: Durch die Gegenüberstellung des Berliner Biomassepotenzials und den in Berlin (vrsl.) verfügbaren Verwertungskapazitäten ergibt sich ein Kapazitätsüberschuss (negativer Wert) bzw. ein Kapazitätsbedarf (positiver Wert), sobald das Biomasseaufkommen kleiner bzw. größer ist als die in Berlin verfügbaren Verwertungskapazitäten. Hierbei bleibt die tatsächliche Auslastung bzw. die freien Restkapazitäten der Bestandsanlagen unberücksichtigt.

Bild 7-8: Gegenüberstellung des maximalen Biomassepotenzials (Mengen aus Szenario 1b/2b) mit den voraussichtlich verfügbaren Verwertungskapazitäten in Berlin für den Zeitraum von 2020 bis 2045.

7.4 Exkurs: Alternative Verwertungstechniken für Biomasse zur Energieerzeugung

Neben den etablierten Verwertungswegen (insb. energetische Verwertung und Vergärung) stellt sich bei einer Betrachtung der zukünftigen Entwicklung von Verwertungskapazitäten für Biomasse in Berlin die Frage, inwiefern sich in den nächsten Jahren alternative Verfahren zur Behandlung von Biomassen etablieren könnten und somit zu berücksichtigen sind.

Die Forschung im Bereich der hochwertigen Verwertung von Biomassen verfolgt aktuell eine Vielzahl von verschiedenen Verfahrensansätzen. Zu diesen Ansätzen gehören beispielsweise hydrothermale Verfahren (Carbonisierung, Verflüssigung, Vaporisierung), spezielle Fermentationsverfahren (Milchsäurefermentation, Aceton-Buanol-Ethanol Fermentation), aber auch insektenbasierte Technologien zur Verwertung von Biomasse. Diese und ähnliche Technologien werden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht weiter untersucht, da ihr technologischer Reifegrad bisher nicht nachgewiesen wurde und ihre Umsetzung in Deutschland bisher nicht in relevantem Maßstab erfolgt ist. Stattdessen wird hierzu auf Untersuchungen des Umweltbundesamtes verwiesen, die sich dezidiert mit alternativen Ansätzen zur hochwertigen Verwertung von Biomassen auseinandersetzen (UBA, 2021).

Zwei vielversprechende Verfahrensansätze, die zudem auch kurzfristig eine mengenmäßige Relevanz erreichen könnten und von denen eines in Berlin bereits Anwendung findet, werden nachfolgend kurz dargestellt, auch um die nachfolgende Diskussion zu Handlungsempfehlungen vorzubereiten.

7.4.1 Herstellung von Biokohle

Biokohle ist ein festes, kohlenstoffreiches Material, welches durch die Pyrolyse von Biomasse in einer sauerstofflimitierten Umgebung entsteht (Zozmann und Lenk, 2023). Dieses Verfahren, bekannt als Karbonisierung, führt zur Umwandlung der organischen Ausgangsmaterialien in Biokohle (fest), Pyrolyseöl (flüssig) und Synthesegas (gasförmig). Da die Pyrolyse ohne Sauerstoff stattfindet, unterscheidet sie sich von einer herkömmlichen Verbrennung (Roberts et al., 2010). Hierbei wird der in der Biomasse gespeicherte Kohlenstoff thermisch stabilisiert, wodurch Biokohle Potenzial für die langanhaltende Bindung von Kohlenstoff bietet und somit als Technologie für negative Emissionen angesehen werden kann (Schmidt et al., 2019). Im Prozess der Karbonisierung wird neben der Erzeugung von Biokohle auch Wärmeenergie freigesetzt, die sowohl für die Beheizung von Gebäuden als auch als Prozesswärme eingesetzt werden kann. Durch die Integration in Nahwärmenetze können fossile Brennstoffe substituiert und ein Beitrag zur Energiewende im Wärmesektor geleistet werden (Wagner, 2023).

Neben dem Kohlenstoff-Sequestrierungspotenzial weist Biokohle noch weitere positive Eigenschaften auf. Wird es bei der Kompostierung der Biomasse zugemischt, kann eine Reduzierung von Treibhausgasen um 20 – 40 % sowie von Geruch erreicht werden (Ma et al., 2013; Wagner et al., 2020). Darüber hinaus kann Biokohle als Mulchmaterial z. B. in Baumscheiben verwendet werden, um die Resilienz von Stadtbäumen gegenüber Hitzeperioden zu steigern. Dies geschieht durch die Verbesserung der Wasserhaltekapazität des Bodens und die mittelfristige Bereitstellung von Nährstoffen, die das Wachstum der Bäume unterstützen und zur urbanen Kühlung beitragen kann (Zeiser, 2023). Biokohle verbessert zudem durch ihre stabile und poröse Morphologie die Bodenstruktur und bildet ein Habitat für nützliche Mikroorganismen, was zu einer erhöhten Bodenfruchtbarkeit und gesünderen Pflanzen führt (Schmidt, 2011). Insgesamt weist Biokohle bei sinnvollem Einsatz nicht nur klimapositive Effekte auf, sondern kann auch nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken sowie städtisches Grünmanagement unterstützen.

Ein erwähnenswertes Beispiel für die Anwendung von Biokohle ist das CarboTIP-Projekt der Freien Universität Berlin im Tierpark Friedrichsfelde unter der Leitung von Dr. Robert Wagner. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde die Möglichkeit erforscht, wie Biokohlentechnologie genutzt werden kann, um organische Reststoffe zu verarbeiten. Ziel war es, das Abfallmanagement des Tierparks emissionsärmer und umweltfreundlicher zu gestalten und das CO₂-Sequestrierungspotenzial der Biokohlentechnologie für die Entsorgung von Berliner Abfällen aufzuzeigen. Durch die hochwertige Verwertung der im Tierpark anfallender Biomasse, vor allem Laub, Teile des Festmists und Ast- sowie Stammholz, kann ein geschlossener Kreislauf geschaffen werden, der sowohl zur Energieerzeugung als auch zur Reduzierung der Kohlenstoffkonzentration in der Atmosphäre beiträgt. Mit dem im Rahmen des Projektes angenommenen Szenario können im Tierpark durch die Wärmebereitstellung, Substitution von fossilen Energieträgern und die Sequestrierung von Kohlenstoff rund 15 % der Primärenergie und insgesamt 800 Mg CO₂-Äquivalente eingespart werden. (Wagner, 2023)

7.4.2 Erzeugung von Biokraftstoffen

Als Biokraftstoffe werden allgemein flüssige oder gasförmige Kraftstoffe bezeichnet, die aus Biomasse hergestellt werden. Sie werden oft in Biokraftstoffe erster, zweiter oder dritter Generation unterteilt. Die einzelnen Kategorien sind dabei nicht streng definiert und die Klassifizierung daher nicht eindeutig.

Biokraftstoffe erster Generation (konventionelle Biokraftstoffe) werden i.d.R. aus Fruchtkörpern von Pflanzen hergestellt, es wird also nicht die gesamte Pflanze verwendet. Der Großteil der Pflanze wird als Futtermittel eingesetzt. Zu den Biokraftstoffen der ersten Generation gehören Pflanzenölkraftstoff, Biodiesel und Bioethanol. Die Biokraftstoffe erster Generation stehen wegen dem Anbau von notwendigen Pflanzen wie Getreide, Zuckerrohr und Mais in Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln. Zur Herstellung von Biodiesel eignen sich hingegen auch alte Speisefetten, z.B. aus der Gastronomie. Dies reduziert einerseits Landnutzungskonflikte, ermöglicht andererseits aber die hochwertige Verwertung dieser Speisefette zu Biokraftstoff, der fossile Kraftstoffe substituieren und somit CO₂-Emissionen reduzieren kann. (Fehrenbach, 2019; Müller-Lohse, 2021)

Biokraftstoffe der zweiten Generation (fortschrittliche Biokraftstoffe) verwenden die Biomasse vollständig. Neben den eigens dafür angebauten Energiepflanzen können hier weitere Biomassearten wie Stroh, Holz oder organische Reststoffe verwendet werden. Biokraftstoffe der zweiten Generation konkurrieren damit nicht oder nur geringfügig mit der Produktion von Nahrungsmitteln. Die Verfahren sind technisch deutlich aufwendiger als die Verfahren zur Herstellung der Biokraftstoffe der ersten Generation. Zu den Biokraftstoffen der zweiten Generation gehören Biomethan („Bioerdgas“), BtL-Kraftstoffe („Biomass-to-liquid“, synthetische Biokraftstoffe), Cellulose-Bioethanol und Biokerosin. Biomethan ist derzeit als einziger Biokraftstoff der zweiten Generation wirtschaftlich. Zu den anderen Kraftstoffen existieren derzeit nur Pilotanlagen, die Forschung ist in vollem Gange. (Fehrenbach, 2019; Müller-Lohse, 2021)

Alle derzeit verfügbaren Biokraftstoffe der ersten und zweiten Generation sind in Tabelle 7-1 dargestellt:

Tabelle 7-1: Derzeit verfügbare Biokraftstoffe mit Kennwerten (Müller-Lohse, 2021)

	Pflanzenöl	Hydrierte Pflanzenöle (HVO)	Biodiesel	Bioethanol	Biomethan
Rohstoffe (Auswahl)	Rapsöl, andere Pflanzenöle	Pflanzenöle, pflanzliche und tierische Fette	Rapsöl, andere Pflanzenöle, tierische Fette	Zuckerrüben, Zuckerrohr, Getreide	Energiepflanzen, Gülle, org. Reststoffe
Kraftstoffäquivalent	1 l Rapsöl ersetzt 0,96 l Dieselkraftstoff	1 l HVO ersetzt 0,96 l Dieselkraftstoff	1 l Biodiesel ersetzt 0,91 l Dieselkraftstoff	1 l Bioethanol ersetzt 0,66 l Ottokraftstoff	1 kg Biomethan ersetzt 1,5 l Ottokraftstoff o. 1,3 l Dieselkraftstoff
Standardwerte für die Minderung von THG-Emissionen	57 % (reines Rapsöl)	47 % (hydriertes Rapsöl)	47 % (Rapsöl)	59 % (Zuckerrüben)	Stark abhängig von den eingesetzten Substraten

Biokraftstoffe der dritten Generation werden aus Mikroorganismen hergestellt (Mikroalgen, Hefe, Bakterien). Algen weisen eine deutlich höhere Biomasse-Produktivität pro Fläche auf als Pflanzen. Ob und wann die Verfahren zur Gewinnung von Biokraftstoffen der dritten Generation Marktreife erlangen werden, ist derzeit nicht absehbar. (Müller-Lohse, 2021; Schröter-Schlaack et al., 2019)

7.5 Zusammenfassung und Bewertung der Szenarien

Die in den vorangestellten Kapiteln betrachteten Szenarien ermöglichen eine Sensitivitätsbetrachtung zum Aufkommen einzelner Biomassearten und die Möglichkeit ihrer Stoffstromlenkung (Themenfelder 1 und 2) sowie der Auslastung der bestehenden Verwertungsanlagen insbesondere für holzige Biomasse. Diese spiegelt gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit wider, welchen Beitrag Biomasse tatsächlich für die Berliner Wärmewende leisten kann.

Im Ergebnis dieser Betrachtung entstehen sowohl ein minimales sowie ein maximales Biomasse- als auch Energiepotenzial.

Unter der Voraussetzung der tatsächlichen Realisierung der geplanten Anlagenkapazitäten bis zum Jahr 2035 ließe sich das minimale Biomassepotenzial (Szenario 1a/2a) ab dem Jahr 2020 zu 78 Ma.-% (entspricht einer Größenordnung von ca. 450.000 Mg/a) mit erhöhter Wahrscheinlichkeit für die Wärmeerzeugung in Berlin erschließen. Es handelt sich hierbei um Mengen, die bereits im Status Quo über einschlägige Sammelsysteme erfasst werden und überwiegend in kommunaler Hoheit liegen, was eine Stoffstromlenkung begünstigen dürfte. Würden über die geplanten Biomasseverwertungsanlagen hinaus weitere Kapazitäten insbesondere für die energetische Verwertung von Laub und die (Co-)Vergärung von Mähgut und Bioabfällen geschaffen werden, ließen sich potenziell auch die übrigen ca. 130.000 Mg/a bis zum Jahr 2045 erschließen.

Die Wahrscheinlichkeit, die Mengen des für vergärbare Biomasse (insb. Bioabfälle) als maximal ausgewiesenen Biomassepotenzials tatsächlich zu erreichen, wird zwar als gering eingeschätzt, ist jedoch vor dem Hintergrund der Kreislaufwirtschaft und des Ressourcenschutzes dringend erforderlich und gleichzeitig durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz vorgeschrieben. Dies betrifft außerdem die Stoffströme Altholz und Holz aus Vorbehandlungsanlagen, deren hochwertige stoffliche Verwertung (Szenario 2a) ggü. einer energetischen Verwertung (Szenario 2b) gesetzlich gefordert ist, sofern sie naturbelassen sind¹⁹. Durch die einschränkende Klausel bzgl. der technischen und wirtschaftlichen Zumutbarkeit unterliegt die Stoffstromlenkung marktwirtschaftlichen Gefällen. Insofern ist die Erschießung der im maximalen Biomassepotenzial-Szenario (2b) ausgewiesenen Mengen von holziger Biomasse insb. Altholz und Holz aus Vorbehandlungsanlagen wahrscheinlicher als davon auszugehen, dass die im minimalen Biomassepotenzial-Szenario (2a) berücksichtigte stoffliche Verwertung von ca. 20 % der Altholzmengen tatsächlich eintritt. Auf der anderen Seite ist die energetische Verwertung von Altholz ggü. der von Frisch- oder Waldrestholz aus Sicht des Ressourcenschutzes als sinnvoller zu erachten. Frisches naturbelassenes Holz sollte im Sinne der Nachhaltigkeit einen möglichst lang andauernden Stoffkreislauf durchlaufen, bevor es energetisch verwertet wird.

Das Energiepotenzial minimiert bzw. maximiert sich einerseits entsprechend der als Biomassepotenzial ausgewiesenen Mengen. Andererseits verändert es sich in Abhängigkeit der in Berlin verfügbaren freien Verwertungskapazitäten. So kann die in Berlin anfallende Biomasse, vor allem holzige Biomasse, mit einem gewissen Energiegehalt

- entweder in Bestandsanlagen anfallortsnah energetisch verwertet werden und die bisher zur Auslastung der Anlagen erforderlichen importierten (Alt-)Holzmengen substituieren und somit keinen Zugewinn an erneuerbarer Energie für Berlin leisten
- oder in Bestandsanlagen mit freien Kapazitäten bzw. in zusätzlich zu errichtenden Biomasseverwertungsanlagen zur Energieerzeugung verwertet werden und somit einen Beitrag zur Defossilisierung der Berliner Wärmeversorgung leisten.

Wie bereits erwähnt, unterliegt die Entsorgung insbesondere von holziger Biomasse Markt-Preisen. Hinzu kommt, dass ein mengenrelevanter Anteil durch privatwirtschaftliche Unternehmen entsorgt bzw. verwertet wird.. Insofern ist davon auszugehen, sofern auf freiwilliger Basis kein Abkommen mit dem Land Berlin vereinbart wurde, dass die zur Auslastung der Biomasseheizkraftwerke im Status Quo importierte holzige Biomasse auch weiterhin importiert wird. Folglich müsste die in Berlin anfallende Biomasse zusätzlichen Verwertungskapazitäten zugeführt werden. Mit der für das Jahr 2032 geplanten Bio-Energie-Anlage der BSR könnte das maximale Energiepotenzial für Berlin erschlossen werden.

In beiden Fällen jedoch verbleibt für den Zeitraum zwischen 2035 und 2045 auf energetischer Ebene ein ungenutztes Potenzial von ca. 105 GWh/a (minimales Biomassepotenzial) bis ca. 305 GWh/a (maximales Biomassepotenzial), welches nur durch die Schaffung geeigneter Verwertungskapazitäten in Berlin erschlossen werden und für die Berliner Wärmewende von Nutzen sein kann.

¹⁹ Holz aus Sperrmüll unterliegt grundsätzlich ebenfalls der Abfallhierarchie und ist vorrangig stofflich zu verwerten. In dem Szenario wird dieser Stoffstrom jedoch nicht berücksichtigt, da es sich um den Output der Sperrmüllsortieranlage der BSR handelt und aufgrund seiner Beschaffenheit energetisch verwertet wird.

THG-Einsparpotenziale für Szenarien

Für die untersuchten Szenarien wurden auch THG-Bilanzen ermittelt. Das Vorgehen zur Berechnung ist in Kapitel 2.4 beschrieben. Aus Konsistenzgründen und Gründen der Vergleichbarkeit (Ergebnisse Kap. 4.3) beziehen sich die Ergebnisse ausschließlich auf das Basisjahr 2020, sowohl für den Status Quo als auch für die Szenarien. Zu verstehen sind die THG-Ergebnisse „als wenn die Szenarien unmittelbar umgesetzt würden“.

Tabelle 7-2 zeigt die THG-Ergebnisse für das Themenfeld 1 („krautige Biomasse“). Insgesamt wird für die in 2020 betrachtete Menge in Höhe von 364.633 Mg im Status Quo ein Nettoentlastungspotenzial von -1.243 Mg CO₂-Äq erreicht. Für Fettabscheiderinhalte sowie Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle sind keine Änderungen angenommen, die Ergebnisse bleiben gleich. Im Szenario 1a sind für Mähgut sonstiger Herkunft und die Eigenkompostierung keine Änderungen angenommen, die Ergebnisse entsprechen denen im Status Quo. Insgesamt würde durch die angenommenen Umlenkungen zur Vergärung und damit gesteigerten energetischen Nutzung statt reiner Kompostierung oder Mulchung im Szenario 1a eine Steigerung des Nettoentlastungspotenzials um -14.514 Mg CO₂-Äq gegenüber dem Status Quo erreicht und im Szenario 1b um -32.171 Mg CO₂-Äq.

Tabelle 7-2: THG-Nettoergebnisse Themenfeld 1 (Basisjahr 2020)

Abfallart	Menge 2020	Status Quo	Szenario 1a	Szenario 1b
	in Mg	in Mg CO ₂ -Äq/a		
Fettabscheiderinhalte	23.465	-1.993	-1.993	-1.993
Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle	48.392	-1.589	-1.589	-1.589
Tiermist und Einstreu	9.500	+641	-443	-443
Pferdemist und Einstreu	49.969	+3.374	+3.374	-2.332
Grünschnitt Bezirke	1.428	+143	-146	-146
Mähgut Bezirke	22.895	+1.965	-2.333	-2.333
Mähgut sonstige Herkunft (GaLaBau, BER)	19.543	+1.240	+1.240	-1.991
Straßenbegleitgrün	3.675	+415	-337	-337
Bioabfall (Biogut)	120.093	-6.399	-14.490	-14.490
Bioabfall (Eigenkompostierung)	64.313	+960	+960	-7.760
Summe	364.633	-1.243	-15.758	-33.414

Tabelle 7-3 zeigt die THG-Ergebnisse für das Themenfeld 2 („holzige Biomasse“). Insgesamt wird für die in 2020 betrachtete Menge in Höhe von 388.892 Mg im Status Quo ein Nettoentlastungspotenzial von -209.233 Mg CO₂-Äq erreicht. Der Großteil der Biomassen ist bereits energetisch erschlossen und erfährt in den Szenarien keine Veränderung (Ergebnisse bleiben gleich). Dies gilt im Szenario 2b auch für getrennt gesammeltes Altholz und Holz aus Vorbehandlungsanlagen. Im Szenario 2a ist für diese beiden

Stoffströme dagegen angenommen, dass 20 % stofflich zu Spanplatten verwertet würden. Spanplatten werden konventionell i.d.R. aus Sägenebenprodukten hergestellt. Die daraus gegebenen THG-Belastungen liegen nur wenig höher als für Spanplatten, die aus Altholz hergestellt werden, so dass die Gutschrift und damit das Nettoentlastungspotenzial für diese Verwertung niedriger ist als die Gutschrift und das Nettoentlastungspotenzial für die energetische Verwertung im Basisjahr 2020. Aus diesem Grund liegt das gesamte Nettoentlastungspotenzial im Szenario 2a um 9.005 Mg CO₂-Äq niedriger als im Status Quo. Die ansonsten angenommenen Umlenkungen zur energetischen Verwertung für Baum- und Strauchschnitt, Laub sowie Organikabfall in Laubsäcken können die geringeren Gutschriften für die anteilige Verwertung zu Spanplatten nicht kompensieren. Im Szenario 2b, ohne die Annahme der anteiligen stofflichen Verwertung, würde eine Steigerung des Nettoentlastungspotenzials um -15.176 Mg CO₂-Äq gegenüber dem Status Quo erreicht.

Es gilt jedoch zu beachten, dass die Kaskadennutzung von Holz einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz leistet; es werden anteilig Flächen geschont und damit Biodiversitätsziele unterstützt. Außerdem gelten die THG-Ergebnisse für den Stand 2020. Mit zunehmender Defossilisierung sinken in der THG-Bilanz die Gutschriften für aus Abfall erzeugter Energie; mit Erreichen der Ziele nach dem Klimaschutzgesetz im Jahr 2045 sind keine Gutschriften mehr gegeben, der Wert muss Null werden.

Tabelle 7-3: THG-Nettoergebnisse Themenfeld 2 (Basisjahr 2020)

Abfallart	Menge 2020	Status Quo	Szenario 2a	Szenario 2b
	in Mg		in Mg CO ₂ -Äq/a	
AIV-Altholz	46.548	-36.157	-36.157	-36.157
Baum- und Strauchschnitt	34.289	-10.437	-16.850	-16.850
getrennt gesammeltes Altholz (BSR, Holzkontore)	135.977	-105.623	-86.266	-105.623
Holz aus Sperrmüll	2.798	-2.173	-2.173	-2.173
Holz aus Vorbehandlungsanlagen	28.629	-22.987	-18.163	-22.987
Stammholz- und Stubben	240	-138	-138	-138
Weihnachtsbäume	1.510	-294	-294	-294
Laub¹	40.618	2.053	-5.512	-5.512
Organikabfall in Laubsäcken	5.600	+247	-952	-952
Altfette	5.500	-14.844	-14.844	-14.844
Klärschlamm²	80.879	-16.252	-16.252	-16.252
Rechengut	6.304	-2.626	-2.626	-2.626
Summe	388.892	-209.233	-200.228	-224.410

1. Laub, Laub/Straßenlaub (BSR), Mähgut und Laub
2. Ungefaulter Klärschlamm, gefaulter Klärschlamm, gefault und getrockneter Klärschlamm – Menge in TS (Trockensubstanz)

Die THG-Ergebnisse für die Szenarien zeigen, dass eine Umlenkung krautiger Biomassen von einer reinen Kompostierung oder Mulchung zu einer kombinierten stofflichen und energetischen Verwertung (Vergärung) in jedem Fall einen Klimaschutzbeitrag leisten. Dies gilt auch künftig mit zunehmender Defossilisierung, da die energetische Nutzung bei der Vergärung zusätzlich zur stofflichen Nutzung besteht.

Holzige Biomassen werden in Berlin bereits überwiegend energetisch genutzt. Rein aus Klimaschutzsicht ist diese Nutzung zum Stand 2020 gegenüber einer stofflichen Verwertung von Altholz zu Spanplatten vorteilhaft. Die Kaskadennutzung von dafür geeignetem Altholz ist dennoch vorzuziehen, da zum einen dadurch anteilig Flächen geschont werden und zum anderen das Holz zu einem späteren Zeitpunkt, wenn es nicht mehr für eine stoffliche Verwertung geeignet ist, immer noch energetisch genutzt werden kann.

8 Handlungsempfehlungen zur Erschließung der Biomassepotenziale für die Energieerzeugung

Ausgehend von den Ergebnissen aus den vorherigen Kapiteln werden an dieser Stelle Handlungsempfehlungen formuliert, die zu einer Erschließung der verschiedenen Biomassepotenziale unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Herkunftsbereiche für eine anfallortsnahe Energieerzeugung in Berlin beitragen können.

Der Fokus liegt zunächst auf dem als zukünftig erschließbar eingestuften Potenzial, welches sich aus der angenommenen Umlenkung in einen, ggü. dem Status Quo, alternativen Verwertungsweg (Vergärung bzw. energetische Verwertung statt Kompostierung oder Mulchung) ergibt (siehe Kapitel 8.1). In einem nächsten Schritt wird das Biomassepotenzial betrachtet, welches zwar als bereits erschlossen eingestuft ist, aber derzeit außerhalb von Berlin verwertet wird und somit potenziell für die Berliner Wärmeversorgung erschließbar ist (siehe Kapitel 8.2). Die Maßnahmen setzen, je nach Biomasseart, an den Erschließungsebenen Erfassung und/oder Verwertung an und zeigen somit konkret bestimmte Bedingungen auf, die als organisatorische, infrastrukturelle und technische Voraussetzungen zu verstehen sind, damit die zusätzliche Stoffstromlenkung und somit die zusätzliche Erschließung von Biomassepotenzialen möglich ist.

Des Weiteren werden Handlungsempfehlungen zu übergeordneten Handlungsfeldern ausgesprochen (siehe Kapitel 8.3), die unterstützend auf das Berliner Ziel zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 wirken. In Kapitel 8.4 erfolgt abschließend eine Bewertung der Handlungsempfehlungen.

Grundsätzlich sollte ein ganzheitlicher, nachhaltiger Ansatz verfolgt werden, der neben dem Klimaschutz und der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen auch den Ressourcenschutz unterstützt. Das bedeutet einerseits, Biomassen wie z.B. Altholz vorrangig stofflich zu verwerten und längst möglich im Kreislauf zu führen. Auf der anderen Seite bedeutet dies aber auch, Nährstoffkreisläufe durch die Rückführung von kompostierten Gärresten oder Asche aus der energetischen Nutzung von Holz auf nährstoffarme Böden und Flächen zu schließen. Außerdem bietet die Kaskaden-Verwertung von z.B. Bioabfällen (Vergärung mit anschließender Kompostierung der Gärreste) die Möglichkeit einer energetisch-stofflichen Nutzung der Biomasse.

8.1 Erschließung durch Umlenkung in energieerzeugende Verwertungswege (ZEP)

8.1.1 Handlungsfeld: getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus privaten Haushalten

8.1.1.1 Biogut (BSR)

a) Steigerung der Getrenntsammlung von Küchen- und Gartenabfällen

Zur Erschließung weiterer Biogutmengen und um das Ziel zu erreichen, den Organikanteil im Restabfall bis zum Jahr 2030 zu halbieren, bedarf es einer weiteren Erhöhung des Anschlussgrades an die Biotonne (flächendeckende Biotonne). Sowohl in den verdichteten Innenstadtbereichen (z. T. keine BIOGUT-Tonne) als auch in den Außenbereichen (z. T. nicht sachgerechte Eigenkompostierung statt BIOGUT-Tonne) verfügen weiterhin nicht alle Bürgerinnen und Bürger über die Möglichkeit zur Getrennterfassung von Bioabfällen. Die jährlich erfasste Sammelmenge Biogut pro Einwohner lag im Jahr 2020 mit 31,9 kg/E*a (BSR intern, 2022) deutlich unter dem bundesdeutschen Durchschnitt von 67 kg/E,a (2021) (NABU, 2023).

Ergänzend zur Erhöhung des Anschlussgrades ist zudem insbesondere im Innenstadtbereich intensive und proaktive Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit zu leisten. Die Zusammenarbeit mit den Berliner Wohnungsbaugesellschaften ist in dem Zusammenhang auszubauen, nicht zuletzt um direktere Kommunikationswege zu den Berliner*innen zu ermöglichen. Schließlich hängt die Zielerreichung stark von deren Bereitschaft ab, die Küchen- und Gartenabfälle getrennt zu sammeln. Bemühungen des Senats wie sie beispielsweise im Projekt „Unsere Biotonne. Unsere Energie“ in Großwohnanlagen 2020 bis 2021 unternommen wurden, sollten demnach verstärkt werden.

Der Rückblick in die Studie von ICU 2009 zeigt, dass die Auswertung der Bioabfallsammlung bereits 2009 Thema war. Im Vergleich zu damals konnten der Anschlussgrad sowie die erfassten Mengen bereits deutlich erhöht werden.

Veränderungen am Gebührenmodell können ebenfalls Möglichkeiten zur Erhöhung der Motivation zur konsequenten Getrenntsammlung bieten. Diese Forderung war in der ICU-Studie 2009 ebenfalls enthalten.

b) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Vergärung

Damit die ca. 40 % der insgesamt in Berlin über die Biotonne getrennt erfassten und derzeit in offenen Mieten kompostierten Küchen- und Gartenabfälle hochwertig verwertet und einer Kaskadennutzung zugeführt werden können, ist eine zweite Vergärungsanlage für Bioabfälle in Berlin zu errichten. Diese Anlage sollte den ggü. einer durchschnittlichen Vergärungsanlage hohen technischen Anforderungen der Bestandsanlage (BSR Biogas West) entsprechen, um gegenüber einer Kompostierung geringere THG-Emissionen aus der Behandlung gewähren zu können.

Unter Berücksichtigung der Mengenentwicklungen aus den Szenarien 1a und 1b steigt der Bedarf an geeigneten VerwertungsKapazitäten für Biogut von ca. 45.000 Mg/a im Jahr 2020 auf 56.000 Mg/a bzw. 265.000 Mg/a im Jahr 2045 an (siehe Tabelle 8-1).

Tabelle 8-1: Bedarf an VerwertungsKapazität für die hochwertige Verwertung von Biogut in Berlin entsprechend der Mengenentwicklung der Szenarien 1a und 1b

Mengenentwicklung Biogut	Bedarf an VerwertungsKapazität (Mg/a)		
	2020	2030	2045
Szenario 1a „Vergärung light“	45.000	50.000	56.000
Szenario 1b „Vergärung intensiv“	45.000	248.000	265.000
<i>davon umgelenkt aus Restabfall</i>		<i>198.000</i>	<i>208.000</i>

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die 2018 von der BSR übernommene Vergärungsanlage in Hennickendorf seit 2020 aufgrund technischer Mängel außer Betrieb genommen wurde (genehmigte Kapazität: 18.000 Mg/a). Derzeit nimmt die BSR Ertüchtigungen an der Kompostierungsanlage in Hennickendorf vor. Zukünftig ist geplant, an dem Standort eine Vergärungsanlage zu errichten, wodurch also eine Erhöhung der VerwertungsKapazität zu erwarten ist. Es ist jedoch bereits absehbar, dass diese nicht ausreicht, um die getrennt gesammelten Bioabfälle, die

sowohl im Szenario 1a „Vergärung light“ als auch im Szenario 1b „Vergärung intense“ anfallen, vollständig hochwertig zu verwerten.

Die Errichtung von „hochwertigen emissionsreduzierten Vergärungsanlagen“ in Berlin wurde bereits 2009 von ICU gefordert. Mit der Inbetriebnahme der BSR-Anlage in Ruhleben wurde diesem Maßnahmenvorschlag Rechnung getragen, auch wenn weiterhin Kapazitäten erforderlich werden.

8.1.1.2 Eigenkompostierung

Im Berliner Außenbereich sind über 200.000 Einwohner*innen (Stand 2020) (BSR intern, 2021) von der Biotonne befreit. Sie kompostieren ihre Küchen- und Gartenabfälle auf dem eigenen Grundstück. Allerdings werden v.a. gekochte und tierische Lebensmittel i.d.R. über die Restmülltonne entsorgt, weil sie auf dem Kompost Ratten und andere Nagetiere anlocken würden. Um der Getrenntsammlungspflicht von Bioabfällen auch im Berliner Außenbereich nachzukommen, bedarf es folgender Maßnahmen:

a) Intensivierte Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit

Mit einer Image- und Aufklärungskampagne für die Biotonne sind die Berliner*innen für die Sinnhaftigkeit der hochwertigen Verwertung von Küchen- und Gartenabfällen in Vergärungsanlagen zu sensibilisieren. Die Akzeptanz für eine zusätzliche Tonne im Garten soll dadurch gesteigert werden.

b) Einführung eines attraktiven Biotonnen-Angebots

Ein gebührenfreies Angebot zur Gestellung und Leerung der Biotonne in Kombination mit dem Wegfall der Befreiungsmöglichkeit soll die Bereitschaft steigern, nicht für den Kompost geeignete Küchen- und Gartenabfälle getrennt über die Biotonne, statt über den Restmüll zu entsorgen.

Anzuregen wäre außerdem eine platzsparende Behälter-Alternative für Haushalte mit wenig Rest- und Bioabfall: Anstatt je ein 120 l-Behälter für Rest- und Bioabfall vorzuhalten, wäre ein aus zwei Kammern bestehender 120 l-Behälter (60 l je Kammer) insofern für die Benutzung attraktiv, als dass kein zusätzlicher Platz für eine Biotonne in Anspruch genommen werden muss und gleichzeitig das Behältervolumen für beide Abfallarten besser ausgenutzt würde. Die Herausforderung bestünde allerdings bei der Entleerung dieser Kombi-Behälter in das Müllfahrzeug sowie beim Entladen des Inhaltes an der entsprechenden Behandlungsanlage.

Die Umlenkung von Biomasse aus der Eigenkompostierung hin zur Vergärung wurde bereits in der ICU-Studie 2009 vorgeschlagen.

c) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Vergärung von Küchen- und Gartenabfällen

Ausgehend von der Annahme, die Umlenkung der im Außenbereich eigenkompostierten Mengen erfolgt vollständig in die Biotonne, sind weitere Anlagenkapazitäten für deren hochwertige Verwertung in Höhe von ca. 50.000 Mg/a erforderlich.

8.1.2 Handlungsfeld: holzige Biomasse

8.1.2.1 Baum- und Strauchschnitt von öffentlichen Grünanlagen (Bezirke)

Baum- und Strauchschnitt, der bei Pflegemaßnahmen von öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfen vorrangig zwischen Herbst und Frühling anfällt, ist potenziell für die energetische Verwertung geeignet, wird derzeit jedoch größtenteils als Strukturmaterial in offenen Kompostierungsverfahren oder gehäckselt als

Mulchmaterial eingesetzt. Für die Umsetzung einer Stoffstromumlenkung in Richtung energetische Verwertung sind, sofern die Bezirke in Eigenregie handeln, folgende Maßnahmen erforderlich:

a) Getrenntsammlung von Baum- und Strauchschnitt

Primäres Ziel ist die sortenreine Erfassung der Biomasse, um den nachstehenden Verwertungsweg so effizient wie möglich zu gestalten.

b) Schaffung von zentralen Sammel- und Aufbereitungsplätzen

Je Bezirk sollten mindestens ein bis zwei Sammelplätze errichtet werden, wo der anfallende Baum- und Strauchschnitt zentral gesammelt und ggf. auch aufbereitet werden kann. Die Aufbereitung, sofern erforderlich, umfasst i.d.R. eine Zerkleinerung, ggf. Siebung des Materials. Gemischte Grünabfälle sind durch geeignete Aufbereitung zu sortieren und entsprechend zu verwerten. Ca. 30% können i.d.R. als Brennstoff ausgeschleust werden (ICU, 2009). Die Lage der Sammelplätze sollte so gewählt sein, dass die Transportwege vom Anfallsort zum Sammelplatz möglichst gering bleiben. Ziel der zentralen Sammel- und Aufbereitungsplätze ist die Bündelung der Stoffströme, sodass die Anlieferung zu geeigneten Biomasseverwertungsanlagen möglichst effizient erfolgen kann.

c) Erstellung eines nachhaltigen Verwertungskonzeptes zur Energieerzeugung

Sowohl auf Bezirks- als auch auf Landesebene ist ein Konzept zu entwickeln, welches eine effiziente Nutzung der verfügbaren Biomasse in Berlin ermöglicht. Dies betrifft insgesamt ca. 7.000 Mg/a Baum- und Strauchschnitt (Stand 2020) von öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfen. Dabei soll sowohl die Bildung von Synergien innerhalb bzw. zwischen den Bezirken als auch die Kooperation zwischen Biomasseerzeugern und -verwertern im Vordergrund stehen. Die Erstellung eines geeigneten Logistikkonzeptes sollte mit inbegriffen sein. Da jeder Bezirk unterschiedliche Siedlungsstrukturen und somit unterschiedliche Biomasseaufkommen und Zugang zu verschiedenen Verwertungsoptionen aufweist, wird es teilweise erforderlich sein, individuelle und ggf. dezentrale Ansätze für die Verwertung der im Bezirk anfallenden Biomasse zu wählen.

Folgende Kriterien sollen bei der Erstellung des Verwertungskonzeptes Berücksichtigung finden:

- Vorrangige Nutzung²⁰ vorhandener (zentraler) Anlagenkapazitäten in Berlin über eine Kooperation mit Vattenfall, BTB, ggf. BSR²¹
- Schaffung dezentraler Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung auf z.B. Quartiers-ebene
- Schaffung dezentraler Anlagenkapazitäten zur Herstellung von Biokohle mit Energieerzeugung
- Gebündelte und kurze Transportwege
- Definition von Qualitätsanforderungen an die Biomasse für die Nutzung als Brennstoff bzw. für die Lagerung

²⁰ Bedeutet entweder die Substitution von derzeit importierter holziger Biomasse (Stand 2020) oder die Nutzung ggü. dem Status Quo gesteigerter VerwertungsKapazitäten.

²¹ Die BSR plant eine Bioenergieanlage zur energetischen Verwertung von Altholz und Sperrmüll. Die Umsetzung ist für das Jahr 2032 vorgesehen (Stand 2023).

d) Schaffung von personellen und finanziellen Kapazitäten

Die Umsetzung der zuvor genannten Maßnahmen erfordert sowohl personelle als auch finanzielle Kapazitäten, die durch die entsprechenden Institutionen bereit zu stellen sind. Diese umfassen z. B. die Standortsuche für die Sammel- und Aufbereitungsplätze, deren Planung, Genehmigung, Errichtung, Inbetriebnahme und Betrieb sowie verwaltungstechnische Aufgaben und die Erstellung eines Verwertungs- und Logistikkonzeptes.

Wird die Pflege der öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfe durch Dienstleistungsunternehmen (z.B. Ga-LaBau-Unternehmen) übernommen, so sind folgende Maßnahmen erforderlich:

e) Festlegung des Verwertungsweges und -ortes

Um eine Erschließung dieses Biomassepotenzials zu erreichen, ist der Bezirksverwaltung anzuraten, im Rahmen der nächsten Ausschreibung für die anfallende Biomasse eine energetische Verwertung mit Wärmeerzeugung und Einspeisung in ein Wärmenetz vorzugeben. Es gilt in diesem Fall, zu prüfen, wie beispielsweise im Rahmen der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung eine anfallortsnahe Verwertung in Berlin mit in die Angebotswertung aufgenommen werden kann.

Der Vorschlag zur Festlegung von Klimaverträglichkeitskriterien in öffentlichen Ausschreibungen wurde bereits 2009 in der Studie von ICU unterbreitet. Der Austausch mit lokalen Akteuren im Rahmen der vorliegenden Studie hat jedoch gezeigt, dass die Klimaverträglichkeit der Verwertungswege bisher in der öffentlichen Beschaffung keine beziehungsweise nur eine untergeordnete Rolle spielt.

8.1.2.2 Baum und Strauchschnitt (BSR)

An den Recyclinghöfen der BSR werden durchschnittlich ca. 5.200 Mg/a Baum- und Strauchschnitt angeliefert und anschließend im Umland in offenen Mieten kompostiert. Um diese Menge für die Berliner Wärmeversorgung zu erschließen, ist folgende Maßnahme erforderlich:

a) Nutzung vorhandener Verwertungskapazitäten in Berlin durch Kooperation mit Vattenfall oder BTB

Wie in Kapitel 6 dargestellt, bestehen in Berlin derzeit Verwertungskapazitäten für holzige Biomasse. Derzeit sind die Kapazitäten der Biomasseheizkraftwerke, die durch die Energieversorger Vattenfall und BTB betrieben werden, zu rund 90 % ausgelastet. Die Auslastung passt sich an den Energiebedarf an. Zur Auslastung der Verwertungskapazitäten insgesamt, werden neben der Nutzung von Berliner holziger Biomasse ca. 190.300 Mg/a (Alt-)Holz nach Berlin importiert (siehe Kapitel 3.9.1.1).

Im Zuge der Defossilisierung der Wärmeversorgung plant Vattenfall zum Jahr 2030 einen Ausbau der Verwertungskapazitäten in einem solchen Maße, dass perspektivisch ein Bedarf an holziger Biomasse von ca. 450.000 Mg/a besteht (Stand 2023). Voraussichtlich wird nur der Einsatz von naturbelassenem Holz möglich sein.

8.1.3 Handlungsfeld: Weichorganik

Das bei Pflegemaßnahmen von öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfen im Herbst anfallende Laub ist im Vergleich zu Mähgut aufgrund seines höheren Lignin-Gehalts schwerer vergärbar und somit grundsätzlich eher einer energetischen Verwertung zuzuführen. Während Laub potenziell für die energetische Verwertung als Brennstoff geeignet ist, eignet sich Mähgut aufgrund seines hohen Wassergehaltes eher für die (Nass-)Vergärung z.B. in Kombination mit Bioabfällen. Derzeit werden beide Biomassearten

hauptsächlich in offenen Mieten kompostiert. Erntereste und Teilmengen des Mähguts verbleiben als Mulchmaterial auf der Fläche. Für die Umsetzung einer Stoffstromumlenkung in Richtung alternativer Verwertungswege zur Energieerzeugung sind verschiedene Maßnahmen erforderlich, die in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben werden.

8.1.3.1 Laub und Mähgut von öffentlichen Grünanlagen (Bezirke)

a) Getrennte Sammlung von Laub und Mähgut

Primäres Ziel ist die sortenreine Erfassung von Laub und Mähgut, damit Laub einer energetischen Verwertung und Mähgut einer Vergärung zugeführt werden kann.

b) Schaffung von zentralen Sammel- und Aufbereitungsplätzen

Je Bezirk sollten mindestens ein bis zwei Sammelplätze errichtet werden, wo sowohl Laub als auch Mähgut zentral gesammelt werden kann. Eine Aufbereitung dieser Biomassen erfolgt i.d.R. an anderer Stelle. Die Lage der Sammelplätze sollte so gewählt sein, dass die Transportwege vom Anfallsort zum Sammelplatz möglichst gering bleiben. Ziel der zentralen Sammel- und Aufbereitungsplätze ist die Bündelung der Stoffströme, sodass die Anlieferung zu geeigneten Biomasseverwertungsanlagen möglichst effizient erfolgen kann.

c) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Aufbereitung von Laub

Frisches Laub ist aufgrund schwankender, teilweise hoher Wassergehalte sowie aufgrund seines saisonalen Anfalls für den direkten und kontinuierlichen Einsatz als Mono-Brennstoff ungeeignet und muss zunächst aufbereitet und konditioniert werden. Der direkte Einsatz von gesammeltem Laub ist jedoch zur Mitverbrennung möglich, wie Versuche im IKW Rüdersdorf gezeigt haben (ifeu, 2015). Alternativ kann Laub für den Einsatz auch zu einer Monoverbrennung pelletiert werden. Dies erfolgt beispielsweise nach einem mittlerweile erprobten Verfahren der Firma florafuel, die aus Laub unter Zumischung von Holzspänen homogen geformte, lagerfähige Pellets herstellt (Adam et al., 2024). Insoweit keine Mitverbrennungskapazitäten gegeben sind, ist eine solche bzw. vergleichbare Anlage für Berlin zu errichten. Die Pellets können theoretisch sowohl in Abfallbehandlungsanlagen als auch in Heizkraftwerken energetisch verwertet werden und, eine entsprechende Substitutionswirkung vorausgesetzt, Treibhausgas-Einsparpotenzial bewirken. Eine Kooperation mit der BTB oder der BSR wird an dieser Stelle empfohlen. (siehe auch Kapitel 8.1.3.2).

d) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Co-Vergärung von Mähgut mit Bioabfällen

Da Mähgut nur eingeschränkt für eine Mono-Vergärung geeignet ist, bietet sich die Co-Vergärung mit Bioabfällen an. Aufgrund mangelnder Verwertungskapazitäten für Bioabfälle in Berlin (siehe Kapitel 8.1.1.1) sind zur Potenzialerschließung des Mähguts von öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfen in Form einer Co-Vergärung zusätzliche Kapazitäten von ca. 22.700 Mg/a erforderlich. Eine Kooperation mit der BSR wird angeraten.

e) Erstellung eines nachhaltigen Verwertungskonzeptes zur Energieerzeugung für Laub und Mähgut

Sowohl auf Bezirks- als auch auf Landesebene ist ein Konzept zu entwickeln, welches eine effiziente Nutzung der verfügbaren Biomassen in Berlin ermöglicht. Dies betrifft insgesamt ca. 22.700 Mg/a Mähgut und ca. 6.500 Mg/a Laub (Stand 2020) von öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfen. Dabei soll sowohl die Bildung von Synergien innerhalb bzw. zwischen den Bezirken

untereinander als auch die Kooperation zwischen Biomasseerzeugern und -verwertern im Vordergrund stehen. Die Erstellung eines geeigneten Logistikkonzeptes ist mit inbegriffen. Da jeder Bezirk unterschiedliche Siedlungsstrukturen und somit unterschiedliche Biomasseaufkommen und Zugang zu verschiedenen Verwertungsoptionen aufweist, wird es teilweise erforderlich sein, individuelle und ggf. dezentrale Ansätze für die Verwertung der im Bezirk anfallenden Biomasse zu wählen.

Folgende Kriterien sollen bei der Erstellung des Verwertungskonzeptes Berücksichtigung finden:

- Schaffung geeigneter Aufbereitungsanlagen/-kapazitäten für die Herstellung von Pellets aus Laub
- Vorrangige Nutzung vorhandener Anlagenkapazitäten in Berlin über eine Kooperation mit BTB oder der BSR (Laub)
- Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Co-Vergärung von Mähgut in/um Berlin z.B. über eine Kooperation mit der BSR
- Schaffung dezentraler Anlagenkapazitäten zur Herstellung von Biokohle mit Energieerzeugung
- Gebündelte und kurze Transportwege
- Definition/Berücksichtigung einheitlicher Qualitätsanforderungen an die Biomasse für die Nutzung als Brennstoff bzw. für die Lagerung

f) Schaffung von personellen und finanziellen Kapazitäten

Die Umsetzung der zuvor genannten Maßnahmen erfordert sowohl personelle als auch finanzielle Kapazitäten, die durch die entsprechenden Institutionen bereit zu stellen sind. Diese umfassen z.B. die Standortsuche für die Sammel- und Aufbereitungsplätze, deren Planung, Genehmigung, Errichtung, Inbetriebnahme und Betrieb sowie verwaltungstechnische Aufgaben und die Erstellung eines Verwertungs- und Logistikkonzeptes.

Wird die Pflege der öffentlichen Grünanlagen und Friedhöfe durch Dienstleistungsunternehmen (z.B. Ga-LaBau-Unternehmen) übernommen, so sind folgende Maßnahmen erforderlich:

g) Festlegung des Verwertungsweges und -ortes für Laub

Um eine Erschließung dieses Biomassepotenzials zu erreichen, ist der Bezirksverwaltung anzuraten, im Rahmen der nächsten Ausschreibung für die anfallende Biomasse eine energetische Verwertung mit Wärmeerzeugung und Einspeisung in ein Wärmenetz vorzugeben. Es gilt in diesem Fall, zu prüfen, wie beispielsweise im Rahmen der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung eine anfallortsnahe Verwertung in Berlin mit in die Angebotswertung aufgenommen werden kann.

h) Festlegung des Verwertungsweges und -ortes für Mähgut

Um eine Erschließung dieses Biomassepotenzials zu erreichen, ist der Bezirksverwaltung anzuraten, im Rahmen der nächsten Ausschreibung für die anfallende Biomasse eine Co-Vergärung in einer Anlage zur Verwertung von Bioabfällen mit Wärmeerzeugung und Einspeisung in ein Wärmenetz vorzugeben. Es gilt in diesem Fall zu prüfen, wie beispielsweise im Rahmen der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung eine anfallortsnahe Verwertung in Berlin mit in die Angebotswertung mitaufgenommen werden kann.

8.1.3.2 Laub und Mähgut (BSR)

a) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Aufbereitung von Laub

Insoweit keine Mitverbrennungskapazitäten gegeben sind, ist für die Laubaufbereitung zu einem geeigneten Brennstoff (siehe Kapitel 8.1.3.1) eine entsprechende Anlage mit Kapazitäten in Höhe von ca. 39.000 Mg/a in Berlin zu errichten (Sammelmenge BSR inkl. Laubsäcke, 2020). Zuzüglich der Laubmengen von den Bezirken wäre für die Aufbereitung eine Gesamtkapazität von ca. 45.500 Mg/a erforderlich (siehe Tabelle 8-2).

b) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung von Laub-Pellets

Zur Erschließung des Laub-Potenzials sind geeignete Verbrennungskapazitäten für Laub-Pellets in Berlin vorzuhalten bzw. zu schaffen. Voraussetzung für den breiten Einsatz der Laub-Pellets ist die Aberkennung der Abfalleigenschaft (siehe auch Kapitel 8.3). Somit würden sich für die Verwertung der Pellets sowohl Biomasseheizkraftwerke als auch Abfallbehandlungsanlagen wie die BSR sie plant (Bioenergie-Anlage) oder eine Mitverbrennung in den Anlagen der BTB anbieten.

c) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Co-Vergärung von Mähgut mit Bioabfällen

Die BSR erfasst durchschnittlich ca. 3.600 Mg/a Straßenbegleitgrün, welches hier überschlägig zu Mähgut gezählt wird, und derzeit in einfachen Kompostierungsanlagen verwertet wird. Über eine Co-Vergärung mit getrennt gesammelten Bioabfällen wäre dieses zusätzliche Potenzial zu erschließen. Aufgrund mangelnder Verwertungskapazitäten für Bioabfälle in Berlin (siehe Kapitel 8.1.1.1) sind insgesamt Kapazitäten in Höhe von ca. 48.500 Mg/a für Biogut und Mähgut erforderlich. Zuzüglich der Mähgutmengen von den Bezirken würde der Kapazitätsbedarf auf ca. 71.200 Mg/a ansteigen (siehe Tabelle 8-2).

Tabelle 8-2: Kapazitätsbedarf für die Aufbereitung von Laub zu Pellets und für die Vergärung von Mähgut und Biogut in Berlin im Jahr 2020

	Kapazitätsbedarf (Mg/a)			
	2020			
	Laub	Mähgut	Biogut	Σ Mäh- und Biogut
Sammlung BSR	39.000	3.600	45.000	48.600
Sammlung Bezirke	6.500	22.700	-	22.700
Gesamt	45.500	26.100	45.000	71.300

8.1.3.3 Mähgut aus sonstigen Herkunftsbereichen

Weitere ca. 20.000 Mg/a Mähgut²² stammen von Rasenflächen der kommunalen Wohnungsbaugesellschaften, von den Freiflächen des Flughafens Berlin-Brandenburg (BER), von begrünten Gleisanlagen der BVG bzw. von Rasenflächen der Uni-Institute, deren Entsorgung hauptsächlich privatwirtschaftlich geregelt und somit nur schwer bis gar nicht beeinflussbar ist. Für die Umlenkung in einen alternativen Verwertungsweg (Vergärung) müssten zunächst bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

a) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Co-Vergärung von Mähgut mit Bioabfällen

Da Mähgut nur eingeschränkt für eine Mono-Vergärung geeignet ist, bietet sich die Co-Vergärung mit Bioabfällen an. Aufgrund mangelnder Verwertungskapazitäten für Bioabfälle in Berlin (siehe Kapitel 8.1.1.1) sind zur Potenzialerschließung des Mähguts aus sonstigen Herkunftsbereichen in Form einer Co-Vergärung zusätzliche Kapazitäten von ca. 20.000 Mg/a erforderlich. Kooperationen mit der BSR oder anderen Vergärungsanlagenbetreibern im Berliner Umland²³ wird angeraten.

b) Schaffung von wirtschaftlichen Anreizen für GaLaBau-Unternehmen

Die hochwertige Verwertung von Biomasse ist nicht zuletzt wegen ihrer Verfahrens- und Anlagentechnik kostspieliger als die einfache, offene Kompostierung. Letztere sollte zwar auch für kleinere Anlagen nach TA Luft nicht erfolgen²⁴, aber um generell eine Stoffstromlenkung weg von der Kompostierung und hin zur Vergärung zu realisieren, bedarf es wirtschaftlicher Vorteile (z. B. durch entsprechende Vergütung der erzeugten Produkte) für die Unternehmen, die ihre Gartenabfälle einer hochwertigen Verwertung zuführen.

c) Festlegung von Verwertungsweg/-ort

Um eine Erschließung dieses Biomassepotenzials zu erreichen, ist anzuraten, im Rahmen der nächsten Ausschreibung für die anfallende Biomasse eine Co-Vergärung in einer Anlage zur Verwertung von Bioabfällen mit Wärmeerzeugung und Einspeisung in ein Wärmenetz vorzugeben. Es gilt in diesem Fall zu prüfen, wie eine anfallortsnahe Verwertung in Berlin mit in die Angebotswertung mitaufgenommen werden kann.

8.1.3.4 Erntereste von landwirtschaftlichen Flächen

a) Zentrale Sammlung und Zusammenführung der Stoffströme

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen in Berlin verteilen sich auf den Außenbereich. Für die Erschließung des Potenzials von ca. 1.400 Mg/a sind (soweit es sich um ein nachhaltiges Potenzial handelt²⁵) die Erntereste zunächst vom Feld einzusammeln und anschließend an geeigneten Standorten zusammenzuführen und zur nahegelegenen Verwertungsanlage zu transportieren.

²² inkl. ca. 1.000 Mg/a Mähgut und Laub, die ab 2035 potenziell im zukünftigen Schumacher Quartier auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens Tegel anfallen.

²³ Inbetriebnahme einer Vergärungsanlage für Bioabfälle im Landkreis Barnim, OT Trappenfelde vrsl. im April 2025.

²⁴ 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.

²⁵ Potenzial berechnet; es liegen keine Angaben zu Art, nachhaltiger Verfügbarkeit oder Eignung der Erntereste vor.

Ein Zusammenschluss mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe aus einer Region, ggf. auch über die Landesgrenzen Berlins hinaus, ist ebenso sinnvoll wie der Mittransport von Pferdemist (siehe Kapitel 8.1.4.1), sofern geeignete Verwertungskapazitäten anfallortsnah zur Verfügung stehen.

b) Schaffung von dezentralen Anlagenkapazitäten zur Co-Vergärung

Um weite Transportwege zu vermeiden, ist eine anfallortsnah und dezentrale Verwertung der Erntereste in Vergärungsanlagen umzusetzen. Sofern die Verfahrenstechnik der Anlage es zulässt, ist eine Co-Vergärung mit Tier- bzw. Pferdemist anzustreben (siehe Kapitel 8.1.4.1), um die Anlage aufgrund der geringen Mengen an Ernteresten wirtschaftlich betreiben zu können.

8.1.4 Handlungsfeld: Tiermist (inkl. Einstreu)

8.1.4.1 Pferdemist (inkl. Einstreu) aus Berliner Reitställen

a) Zentrale Sammlung und Zusammenführung der Stoffströme

Pferdemist fällt in Berlin, mit Ausnahme der Trabrennbahnen Mariendorf und Karlshorst, vorrangig dezentral bei kleineren Betrieben mit Pferdehaltung an, was einen Zusammenschluss der Anfallmengen erforderlich macht. Der Pferdemist ist, ggf. gemeinsam mit Ernteresten (siehe Kapitel 8.1.3.4), an geeigneten Standorten zusammenzuführen und zur nahegelegenen Verwertungsanlage zu transportieren. Für konkrete Planungen sind genaue Anfallorte, Mengen und Vergärungseignung des Pferdemists zu erheben.

b) Schaffung von dezentralen Anlagenkapazitäten zur Vergärung

Um weite Transportwege zu vermeiden ist eine anfallortsnah dezentrale Verwertung des Pferdemistes in speziell dafür ausgelegten Vergärungsanlagen umzusetzen. Für Berlin insgesamt besteht (nach derzeitigen Hochrechnungen) ein Kapazitätsbedarf in Höhe von ca. 50.000 Mg/a. Ein Zusammenschluss der kleineren Betriebe mit Pferdehaltung ist für den wirtschaftlichen Betrieb einer Vergärungsanlage ggf. von Vorteil. Eine Co-Vergärung von Ernteresten sollte ebenfalls möglich sein.

c) Schaffung von wirtschaftlichen Anreizen für Betriebe mit Pferdehaltung

Die hochwertige Verwertung von Pferdemist ist nicht zuletzt wegen der erforderlichen Verfahrens- und Anlagentechnik kostspieliger als die einfache Ausbringung auf das Feld. Um eine Stoffstromlenkung hin zur Kaskadennutzung zu realisieren, bedarf es demnach einer entsprechenden Gestaltung der Rahmenbedingungen bzw. finanzieller Förderungen für den Bau von dezentralen Vergärungsanlage für Pferdemist, damit die entsprechenden Anlagen trotz der erforderlichen Investitionen und anfallenden Betriebskosten wirtschaftlich betrieben werden können.

8.1.4.2 Tiermist (inkl. Einstreu) aus Tierpark und Zoo

a) Schaffung von dezentralen Anlagenkapazitäten zur Vergärung (bereits in Planung, Stand 2023)

Für die hochwertige Verwertung von Tiermist (inkl. Einstreu) aus dem Zoo und Tierpark ist eine Anlagenkapazität in Höhe von ca. 7.500 Mg/a zu errichten.

8.1.4.3 Tiermist (inkl. Einstreu) aus Tierklinik (FU)

a) Schaffung von dezentralen Anlagenkapazitäten zur Vergärung oder zur Herstellung von Biokohle

Zur Erschließung des Potenzials aus Tiermist ist eine Anlagenkapazität in Höhe von ca. 2.000 Mg/a erforderlich.

8.1.5 Handlungsfeld: Rückstände aus dem Klärwerk

a) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung von gefaultem/getrocknetem Klärschlamm (bereits in Bau, Inbetriebnahme vrsl. 2025, Stand 2023)

Zur Erschließung bzw. Verwertung des künftigen, durch Mengensteigerung entstehenden Potenzials aus gefaultem/getrockneten Klärschlamm ist im Zeitraum bis 2045 eine Anlagenkapazität bis zu ca. 12.000 Mg TS/a zusätzlich erforderlich (siehe Kapitel 7.2.1). Die neue Klärschlammverbrennungsanlage der Berliner Wasserbetriebe mit einer Kapazität von 67.500 Mg/a (TS-Gehalt ca. 25 Ma.-%) wird derzeit in Waßmannsdorf errichtet und bietet ausreichend Kapazitäten zur energetischen Verwertung sowohl von Berliner als auch von Brandenburger Klärschlämmen. Die erzeugte Wärme wird teilweise zur Deckung des Eigenbedarfs verwendet. Zudem wird eine Einspeisung der Wärme in ein Fernwärmenetz erfolgen (ca. 55.000 MWh/a).

8.2 Erschließung der derzeit außerhalb Berlins verwerteten Biomassen durch Umlenkung in eine anfallortsnahe Verwertung in Berlin

8.2.1 Handlungsfeld: holzige Biomasse

Ausgehend von dem in der SKU 2020 angewendeten allgemeinen Verteilschlüssel für die energetische Holznutzung werden ca. 103.200 Mg/a (entspricht etwa 44 Ma.-%) der in Berlin anfallenden und derzeit energetisch verwerteten holzigen Biomasse hauptsächlich in Brandenburg (BB) verwertet (siehe Kapitel 3.9 und 3.9.1.1). Dabei handelt es sich um

- ca. 30.800 Mg/a getrennt gesammeltes Altholz, Holz aus Sperrmüll und Weihnachtsbäumen aus der Sammlung der BSR,
- ca. 55.700 Mg/a getrennt gesammeltes Altholz (Berliner Holzkontore) und Holz aus Vorbehandlungsanlagen, sowie
- ca. 16.700 Mg/a Baum- und Strauchschnitt Baum und Strauchschnitt von öffentlichen Grünanlagen der Bezirke.

Um dieses Biomassepotenzial für Berlin anfallortsnah zu erschließen, bedarf es einer gezielten Stoffstromlenkung. Diese würde, zumindest für die Mengen der Berliner Holzkontore und der Vorbehandlungsanlagen, einen beschneidenden Eingriff in die privatwirtschaftlichen Handlungen der Entsorgungsunternehmen bedeuten und ist somit nur schwierig umsetzbar. Nachfolgende Lenkungsinstrumente könnten dafür grundlegend sein. Dabei ist zu beachten, dass ein bilanzieller Zugewinn an erneuerbarer Energie, bzw. eine Verdrängung fossiler Energieträger aus der Berliner Wärmeversorgung, erst stattfindet, wenn diese Mengen zusätzlich in Berlin verwertet werden und nicht nur andere (importierte) Biomasse substituieren. Die Maßnahmen b) und c) wirken somit gegensätzlich, eine Rangfolge wird hier nicht dargestellt.

a) Netzwerk-Veranstaltungen zwischen Berliner Ent- und Versorgungsunternehmen

Die Berliner Senatsverwaltung kann den Austausch zwischen den in Berlin tätigen Entsorgungsunternehmen und den in Berlin ansässigen Heizkraftwerkbetreibern mit Anschluss an ein Fernwärmenetz im Rahmen von regelmäßig stattfindenden Vernetzungstreffen fördern. Ziel der Veranstaltungen soll es sein, die Akteure miteinander zu vernetzen sowie sie für die in Kapitel 3.9 aufgezeigte Situation und Marktlage für (Alt-)Holz in und um Berlin vor dem Hintergrund der

angestrebten Klimaneutralität bis 2045 und dem daraus resultierenden Zeitdruck zu sensibilisieren. Die Veranstaltungen sollen eine Basis für die Akteure bilden, Kooperationen einzugehen und somit effiziente Lösungen für eine anfallortsnahen Verwertung des getrennt gesammelten Altholzes (AII- bis AIV-Altholz) zu finden. Die zu steigende stoffliche Verwertung von naturbelassenem Altholz (AI-Altholz), wie im Szenario 2a beschrieben (siehe Kapitel 7.2.1.1), ist dabei zu berücksichtigen.

b) Schaffung wirtschaftlicher Anreize für die Nutzung bestehender Verwertungskapazitäten in Berlin

In Berlin stehen Kapazitäten zur energetischen Verwertung sowohl von naturbelassenem Holz als auch von Altholz in Höhe von ca. 100.000 Mg/a bzw. ca. 250.000 Mg/a zur Verfügung (Stand 2023). Deren Auslastung wird derzeit durch insgesamt ca. 190.000 Mg/a importierter holziger Biomasse (Altholzanteil ca. 50 %) gewährleistet. Die importierte holzige Biomasse könnte insgesamt zur Hälfte durch die Berliner Mengen²⁶ substituiert werden. Durch die Reduktion der importierten Mengen, die teilweise aus dem Ausland stammen, sowie durch den Wegfall der Exporte ließe sich eine doppelte Einsparung der Transportwege und somit neben verringerten Emissionen auch Kosten- und Zeitersparnisse, zumindest für den Bilanzraum Berlin, erzielen. Um die Attraktivität einer anfallortsnahen Verwertung der Berliner holzigen Biomasse sowohl für Ent- als auch für Versorgungsunternehmen zu steigern, bedarf es wirtschaftlicher Anreize (siehe Kapitel 8.3.2).

c) Schaffung von Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung von holziger Biomasse (in Planung (BSR), vrsl. Umsetzung 2032, Stand 2023)

Für die zusätzliche Erschließung der derzeit in BB energetisch verwerteten holzigen Biomasse aus Berlin (ca. 103.000 Mg/a) bedarf es weiterer Anlagenkapazitäten sowie des Ausbaus des Berliner Fernwärmenetzes. Mit der Planung der Bio-Energie-Anlage der BSR am Standort Gradestraße soll eine Kapazität von 120.000 Mg/a für die Verwertung von Altholz, Holz aus Sperrmüll und weiterer holziger Abfallarten geschaffen werden. Die Auskopplung von Wärme und deren Einspeisung in das in Planung befindliche erweiterte Fernwärmenetz des Fernkraftwerks Neukölln ist vorgesehen. Die Bio-Energie-Anlage der BSR böte auch weiteren in Berlin anfallenden Biomassen (Baum- und Strauchschnitt, Laub), die zukünftig potenziell zu erschließen sind (siehe Kapitel 8.1.2, 8.1.3.1, 8.1.3.2) eine anfallortsnahen energetische Verwertung. Insgesamt könnten somit, unter Berücksichtigung der jeweiligen prognostizierten Mengenentwicklungen (siehe Szenario 2a/2b), zwischen ca. 145.000 Mg/a und 162.000 Mg/a mit einem Energiegehalt von insgesamt ca. 435 GWh/a bis ca. 507 GWh/a potenziell erschlossen werden (siehe Tabelle 8-3).

Das geplante Bauvorhaben der BSR wird derzeit politisch, insbesondere von Umweltverbänden, stark diskutiert bzw. kritisiert. Vorangestellt wird, dass eine Müllverbrennungsanlage mit den im AWK Berlin festgesetzten Zielen der Abfallvermeidung („Zero-Waste-Strategie“) nicht vereinbar ist und außerdem CO₂-Emissionen ausstieße, die seit Januar 2024 über den Kauf von Emissionszertifikaten ausgeglichen werden müssten, und somit nicht klimaneutral ist. Darüber hinaus wird argumentiert, dass mit jeder weiteren energetischen Verwertungsanlage für holzige Biomasse die

²⁶ Substitution von importiertem Altholz durch in Berlin anfallendes Altholz zu ca. 86 Ma.-% möglich. Substitution von naturbelassenem Holz durch in Berlin anfallende holzige Biomasse (hier: Baum- und Strauchschnitt) zu ca. 19 Ma.-% möglich.

Nachfrage an (Alt-)Holz ggf. andernorts steigt. Um den Bedarf der Bestandsanlagen zu decken, die vorher die Berliner (Alt-)Holzmengen energetisch verwertet haben, müssen diese neue Quellen erschließen und ggf. Frischholz einsetzen, was den Druck auf die Wälder erhöhe und nicht mit dem Ressourcenschutz einhergehe.

Die Umsetzung der gesetzlich vorgeschriebenen stofflichen Verwertung von Altholz wird außerdem bei vorhandenen Verbrennungskapazitäten zunehmend schwerer.

Derzeit befindet sich die BSR mit der Bio-Energie-Anlage in einem Bebauungsplanverfahren. Im Anschluss folgt ein Genehmigungsverfahren nach BImSchG.

Tabelle 8-3: Übersicht geeigneter Biomassen zur potenziellen energetischen Verwertung in geplanter Bio-Energie-Anlage der BSR

Bedarf an Verwertungskapazität in Berlin (Mg/a)							
Grad der Erschließbarkeit	Obergruppe	Biomassenart, Herkunft	2020	2030	2045		
Bereits erschlossen - in BB energetisch verwertet	holzige Biomasse	getrennt ges. Altholz, Holz aus SpM, Weihnachtsbäume					
		BSR	30.800				
		<i>Szenario 2a</i>		25.400	26.600		
		<i>Szenario 2b</i>		30.900	30.900		
		getrennt ges. Altholz (AII- bis AIII-Altholz)					
		Berliner Holzkontore und Vorbehandlungsanlagen	55.700				
		<i>Szenario 2a</i>		43.700	43.700		
		<i>Szenario 2b</i>		54.700	54.700		
		Baum- und Strauchschnitt					
		Bezirke	16.700	16.700	16.700		
		Summe			103.200		
		<i>Summe Szenario 2a</i>				85.800	87.000
<i>Summe Szenario 2b</i>				102.300	102.300		
Zukünftig potenziell erschließbar	Holzige Biomasse	Baum- und Strauchschnitt					
		BSR	5.200	5.200	5.200		
		Bezirke u.a. Herkunftsber.	7.500	7.500	7.500		
	Weichorganik	Laub sowie Gemische aus Laub und Mähgut^{a)}					
		BSR	39.000	39.400	39.400		
		Bezirke u.a. Herkunftsber.	7.100				
	Summe			58.800	59.200	59.200	
Gesamt			162.000				
<i>Gesamt Szenario 2a</i>				145.000	146.200		
<i>Gesamt Szenario 2b</i>				161.500	161.500		

^{a)} Laub kann nach vorheriger Aufbereitung direkt energetisch genutzt werden. Die aufgeführten Mengen entsprechen Rohmengen.

8.2.2 Handlungsfeld: Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel

a) Schaffung von Anlagenkapazitäten für die Vergärung in Berlin (in Planung (BRAL), vrsl. Umsetzung 2026/27, Stand 2023)

Die insgesamt 77.400 Mg/a in Berlin anfallenden Speisereste und Fette werden aufgrund mangelnder Verwertungskapazitäten in Berlin zu ca. 42 Ma.-% in BB bzw. zu ca. 51 Ma.-% in anderen Bundesländern zur Energieerzeugung (Strom/Wärme) vergoren. Weitere 7 Ma.-% (v. a. Altfett) werden zu Biodiesel aufbereitet (siehe Punkt b)).

Diese Mengen werden sich perspektivisch, unter der Annahme, dass bis 2030 50 Ma.-% der Speise- und Lebensmittelabfälle vermieden werden, auf ca. 53.000 Mg/a reduzieren.

Um die vergorenen Mengen lokal für die Berliner Wärmeversorgung zu erschließen, ist eine geeignete Anlage zur Vergärung zu errichten und an ein Wärmenetz zur Einspeisung der Überschusswärme anzuschließen. Alternativ kann das erzeugte Biogas durch CO₂-Abtrennung aufbereitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden. Die Errichtung einer Vergärungsanlage für Speisereste und Fette mit einer genehmigten Kapazität von 75.000 Mg/a wird derzeit seitens der Firma BRAL geplant. Eine Realisierung ist aktuell für die Jahre 2026/27 vorgesehen.

b) Nutzung bestehender Anlagenkapazitäten in und um Berlin zur Herstellung von Altfettmethyl-ester-Biodiesel

Die in Berlin anfallenden Altfette z.B. aus Imbissen (Angaben zum Verwertungsort waren nicht verfügbar) sind nach Möglichkeit den bestehenden Anlagen in und um Berlin zur Aufbereitung zu Biodiesel zuzuführen. Diese Verwertungsform ist im Vergleich zur Vergärung hochwertiger.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass in Berlin ein weiteres Potenzial auf Ebene der Erfassung von Altfetten besteht. Im Rahmen einer weiterführenden Untersuchung ließe sich dieses möglicherweise quantifizieren. Allerdings geben viele Imbiss-Betreiber ihre Altfette bei der Lieferung von Frischöl dem Händler zurück, sodass eine zentrale Erfassung zunächst als große Hürde erscheint.

8.3 Übergeordnete Maßnahmen zur Erschließung der Biomassepotenziale

Neben den in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Handlungsempfehlungen, die sich auf einzelne Stoffströme beziehen, besteht außerdem Handlungsbedarf auf einer übergeordneten Ebene.

8.3.1 Handlungsfeld: Steuerung und Monitoring der Stoffströme

a) Erstellung eines Biomasse-Verwertungskonzeptes für Berlin

Die Ergebnisse aus den im Rahmen dieses Projektes betrachteten Szenarien zeigen, dass ein Teil der in Berlin anfallenden Biomasse in energieerzeugende Verwertungswege gelenkt werden kann, sodass die Biomasse einen Beitrag zur Berliner Wärmewende leisten kann. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, ein ganzheitliches Verwertungskonzept für Berlin zu entwickeln, in dem die nachfolgenden Punkte Berücksichtigung finden und im Sinne des Klima- und Ressourcenschutzes abgewogen werden:

- Zentrale Erfassung der Biomassenströme und entsprechendes Monitoring
- Entwicklung von Standortkonzepten
 - Standort- und Anlagenkonzept Hennickendorf (z.B. Vergärungsanlage für Bioabfälle und Laubaufbereitung mit florafuel-Verfahren)
 - Standort Gradestraße (z.B. Laubaufbereitung mit florafuel-Verfahren statt Bio-Energie-Anlage)
 - Standort Am Vorwerk (Speiserestevergärungsanlage BRAL)
- Ausbau von Fern- und Nahwärmenetzen unter Berücksichtigung entsprechender Schnittstellen zur Einspeisung von Wärme, die durch zukünftige Biomasseverwertungsanlagen ausgekoppelt werden kann
- Schaffung von Anlagenkapazitäten zur (Co-)Vergärung von Bioabfällen sowie Mähgut in/um Berlin z.B. über eine Kooperation mit der BSR

- Vorrangige Nutzung²⁷ vorhandener (zentraler) Anlagenkapazitäten in Berlin über eine Kooperation mit Vattenfall, BTB, ggf. BSR²⁸ (holzige Biomasse, Laub)
- Geeignete Aufbereitungsanlage für die Herstellung von Pellets aus Laub
- Schaffung dezentraler Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung sowie zur Herstellung von Biokohle mit Energieerzeugung z.B. auf Quartiersebene
- Gebündelte und kurze Transportwege
- Definition von Qualitätsanforderungen an die Biomasse für die Nutzung als Brennstoff bzw. für die Lagerung
- Förderung von Kooperationen (siehe Punkt b)

Ziel sollte außerdem sein, die Standortfaktoren und Pläne einzelner Bezirke zu berücksichtigen und in das Konzept einzubinden sowie eine Rückführung von Gärresten oder Aschen aus der energetischen Nutzung von naturbelassenem Holz auf geeignete nährstoffbedürftige Flächen zu gewährleisten.

b) Inter- und Intrakommunale Kooperationen

Zur Realisierung der gesetzten Ziele ist es zweckdienlich, Kooperationen zwischen einzelnen Akteuren zu bilden. Dabei kann es sich um Akteure aus Berlin sowie aus benachbarten Kommunen handeln, die im Rahmen von Vernetzungstreffen zueinander finden und Synergien aufbauen können.

Beispielsweise wäre eine Kooperation zwischen Berlin und den Landkreisen Märkisch-Oderland, Oder-Spree und/oder Dahme-Spree hinsichtlich der hochwertigen Vergärung von getrennt gesammelten Bioabfällen wünschenswert. Im LK Dahme-Spreewald (Speckgürtel von Berlin) besteht derzeit keine Getrenntsammlung von Bioabfällen, da daraus „keine ökologischen und ökonomischen Vorteile“ entstehen, heißt es im AWK (KWU, 2023). In den anderen genannten Landkreisen werden Bioabfälle zwar getrennt erfasst, jedoch nur in offenen Kompostierungsanlagen verwertet. Mit der Nutzung regional verfügbarer Mengen (z.B. Bioabfälle aus Strausberg, Bad Freienwalde, Königs Wusterhausen) und einer geeigneten Vergärungsanlage ließen sich auch über die Berliner Landesgrenzen hinweg Biomassepotenziale erschließen.

Des Weiteren könnten Kooperationen z.B. im Rahmen der nachhaltigen öffentlichen Beschaffung zwischen den Berliner Bezirksverwaltungen und der BSR hinsichtlich einer Andienung von Biomasse (Baum- und Strauchschnitt, Mähgut, Laub) sinnvoll sein, sofern die BSR geeignete Verwertungskapazitäten zur Verfügung stellen kann.

²⁷ Bedeutet entweder die Substitution von derzeit importierter holziger Biomasse (Stand 2020) oder die Nutzung ggü. dem Status Quo gesteigerter Verwertungskapazitäten.

²⁸ Die BSR plant eine Bioenergieanlage zur energetischen Verwertung von Altholz und Sperrmüll. Die Umsetzung ist für das Jahr 2032 vorgesehen (Stand 2023).

c) **Aufstellung eines verbindlichen Zeitplans**

In Anbetracht der Tatsache, dass bis zum Jahr 2045, also innerhalb etwa 20 Jahren, die Klimaneutralität für Berlin zu erreichen ist, ist schneller Handlungsbedarf geboten, um die nötigen Weichen auf dem Weg dorthin zeitnah zu stellen. Gemeinsam mit den relevanten Akteuren u.a. aus der Ver- und Entsorgungswirtschaft und Politik gilt es daher, einen Zeit- und Maßnahmenplan zu erstellen, dessen Umsetzung in regelmäßigen Abständen geprüft und ggf. vorangetrieben wird. Wichtig dabei ist auch, die entsprechenden Maßnahmen sinnvoll zu priorisieren. Die Schaffung neuer Verwertungskapazitäten beispielsweise kann, je nach Ausgangssituation und Größe des Projektes etwa 5 bis 10 Jahre von der Planung über Genehmigungsverfahren bis zum Bau und Inbetriebnahme in Anspruch nehmen.

8.3.2 **Handlungsfeld: Politische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen**

Nicht zuletzt spielen auch die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen eine richtungsweisende Rolle. Das grundsätzliche Ziel für Berlin, Klimaneutralität bis 2045, ist gesetzt. Dass die Wärmewende einen nicht unwesentlichen Beitrag leisten kann und muss, ebenfalls (vgl. Wärmeplanungsgesetz). Neben den in Kapitel 1.1.2 skizzierten Möglichkeiten zur Förderung von energetischen Gebäudesanierungen wird es erforderlich sein, weitere **Fördermittel für die Schaffung von Verwertungskapazitäten zur Energieerzeugung** sowohl im Land Berlin, aber auch im Land Brandenburg bereit zu stellen. Etwaige Förderprogramme, die sich auf die Region Berlin-Brandenburg beziehen, würden die Bereitschaft für interkommunalen Kooperationen verschiedener Akteure vermutlich bestärken und vereinfachen. Insbesondere vor dem Hintergrund der Standortverfügbarkeit für geeignete Verwertungs- oder Aufbereitungsanlagen (z.B. Laub) in Berlin (Stichwort Flächennutzungskonkurrenz) ist eine Zusammenarbeit zwischen Berlin und Brandenburg sehr wahrscheinlich.

Des Weiteren könnte auch die **Subvention hochwertiger Verwertungswege**, die allein aufgrund ihrer Verfahrenstechnik i.d.R. kostspieliger ist als die einfache Verwertung (z.B. Vergärung vs. Kompostierung), insb. im privatwirtschaftlichen Bereich der Entsorgungsdienstleistungen eine Stoffstromlenkung in genannte Richtung bewirken. Ebenso wäre für Entsorgungs- bzw. Versorgungsunternehmen eine Subvention denkbar, wenn sie Berliner Biomasse beziehen und diese anfallortsnah hochwertig zur Energieerzeugung verwerten. Im Rahmen von **Ausschreibungen** sollte festgelegt werden, dass nicht nur rein wirtschaftliche, sondern auch ökologische Kriterien zu berücksichtigen sind (nachhaltige öffentliche Beschaffung (kurz GPP)). Alternativ könnten Klimaschutzvereinbarungen zwischen dem Land Berlin und kommunalen und privaten Akteuren hinsichtlich der Einbindung von Biomasse geschlossen werden. Derzeit bestehen rund 20 Vereinbarungen u.a. mit Versorgungs- und Entsorgungsunternehmen, Wohnungs- und Immobilienunternehmen sowie Universitäten und Hochschulen.

Wesentliche Voraussetzung, die den Abnehmerkreis von Laub-Mähgut-Pellets zur energetischen Verwertung in Berlin deutlich vergrößern würde, ist die **Aberkennung der Abfalleigenschaften bzw. Anerkennung des Produktstatus dieser Pellets** im Anschluss an den letzten technischen Aufbereitungsschritt durch ein zertifiziertes Aufbereitungs- bzw. Pellet-Herstellungsverfahren. Ggü. der einfachen Kompostierung bringt die energetische Verwertung der in Berlin anfallenden Laubmengen trotz der energieaufwändigen Aufbereitung zu Pellets im Vorfeld ein beachtliches CO₂-Einsparpotenzial (Stand 2020) mit sich, das es zu fördern gilt. In anderen Bundesländern, beispielsweise Bayern, wird das Abfallende der Pellets bereits bestätigt.

Zur Schaffung neuer Anlagenkapazitäten in Berlin, aber auch deutschlandweit, ist eine **Vereinfachung der Genehmigungsverfahren** nach Bundesimmissionsschutz-Gesetz (BImSchG) anzuraten. Vorhaben, die im Zeichen der Energiewende stehen und darüber hinaus noch eine hochwertige Verwertung von biogenen Abfall- und Reststoffen bezwecken, sollten, im Sinne des Wärmeplanungsgesetzes, vorrangig behandelt werden.

8.4 Bewertung ausgewählter Handlungsempfehlungen zur Potenzialerschließung bestimmter Biomassearten

Die in Kapitel 8.1 und 8.2. vorgestellten Handlungsempfehlungen konzentrieren sich auf die Umlenkung von Stoffströmen. Die Handlungsempfehlungen setzen dabei an verschiedenen Erschließungsebenen (Erfassung, Verwertung, übergeordnete Maßnahmen) an und zeigen somit konkret bestimmte Bedingungen auf, die als organisatorische, infrastrukturelle und technische Voraussetzungen zu verstehen sind, damit die zusätzliche Erschließung von Biomassepotenzialen möglich ist.

Die Umsetzung einzelner Handlungsempfehlungen setzt vor allem einen politischen Willen voraus, der mit dem Berliner Ziel zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 u.a. auch in der Wärmeversorgung grundsätzlich als vorhanden angesehen werden kann. Gegenüber dem Status Quo ließen sich durch die zusätzliche Erschließung von Biomassepotenzialen theoretisch zwischen 5.500 Mg CO₂-Äq/a und 47.200 Mg CO₂-Äq/a einsparen²⁹. Allerdings bedarf es für die Erschließung dieses CO₂-Einsparpotenzials bzw. des Biomassepotenzials einer durchdachten und zielgerichteten Strategie, die Maßnahmen mit großer Wirkung priorisiert und deren Umsetzung vorantreibt.

Vor diesem Hintergrund soll an dieser Stelle eine Hilfestellung zur Priorisierung gegeben werden. Auf Basis der THG-Bilanzen wird nachfolgend eine Auswahl relevanter Biomassearten getroffen, für die eine Umlenkung in eine energieerzeugende Verwertungsart im Vergleich zur derzeitigen Verwertungsform zu CO₂-Einsparungen führt. Anschließend werden die dazugehörigen Maßnahmen zur Potenzialerschließung anhand verschiedener Kriterien bewertet. Somit soll einerseits der Beitrag zur Defossilisierung der Berliner Wärmeversorgung beurteilt werden. Außerdem soll der Aufwand für einzelne Stakeholder abgeschätzt sowie die Verantwortlichkeit zugeteilt werden.

8.4.1 Ermittlung relevanter Biomassearten mit hohem CO₂-Einsparpotenzial

Auf Basis der THG-Bilanzen werden nachfolgend relevante Biomassearten, die dem ZEP zugeordnet wurden (siehe Kapitel 4.1), ermittelt. Als relevante Biomassearten werden die Biomassen gezählt, die innerhalb der Szenarienbedingungen durch die Umlenkung in den alternativen Verwertungsweg (Vergärung oder energetische Verwertung) die höchsten CO₂-Einsparungen ggü. dem Status Quo bieten (vgl. Tabelle 7-2, Tabelle 7-3). Biomassearten, die derzeit bereits einer energieerzeugenden Verwertung zugeführt werden, also dem BEP zuzuordnen sind, bleiben an dieser Stelle unberücksichtigt. Die relevanten Biomassearten sowie die durch die Umlenkung zusätzlich eingesparte CO₂-Äq-Menge sind in Tabelle 8-4 dargestellt.

²⁹ Zusätzliche Einsparpotenziale unter Szenariobedingungen: „Vergärung + Brennstoff light“ (1a/2a) bzw. „Vergärung und Brennstoff intense“ (1b/2b)

Tabelle 8-4: Relevante Biomassearten im Hinblick auf die zusätzliche CO₂-Einsparung durch Umlenkung in alternative Verwertungswege ggü. Status Quo (Basisjahr 2020)

Relevante Biomasseart	Szenario 1a/1b "Vergärung light/intense"			Szenario 2a/2a "Brennstoff light/intense"	
	Bioabfall (Eigenkomp.)	Bioabfall (Biogut) ¹	Mähgut Bezirke	Laub Bezirke, BSR	Baum- und Strauchschnitt
zus. CO₂-Einsparpot. ggü. SQ (Mg CO ₂ -Äq/a)	-8.720	-8.091	-4.298	-8.764	-6.413

¹ zzgl. CO₂-Einsparungen, die sich durch Entfrachtung des Restabfalls (Küchenabf.) ergeben könnten.

8.4.2 Bewertungskriterien

Die Bewertung der Handlungsempfehlungen und Maßnahmen für die Erschließung der relevanten Biomassearten erfolgt numerisch durch die Vergabe von Punkten auf einer Skala von 1 (gering) bis 3 (hoch) anhand folgender Kategorien:

- I. Beitrag zur THG-Reduktion
- II. Beitrag zum Ressourcenschutz
- III. Beitrag zur Wärmeversorgung
- IV. Aufwand für den Erzeuger von Biomasse
- V. Aufwand für die Entsorgungs-/Versorgungswirtschaft
- VI. Aufwand für Stakeholder aus der Politik und Verwaltung

Für die Wichtung der Handlungsempfehlungen werden folgende Kriterien angesetzt:

- Der Beitrag zur **THG-Reduzierung** bemisst sich an der Höhe der Netto-Entlastung für die gewählten relevanten Biomassearten, unter der Annahme, dass die Maßnahme vollständig zur Umlenkung führt. Herangezogen werden Werte der THG-Berechnungen (siehe Tabelle 8-4).
- Der Beitrag zum **Ressourcenschutz** wird als hoch eingestuft, wenn die Maßnahme bewirkt, dass die Biomasse einer Kaskadennutzung zugeführt wird; gering ist der Beitrag, wenn die Biomasse direkt energetisch verwertet wird.
- Der Beitrag zur **Wärmeversorgung** wird als hoch eingestuft, wenn die Maßnahme dazu führt, Biomasse in einer geeigneten Anlage energetisch zu verwerten und die daraus resultierende Wärme direkt über ein Fern- oder Nahwärmenetz zu verteilen. Als gering wird der Beitrag eingestuft, wenn die Maßnahme dazu führt, Biomasse in einer geeigneten Anlage (stofflich-)energetisch zu verwerten und den daraus resultierenden Energieträger indirekt für die Wärmeversorgung zu nutzen.
- Der **Aufwand** für die o.g. Akteure wird insgesamt als gering eingeschätzt, wenn die Maßnahme binnen eines kurzen Zeithorizontes (1 bis 5 Jahre) und/oder mit kurzen Transportwegen (< 15 km) verbunden ist. Der Aufwand wird insgesamt als hoch eingeschätzt, wenn die Maßnahme binnen eines langfristigen Zeithorizontes (10 bis 20 Jahre) und/oder mit langen Transportwegen (> 40 km) verbunden ist.

Ist eine Kategorie für eine der ausgewählten Handlungsempfehlungen nicht zutreffend, erfolgt keine numerische Bewertung. Gekennzeichnet wird dies durch ein Minus (-).

8.4.3 Ergebnisse

Anhand der vorgenannten Kriterien erfolgt die Bewertung ausgewählter Handlungsempfehlungen zur Erschließung des Biomassepotenzials bestimmter Biomassearten (siehe Tabelle 8-5).

Tabelle 8-5: Bewertung ausgewählter Handlungsempfehlungen für die Erschließung des Biomassepotenzials bestimmter Biomassearten

I - Beitrag zur THG-Reduzierung, **II** - Beitrag zum Ressourcenschutz, **III** - Beitrag zur Wärmeversorgung, **IV** - Aufwand für Biomasseerzeuger, **V** - Aufwand für die Entsorgungs-/Versorgungswirtschaft, **VI** - Aufwand für Stakeholder aus Politik und Verwaltung

Maßnahme	Biomasse	Herkunft	Szenario	I	II	III	IV	V	VI
Erschließungsebene - Erfassung									
Steigerung der Getrenntsammlung (Kapitel 8.1.1.1 a)	Küchen- und Gartenabfälle	private Haushalte (Umlenkung Organik aus Restmüll in Biotonne)	1b	3	3	-	1	1	-
Intensivierte Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit (Kapitel 8.1.1.2 a)	Küchen- und Gartenabfälle	private Haushalte (Eigenkompostierung)	1b	3	3	-	-	3	3
Einführung eines attraktiven Biotonnen-Angebots (Kapitel 8.1.1.2 b)	Küchen- und Gartenabfälle	private Haushalte (Eigenkompostierung)	1b	3	3	-	-	1	2
Getrenntsammlung (Kapitel 8.1.2.1 a, Kapitel 8.1.3.1 a)	Baum- und Strauchschnitt	Bezirke	1a/1b	2	1	-	1	-	3
	Mähgut	Bezirke	1a/1b	1	3	-	1	-	3
	Laub	Bezirke	2a/2b	3	1	-	1	-	3
Schaffung von zentralen Sammel- und Aufbereitungsplätzen (Kapitel 8.1.2.1 b, Kapitel 8.1.3.1 b)	Baum- und Strauchschnitt	Bezirke	2a/2b	-	-	-	2	-	1
	Mähgut	Bezirke	1a/1b	-	-	-	2	-	1
	Laub	Bezirke	2a/2b	-	-	-	2	-	1

I - Beitrag zur THG-Reduzierung, **II** - Beitrag zum Ressourcenschutz, **III** - Beitrag zur Wärmeversorgung, **IV** - Aufwand für Biomasseerzeuger, **V** - Aufwand für die Entsorgungs-/Versorgungswirtschaft, **VI** - Aufwand für Stakeholder aus Politik und Verwaltung

Maßnahme	Biomasse	Herkunft	Szenario	I	II	III	IV	V	VI
Erschließungsebene – Verwertung									
Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Vergärung/Co-Vergärung (Kapitel 8.1.1.1 b, Kapitel 8.1.1.2. c, Kapitel 8.1.3.1 d, Kapitel 8.1.3.2 c)	Küchen- und Gartenabfälle	private Haushalte (derzeit kompostiert)	1a	3	3	1	-	3	3
	Küchen- und Gartenabfälle	private Haushalte (inkl. umgelenkte Organik aus Restabfall)	1b	3	3	1	-	3	3
	Küchen- und Gartenabfälle	private Haushalte (Eigenkompostierung)	1b	3	3	1	-	3	3
	Mähgut	Bezirke, BSR	1a/1b	1	3	1	-	3	3
Festlegung des Verwertungsweges und -ortes (Kapitel 8.1.2.1. e, Kapitel 8.1.3.1 g und h)	Baum- und Strauchschnitt	Bezirke, u.a.	2a/2b	2	1	-	2	-	2
	Mähgut	Bezirke	1a/1b	1	3	-	2	-	2
	Laub	Bezirke, BSR, u.a.	2a/2b	3	1	-	2	-	2
Schaffung von Anlagenkapazitäten zur Aufbereitung (Kapitel 8.1.3.1 c, Kapitel 8.1.3.2 a)	Laub	Bezirke, BSR, u.a.	2a/2b	3	1	-	-	3	2
Schaffung von Anlagenkapazitäten zur energetischen Verwertung (zentral, dezentral) (Kapitel 8.1.2.1 c, Kapitel 8.1.2.2 a)	Baum- und Strauchschnitt	Bezirke, BSR, u.a.	2a/2b	2	1	3	-	3	2
	Laub	Bezirke, BSR, u.a.	2a/2b	3	1	3	-	3	2
Herstellung von Biokohle (Kapitel 8.1.2.1 c, Kapitel 8.1.2.2 a)	Baum- und Strauchschnitt	Bezirke, BSR, u.a.	2a/2b	-	2	3	2	-	2
	Laub	Bezirke, BSR, u.a.	2a/2b	-	2	3	2	-	2
	Mähgut	Bezirke, BSR, u.a.	1a/1b	-	2	3	2	-	2

9 Fazit und Ausblick

Mit dem Klimaschutz- und Energiewendegesetz (EWG Bln, 2016) hat sich Berlin zum Ziel gesetzt, seine CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2045 auf ein klimaneutrales Niveau zu reduzieren. Da der Wärmesektor im Jahr 2020 für etwa 43 % der in Berlin erzeugten CO₂-Emissionen verantwortlich war, ist die Umsetzung der 2021 veröffentlichten Studie zur Umsetzung einer Berliner Wärmestrategie ein zentraler Baustein zur Erreichung der Klimaneutralität. Die Wärmestrategie beinhaltet als Maßnahme unter anderem die Implementierung einer Wärmeplanung. Integrierte Wärmeplanungen, insbesondere für größere Städte, sind mittlerweile auch auf Bundesebene durch das Wärmeplanungsgesetz (WPG) vorgeschrieben und werden durch flankierende Maßnahmen aus dem ebenfalls im Jahr 2023 beschlossenen Gebäudeenergiegesetz (GEG) unterstützt. Mit der vorliegenden Studie wird untersucht, welches Potenzial die in Berlin anfallende Abfallbiomasse für eine Verwertung zur Energieerzeugung darstellt und welchen Beitrag sie zur Berliner Wärmewende leistet bzw. leisten könnte.

Bezogen auf den Status Quo (2020) fallen in Berlin ca. 1,16 Mio. Mg biogene Abfall- und Reststoffe an, die je nach Art und Herkunft unterschiedlichen Verwertungswegen und -orten zugeführt werden. Rund 74 Ma.-% (863.400 Mg/a) der anfallenden Biomasse werden derzeit in Energieerzeugungsanlagen verwertet, darunter ca. 62 Ma.-% (ca. 716.400 Mg/a) als Brennstoff (holzige Biomasse, Rückstände aus dem Klärwerk, Organik im Restmüll) und ca. 13 Ma.-% (147.000 Mg/a) als Gärsubstrat (getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle, Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel). Weitere 16 Ma.-% (ca. 189.300 Mg/a) werden kompostiert (getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle, Weichorganik wie z. B. Mähgut und Laub) und weitere 7 Ma.-% (ca. 79.200 Mg/a) einer sonstigen stofflichen Verwertung zugeführt (Mulchung: holzige Biomassen wie z. B. Baum- und Strauchschnitt, Futtermittel: Weichorganik wie z. B. Mähgut, Aufbereitung zu Produkten: holzige Biomasse).

Die Verwertung der in Berlin anfallenden Biomassen erfolgt zu 54 Ma.-% in Berlin und zu 46 Ma.-% außerhalb, in Brandenburg oder anderen Bundesländern wie (z. B. Mecklenburg Vorpommern).

Das Biomasseaufkommen in Berlin unterliegt bis zum Jahr 2045 verschiedenen Einflussfaktoren: der Bevölkerungsentwicklung, verstärkter Anstrengung zur Abfallvermeidung, Getrenntsammlungszielen sowie klimatischen Veränderungen und städteplanerischer Entwicklungen. Im Zeitraum von 2020 bis 2045 steigt das prognostizierte Gesamtaufkommen unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren und der angestellten Prognose leicht auf ca. 1,18 Mio. Mg/a bzw. um 1 Ma.-% ggü. 2020 an. Die Zusammensetzung des prognostizierten Biomasseaufkommens verändert sich vor allem im Bereich der Küchen- und Gartenabfälle aus privaten Haushalten aufgrund der angestrebten Reduktion der im Restabfall enthaltenen Organik um 50 % bis 2030 und deren getrennte Erfassung über die Biotonne. Zudem sollen Küchenabfälle bis 2045 halbiert werden. Klimatische und städteplanerische Veränderungen wirken insbesondere auf Baum- und Strauchschnitt sowie Laub und Mähgut von öffentlichen Grünanlagen. Die genannten Einflussfaktoren und ihre Entwicklung quantitativ auf das Pflanzenwachstum und somit auf das Aufkommen einzelner Biomassearten zu beziehen ist sehr aufwändig und sprengt den für die vorliegende Studie vorgesehenen Rahmen. Darüber hinaus hängt das Aufkommen der durch diese Faktoren beeinflussten Biomassen von der städteplanerischen Klimaschutzstrategie des Landes Berlin ab.

Das für den Status Quo ermittelte Biomasseaufkommen entspricht gleichzeitig dem gesamten Biomassepotenzial. Die Fraktion Organik im Restabfall, die im Wesentlichen aus Küchen- und Gartenabfällen besteht, wird an dieser Stelle aufgrund ihrer Beschaffenheit ebenfalls als (vergärbare) Potenzial gesehen, da sie, im Falle einer 100 %-igen Getrennterfassung, weiterhin potenziell energieerzeugend verwertet

werden kann. Zudem würde bei einer Vergärung eine stoffliche Verwertung der entsprechenden Mengen erfolgen.

Vor dem Hintergrund das ermittelte Biomassepotenzial für die Energieerzeugung zu erschließen, erfolgt auf Basis des Status Quo eine Unterteilung des Gesamtpotenzials in drei Kategorien: das bereits erschlossene Potenzial (BEP – ca. 74 Ma.-% bzw. 863.400 Mg/a), das zukünftig erschließbare Potenzial (ZEP – ca. 24 Ma.-% bzw. 281.000 Mg/a), sowie das nicht erschließbare Potenzial (NEP – ca. 2 Ma.-% bzw. ca. 17.000 Mg). Das ZEP ergibt sich aus den Biomassearten, die entweder der Kompostierung oder einer einfachen stofflichen Verwertung (Verbleib als Mulchmaterial auf der Fläche, Ausbringung als Dünger auf landwirtschaftlich genutzten Flächen) zugeführt werden und aufgrund ihrer Beschaffenheit grundsätzlich für eine Vergärung oder den Einsatz als Brennstoff geeignet sind. Das NEP umfasst jene Biomassearten, die im Status Quo einer stofflichen Verwertung (z.B. zur Herstellung von Futtermittel oder Produkten wie Spanplatten) zugeführt werden und somit im Sinne der Abfallhierarchie nicht für die energetische Verwertung genutzt werden sollten.

Auf Basis von Heizwerten bzw. Biogaserträgen werden für jede Biomasseart Brennstoff- bzw. Biogaspotenziale berechnet und zu einem Energiepotenzial zusammengeführt. Dieses Energiepotenzial bildet die in der Biomasse gebundene Energie ab und ist nicht mit der sog. Endenergie gleichzusetzen, die aus Energieerzeugungsanlagen mit spezifischen thermischen und elektrischen Wirkungsgraden ausgekoppelt wird. Für die in Berlin anfallende Biomasse ergibt sich im Status Quo ein Energiepotenzial von insgesamt ca. 2.053 GWh/a, davon entfallen ca. 1.814 GWh/a (88 %) auf das Brennstoff- und ca. 239 GWh/a (12 %) auf das Biogaspotenzial. Rund 1.705 GWh/a bzw. ca. 104 GWh/a des Brennstoff- bzw. Biogaspotenzials werden derzeit genutzt (insgesamt ca. 88 %). Hier mitinbegriffen ist das berechnete Brennstoffpotenzial, welches die im Gemisch mit Restabfall gesammelte Organik enthält (434 GWh/a)³⁰. Die Mono-Fraktion Organik birgt ein geschätztes Biogaspotenzial von 233 GWh/a, welches als solches derzeit jedoch (durch die gemeinsame energetische Verwertung mit Restabfall) nicht genutzt wird. Während ca. 22 GWh/a nicht erschließbar sind, verbleiben ca. 221 GWh/a (11 % des gesamten Energiepotenzials) als ZEP_{Energie}.

Im Rahmen einer Szenario-basierten Sensitivitätsbetrachtung werden die bis 2045 prognostizierten Biomasse- und Energiepotenziale (BEP und ZEP) hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit, für die Energienutzung erschlossen zu werden, näher betrachtet. Die Fraktion Organik im Restabfall (Teilmenge des BEP) wird hierbei außer Betracht gelassen; lediglich die durch die angestrebte gesteigerte Getrenntsammlung in die Biotonne umgelenkte Menge wird sichtbar. Daraus resultiert neben dem o.g. maximalen Biomasse- und Energiepotenzial abzüglich des Biomasse- und Energiepotenzials für Organik im Restabfall (754.000 Mg/a bzw. 1.600 GWh/a) ein minimales Biomasse- bzw. Energiepotenzial in Höhe von ca. 618.000 Mg/a bzw. ca. 1.520 GWh/a. Hierbei bleiben z.B. die prognostizierte gesteigerte Getrenntsammlung von Küchen- und Gartenabfällen sowie die Erschließung von Biomasse aus dem privatwirtschaftlichen Bereich (u. a. GaLaBau-Betriebe, Pferdehaltungen) außer Betracht. Berücksichtigt wird hingegen eine gesteigerte hochwertige stoffliche Verwertung für getrennt gesammeltes Altholz, die dessen Verfügbarkeit zur energetischen Verwertung folglich reduziert.

Die Gegenüberstellung des Biomasseaufkommens mit den im Zeitraum von 2020 bis 2045 voraussichtlich verfügbaren Biomasseverwertungskapazitäten in Berlin zeigt auf, dass durch steigende

³⁰ Zur Berechnung des Brennstoffpotenzials für Organik im Restabfall wurde ein Heizwert von 4 MJ/kg angesetzt. Nur durch die Vermischung und gemeinsame Verbrennung mit heizwertreichen Abfällen ist das Brennstoffpotenzial von Organik nutzbar.

Anlagenkapazitäten verschiedene Biomassen zukünftig zunehmend anfallortsnah verwertet werden könnten. Unterstellt wird hierbei, dass die derzeit für die Auslastung der bestehenden Verwertungs-kapazitäten für holzige Biomassen importierten Mengen durch Berliner Biomasse substituiert werden. Allerdings besteht für die Verwertung von vergärbaren Biomassen (getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle, Weichorganik – Mähgut, Tiermist, Speisereste und Fette) sowie für Weichorganik – Laub grundsätzlich ein Kapazitätsbedarf bis in das Prognosejahr 2045. Je nach Szenario und Betrachtungszeitraum schwankt dieser Bedarf zwischen ca. 236.000 Mg/a und 372.000 Mg/a im Jahr 2020 bzw. zwischen 133.000 Mg/a und 465.000 Mg/a im Jahr 2045. Dadurch bleibt auch ein Teil des Energiepotenzials ohne den bereits geplanten Ausbau von Verwertungs-kapazitäten in Höhe von 193 GWh/a bis 274 GWh/a (2020) bzw. 109 GWh/a bis 307 GWh/a (2045) für Berlin ungenutzt.

Zur Erschließung der aufgeführten Biomasse- und der damit verbundenen Energiepotenziale für die Berliner Wärmeversorgung sind verschiedene Maßnahmen zu ergreifen. Als zentrale Maßnahmen sollten neben dem Ausbau von geeigneten Aufbereitungsverfahren (insb. für Laub) und Verwertungs-kapazitäten (insb. zur Vergärung), vor allem auf Ebene der Erfassung Maßnahmen zur gesteigerten Getrennt-sammlung ergriffen werden. Zudem sollten Instrumente zur Stoffstromlenkung genutzt und im Rahmen eines zentralen Verwertungskonzeptes für Berlin gebündelt werden. Alternative Verwertungstechniken (z.B. Herstellung von Pflanzenkohle) sowie Ansätze, die dezentral auf Bezirks- oder Quartiersebene wirken, sollten in solch einem Konzept Berücksichtigung finden und die zentralen Maßnahmen flankieren.

Zur Erreichung der Klimaneutralität sollen ggü. dem Jahr 1990 die CO₂-Emissionen insgesamt um 95 % reduziert werden. Das entspricht einem Zielwert von 1,5 Mio. Mg CO₂-Äq im Jahr 2045. Ausgehend vom Jahr 2020, ist dafür eine Reduktion von insgesamt ca. 16,6 Mio. Mg CO₂-Äq bis 2045 bzw. von ca. 0,7 Mio. Mg CO₂-Äq pro Jahr erforderlich. Im Vergleich dazu liegt das Nettoentlastungspotenzial der Nutzung der Abfallbiomassen im Status Quo mit ca. -0,21 Mio. Mg CO₂-Äq /a (siehe Kapitel 4.3) bei ca. 30% dieser Emissionen. Würde die Umlenkung des „zukünftig erschließbaren Biomassepotenzials“ (ZEP) in einen Verwertungsweg mit Energieerzeugung unmittelbar erfolgen (Stand 2020), würde das gesamte Nettoentlastungspotenzial auf ca. 39% der jährlich in Berlin einzusparenden CO₂-Emissionen steigen. In der Zeitreihe werden die Nettoentlastungspotenziale allerdings mit zunehmender Defossilisierung abnehmen, da Energie zunehmend erneuerbar erzeugt wird. Gutschriften für Energie aus Abfall gehen bis zum Jahr 2045 bis auf Null zurück.

Die THG-Ergebnisse der vier untersuchten Szenarien zur Potenzialerschließung zeigen, dass eine Umlenkung krautiger Biomassen von einer reinen Kompostierung oder Mulchung zu einer kombinierten stofflichen und energetischen Verwertung (Vergärung) in jedem Fall einen Klimaschutzbeitrag leistet. Dies gilt auch künftig mit zunehmender Defossilisierung, da die energetische Nutzung bei der Vergärung zusätzlich zur stofflichen Nutzung erfolgt. Holzige Biomassen werden in Berlin bereits überwiegend energetisch genutzt. Rein aus Klimaschutzsicht ist diese Nutzung zum Stand 2020 gegenüber einer stofflichen Verwertung von Altholz zu Spanplatten vorteilhaft. Die Kaskadennutzung von dafür geeignetem Altholz ist dennoch vorzuziehen, da zum einen dadurch anteilig Flächen geschont werden (Ressourcenschutz, Schutz der Biodiversität) und zum anderen das Holz zu einem späteren Zeitpunkt, wenn es nicht mehr für eine stoffliche Verwertung geeignet ist, immer noch energetisch genutzt werden kann.

Ausblick

Die energetische Verwertung von Abfallbiomassen erfolgt zum Stand 2020 ganz überwiegend in KWK-Anlagen, d. h. es wird sowohl Strom als auch Wärme erzeugt. In den vier betrachteten Szenarien wurde

diese Nutzungsart nicht variiert. Auch Möglichkeiten zur Steigerung der Nutzung von erzeugter Wärme lagen nicht im Betrachtungsrahmen³¹. In dieser Studie konnte das Potenzial für eine Wärmeerzeugung anhand der Energiepotenziale in den Abfallbiomassen betrachtet werden. In weitergehenden Untersuchungen könnten Effizienzsteigerungen oder Technologiewechsel mit Blick auf das Berliner Wärmekataster und eine möglichst umfassende Wärmeerzeugung und -nutzung aufgegriffen werden. Aus Klimaschutzsicht liegen die Nettoentlastungspotenziale für eine KWK-Nutzung (z. B. Heizkraftwerke) zum Stand 2020 höher als für eine reine Wärmeerzeugung und -nutzung aus Abfall (z. B. Verbrennung holziger Biomasse in Heizwerken). Allerdings wird sich dieses Verhältnis aller Voraussicht nach mit zunehmender Defossilisierung verändern. Zur Erzeugung von erneuerbarem Strom stehen mehr Quellen zur Verfügung als für die Erzeugung von erneuerbarer Wärme, und die Stromwende verläuft schneller bzw. lässt sich leichter realisieren als die Wärmewende. Insofern könnten weitergehende Untersuchungen zeigen, ab wann eine reine Wärmeerzeugung und -nutzung aus Abfall sowohl für das Energiesystem als auch aus Klimaschutzsicht vorteilhafter wäre oder sein könnte als eine KWK-Nutzung.

Neben den in der Studie quantitativ betrachteten Biomassen werden in Berlin weitere biogene Abfall- und Reststoffe erzeugt, die Potenziale für die Wärmeerzeugung darstellen. Durch die Optimierung des Vollzugs und der Kontrolle der Getrenntsammlung von Speiseresten und Fetten in Gastronomie und Handel, oder durch gezielte Kooperationen mit produzierenden Gewerben ließen sich weitere Biomassemen-gen für eine energetische Verwertung erschließen. In weiterführenden Untersuchungen könnte dieses Potenzial quantifiziert werden.

³¹ Die Nutzungsgrade von Biomasse-HKWs oder von Wärme aus Biogas-BHKWs entsprechen dem Status Quo.

10 Literaturverzeichnis

- Adam, R., Zeng, T., Adam, R., Zeng, T., Röver, L., Schneider, P., Werner, H., Birnbaum, T., Lenz, V., 2024. Erfolgreiche Demonstration des Einsatzes von Laub-Holz- Mischpellets als „sonstiger nachwachsender Rohstoff“ gemäß § 3 (1) Nr. 13 der 1. BImSchV Müll und Abfall, 17–23.
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2023. Einwohnerregisterstatistik Berlin 30. Juni 2023 (No. Statistischer Bericht). Potsdam.
- Baserga, U., 2000. Vergärung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Stoffdaten, Gärtechnik und ge-setzliche Grundlagen. In: 3_Zielprodukte_Basisdaten.
- Berliner Regenwasseragentur, 2024. Die Innenstadt zur Schwammstadt machen. Berl. Regenwasseragentur. URL <https://regenwasseragentur.berlin/berlins-innenstadt-zur-schwammstadt-machen/> (accessed 1.29.24).
- BMEL, 2023. Pakt gegen Lebensmittelverschwendung - Vereinbarung zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen zwischen dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und Unternehmen des deutschen Lebensmittelgroß- und Einzelhandels. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft.
- BMEL, 2021. Zielvereinbarung zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen in der Außer-Haus-Verpflegung zwischen dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und Verbänden der Gastronomie und der Hotellerie (Zielvereinbarung). Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.
- BMEL, 2019. Nationale Strategie zur Reduzierung der Lebensmittelverschwendung. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Berlin.
- BSR, 2022. BSR-Abfallwirtschaftssatzung/BSR-Abfallgebührensatzung/ BSR-Straßenreinigungs- und -gebührensatzung. Berliner Stadtreinigung (BSR).
- BSR, 2020. BSR-Entsorgungsbilanz 2020 - Kurzfassung. Berliner Stadtreinigung (BSR). Berlin.
- BSR intern, 2022. Bio-Monitoring im Biogut und im Hausmüll nach Ausweitung der Bio-Tonne in Berlin. Jahresbericht 2019 - 2021 >BSR-interner Bericht<. Berliner Stadtreinigung (BSR), Berlin.
- BSR intern, 2021. Bio-Monitoring im Biogut und im Hausmüll nach Ausweitung der Bio-Tonne in Berlin. Jahresbericht 2019 - 2020 >BSR-interner Bericht<. Berliner Stadtreinigung (BSR), Berlin.
- Bubeck, P., Kienzler, S., Dillenardt, L., Mohor, G.S., Thieken, A.H., Sauer, A., Neubert, M., Blazejczak, J., Edler, D., 2020. Bewertung klimawandelgebundener Risiken: Schadenspotenziale und ökonomische Wirkung von Klimawandel und Anpassungsmaßnahmen (Abschlussbericht zum Vorhaben „Behördenkooperation Klimawandel und -anpassung“, Teil 1). Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau.
- BWB, 2024. Schwammstadt Berlin [WWW Document]. Berl. Wasserbetriebe. URL <https://www.bwb.de/de/schwammstadt-berlin.php> (accessed 1.29.24).
- BWB, 2023. Betreiberangaben durch Berliner Wasserbetriebe (BWB) vom 09.06.2023.
- DBFZ, 2020. Expertenschätzungen im Rahmen des Vorhabens “Arbeitsgruppe Biomassereststoffmonitoring” (AG Bi-oRestMon, FKZ 22019215). In: In: Biomassepotenziale_Basisdaten_2020.xlsx.
- Demografieportal, 2023. Bevölkerungszahl in Berlin [WWW Document]. Bund Länder Demogr. Portal. URL <https://www.demografie-portal.de/DE/Fakten/bevoelkerungszahl-berlin.html> (accessed 1.10.24).
- Destatis, 2023. 15. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung - Deutschland bis 2070 (Statistischer Bericht). Statistisches Bundesamt (Destatis).
- Döhler, H., 2013. Faustzahlen Biogas. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft; Fachagentur Nach-wachsende Rohstoffe. In 3_Zielprodukte_Basisdaten. Darmstadt.

- Dunkelberg, E., Weiß, J., Maaß, C., Möhring, P., Sakhel, A., 2021. Entwicklung einer Wärmestrategie für das Land Berlin. Abschlussbericht. Im Auftrag des Landes Berlin, vertreten durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz; Berlin.
- EWG Bln, 2016. Berliner Klimaschutz- und Energiewendegesetz (EWG Bln) vom 22. März 2016. Zum 29.01.2024 aktuellste verfügbare Fassung der Gesamtausgabe.
- Fehrenbach, H., 2019. Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor bis 2030.
- Hinz, P., 2020. Ergebnisprotokoll der 95. Umweltministerkonferenz am 13. November 2020 per Videokonferenz.
- Hirschl, B., Schwarz, U., Weiß, J., Hirschberg, R., Torliene, L., 2021. Berlin Paris-konform machen. Eine Aktualisierung der Machbarkeitsstudie "Klimaneutrales Berlin 2050" mit Blick auf die Anforderungen aus dem UN-Abkommen von Paris. Im Auftrag des Landes Berlin, vertreten durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin, Berlin.
- ICU, 2009. Nutzung von Biomasse in Berlin. Witzenhausen Institut für Abfall und Energie GmbH und ICU, Witzenhausen.
- ICU, u.e.c., 2021. Umsetzung der klimaverträglichen Biomasse-Verwertung (Laub und Mähgut). Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin.
- ifeu, 2021. Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2020 für das Land Berlin. Regine Vogt, Noora Harju. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt. Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin.
- ifeu, 2015. Stoffstrom-, Klimagas- und Umweltbilanz für das Jahr 2014 für das Land Berlin. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm), Referat Kreislaufwirtschaft, 10179 Berlin. Berlin.
- IPCC, 2022. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change - Summary for Policymakers. Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC), Cambridge and New York.
- Kranert, M., Hafner, G., Barabosz, J., Schneider, F., Lebersorger, S., Scherhaufen, S., Schuller, H., Leverenz, D., 2012. Ermittlung der weggeworfenen Lebensmittelmengen und Vorschläge zur Verminderung der Wegwerfrate bei Lebensmitteln in Deutschland. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Stuttgart.
- Krause, T., Mantau, U., Mahro, B., Noke, A., Richter, F., Raussen, T., Bischof, R., Hering, T., Thrän, D., Brosowski, A., 2020a. Nationales Monitoring biogener Reststoffe, Nebenprodukte und Abfälle in Deutschland Teil 1: Basisdaten zu Biomassepotenzialen. <https://doi.org/10.48480/6mz1-zs78>
- Krause, T., Pohl, M., Klemm, M., Wirth, B., Gröngröft, A., Müller-Langer, F., Hartmann, I., Radtke, K., Thrän, D., Brosowski, A., 2020b. Nationales Monitoring biogener Reststoffe, Nebenprodukte und Abfälle in Deutschland Teil 2: Rohstoffeigenschaften und Konversionsfaktoren. <https://doi.org/10.48480/EGCS-T204>
- KWU, 2023. 3. Fortschreibung des integrierten Abfallwirtschaftskonzeptes für den Landkreis Oder-Spree für den Zeitraum 2022 bis 2031. Kommunalen Wirtschaftsunternehmen Entsorgung, SHC Sabrowski-Hertrich-Consult GmbH, Fürstenwalde.
- LfL, 2020. Biogasausbeuten verschiedener Substrate. In 3_Zielprodukte_Basisdaten. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Ma, J., Wilson, K., Zhao, Q., Yorgey, G., Frear, C., 2013. Odor in Commercial Scale Compost: Literature Review and Critical Analysis. Washington State University, Department of Ecology, Olympia, Washington.
- MLUK, 2023. Klärschlamm Entsorgung und Phosphorrückgewinnung im Land Brandenburg. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz (MLUK), Potsdam.

- Müller-Lohse, L., 2021. Biokraftstoffe: Überblick, aktueller Stand und Zielsetzungen mit Fokus auf Biome-
than.
- NABU, 2023. Bioabfallsammlung in Deutschland - Ergebnisse einer NABU-Erhebung.
- Naegeli de Torres, F., Bröder, R., Cyffka, K.-F., Fais, A., Kalcher, J., Kazmin, S., Meyer, R., Radtke, K.S., Richter,
F., Selig, M., Wilske, B., Thrän, D., 2023. DBFZ Resource Database: DE-Biomass Monitor. Biomass
Potentials and Utilization of Biogenic Wastes and Residues in Germany 2010-2020.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10370137>
- PIA, 2023. Vertrag über Rückkauf der Vattenfall Wärme Berlin AG unterzeichnet! Vom 19.12.2023 [WWW
Document]. Presse- Informationsamt Landes Berl. PIA. URL [https://www.berlin.de/rbmskzl/ak-
tuelles/pressemitteilungen/2023/pressemitteilung.1397921.php](https://www.berlin.de/rbmskzl/ak-
tuelles/pressemitteilungen/2023/pressemitteilung.1397921.php) (accessed 2.6.24).
- RBB, 2023. Umbau Berlins zur Schwammstadt würde bis zu 10 Milliarden Euro kosten [WWW
Document]. Rundfunk Berl.-Brandenbg. URL [https://www.rbb24.de/politik/bei-
trag/2023/07/klimakrise-umbau-stadt-schwammstadt-kosten-berlin-.html](https://www.rbb24.de/politik/bei-
trag/2023/07/klimakrise-umbau-stadt-schwammstadt-kosten-berlin-.html) (accessed 1.29.24).
- Roberts, K.G., Gloy, B.A., Joseph, S., Scott, N.R., Lehmann, J., 2010. Life cycle assessment of biochar systems:
Estimating the energetic, economic and climate change potential. In *Env* 44, 827–833.
- Schmidt, H., 2011. Wege zu Terra Preta – Aktivierung von Pflanzenkohle. *Ithaka Journal* 28–32.
- Schmidt, H., Anca-Couce, A., Hagemann, N., Werner, C., Gerten, D., Lucht, W., Kammann, C., 2019. Pyrogenic
carbon capture and storage. *GCB Bioenergy* 11, 573–591. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12553>
- Schröter-Schlaack, C., Aicher, C., Grünwald, R., Revermann, C., Schiller, J., 2019. Das Potenzial algenbasier-
ter Kraftstoffe für den Lkw-Verkehr.
- SenMVKU, 2021. Abfallwirtschaftskonzept für Siedlungs- und Bauabfälle sowie Klärschlämme Planungs-
zeitraum 2020 bis 2030 -Zero Waste Strategie des Landes Berlin. Senatsverwaltung für Mobilität,
Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU), Berlin.
- SenSBW, 2023. Geoportal Berlin, Fis-Broker. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen
(SenSBW).
- SenSBW, 2022a. Geoportal Berlin / Kleingärten in Berlin. Fis-Broker.
- SenSBW, 2022b. Geoportal Berlin / Versiegelung. Fis-Broker.
- SenSBW, 2022c. Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2021 – 2040 (Gesamtbericht). Senats-
verwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen (SenSBW), Berlin.
- SenSBW, 2021. Flächennutzung und Stadtstruktur; Dokumentation der Kartiereinheiten und Aktualisie-
rung des Datenbestandes 2020, Informationssystem Stadt und Umwelt, Umweltatlas. Senatsver-
waltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen (SenSBW), Berlin.
- SenWiEnBe, 2023a. Wirtschafts- und Innovationsbericht Berlin 2022/2023. Senatsverwaltung für Wirt-
schaft, Energie und Betriebe (SenWiEnBe), Berlin.
- SenWiEnBe, 2023b. Energieatlas Berlin. Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe (Sen-
WiEnBe).
- Thrän, D., Lenz, V., Zeller, V., Schwenker, A., Lorenz, H., Peters, W., 2020. Gutachterliche Einordnung des
Landschaftspflegebonus im EEG 2009. In: *Biomassepotenzia-le_Basisdaten_2020.xlsx*.
- UBA, 2021. Ermittlung von Kriterien für hochwertige anderweitige Verwertungsmöglichkeiten von Bio-
abfällen - Endbericht (Ressortforschungsplan des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit). Ökoinstitut e.V. Darmstadt/Berlin und u.e.c. Berlin GmbH, Dessau-Roß-
lau.
- Vattenfall, 2023. Vattenfall verkauft das Berliner Wärmegeschäft vollständig an das Land Berlin. Vom
19.12.2023 [WWW Document]. Vattenfall. URL [https://group.vattenfall.com/de/news-
room/pressemitteilungen/2023/vattenfall-verkauft-sein-warmegeschaft-und-raumt-dem-land-
berlin-eine-kaufoption-seiner-anteile-an-der-gasag-ein](https://group.vattenfall.com/de/news-
room/pressemitteilungen/2023/vattenfall-verkauft-sein-warmegeschaft-und-raumt-dem-land-
berlin-eine-kaufoption-seiner-anteile-an-der-gasag-ein) (accessed 2.6.24).

- Vogt, R., Harju, N., Auberger, A., Bulach, W., Merz, C., Dehoust, G., Stahl, H., Gonser, J., Küchen, V., 2023. Ermittlung der Klimaschutzpotentiale in der Kreislaufwirtschaft für Deutschland und die EU/Teilbericht EU. Umweltbundesamt.
- Wagner, R., 2023. CO₂-Minderungspotential im Tierpark Berlin durch die Verwertung organischer Reststoffe zu Pflanzenkohle und Wärme - Endergebnisse des CarboTIP-Projektes (Teil 1). Müll und Abfall 4–23, 204–211.
- Wagner, R., Kocikowski, M., Terytze, K., 2020. Pflanzenkohle zur klimafreundlichen Kompostierung von Festmist und Grünschnitt – Ergebnisse aus dem CarboTIP Projekt. MÜLL ABFALL 7. <https://doi.org/10.37307/j.1863-9763.2020.03.07>
- Weis, W., Wellpott, A., Falk, W., Wehberg, J.-A., Böhmer, J., 2022. Klimawandel und der Wasserhaushalt unserer Wälder - AFZ [WWW Document]. Dlv Digit. App. URL https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2022-15/waldokologie/012_klimawandel-und-der-wasserhaushalt-unserer-waelder (accessed 1.29.24).
- Zeiser, A., 2023. Verwendung von Pflanzenkohle für multifunktionale Stadtbaumstandorte - Erfahrungen aus Österreich.
- Zimmermann, J., Sievert, E., Suwalski, J., 2023. Germany: uneven demographic trends weigh on medium-term growth as near-term downturn worsens. Vom 19.09.2023. Scope Ratings GmbH, Berlin.
- Zozmann, E., Lenk, C., 2023. Pflanzenkohle als C-Senke: technische, ökonomische und ökologische Aspekte. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW).

11 Anhang

Tabelle 11-1: Abfallkenndaten

Code	Biomasse	Parameter	Einheit	Rechenwert	Quelle	Kommentar/Erläuterung
BIO	Organik im Haus- und Geschäftsmüll	Heizwert	MJ/kg	4	(BSR intern, 2022)	Heizwert Küchenabfälle 4077 kJ/kg
	Biogut	Biogasertrag	m ³ /Mg	100	SKU-Bilanz	gerundet in Anlehnung an Werte BSR Biogas West
	Biogut	Methangehalt	Vol%	60	SKU-Bilanz	gerundet in Anlehnung an Werte BSR Biogas West
	Eigenkompostierung	Methanertrag	m ³ /Mg	60		Annahme wie Biogut
	Organikabfall im Laubsack	Methanertrag	m ³ /Mg	60		Annahme wie Biogut
Heizwert		MJ/kg	4,7	(ICU and u.e.c., 2021)		
LEA	Laub, Straßenlaub	Biogasertrag	m ³ /Mg	147,6		berechnet mit TS-Gehalt DBFZ 2020a [1]
		Heizwert	MJ/kg	3,8	(ICU and u.e.c., 2021)	
		Schüttdichte	Mg/m ³	0,25	(ICU, 2009)	
		Methangehalt	Vol%	53%	DBFZ 2020b [8]	Mittelwert (n=2)
	Laub	Heizwert	MJ/kg	4	(ICU and u.e.c., 2021)	
	Laubsäcke	Heizwert	MJ/kg	5	(ICU and u.e.c., 2021)	
SLM	Mähgut	Biogasertrag	m ³ /Mg	155,4		berechnet mit TS-Gehalt DBFZ 2020a [14]
		Methangehalt	Vol%	54%	DBFZ 2020b [3]	Mittelwert (n=2)
		Heizwert	MJ/kg	2	(ICU and u.e.c., 2021)	
		Schüttdichte	Mg/m ³	3,5	(ICU, 2009)	
	Halmgut Streuobstwiese	Ertrag	tFM/ha	6 bis 10	DBFZ 2020a [14]	
	Halmgut Heidefläche	Ertrag	tFM/ha	3 bis 6,5	DBFZ 2020a [14]	
STR	Straßenbegleitgrün	Heizwert	MJ/kg	2	(ICU and u.e.c., 2021)	
	Grünschnitt	Heizwert				Annahme wie Straßenbegleitgrün

Code	Biomasse	Parameter	Einheit	Rechenwert	Quelle	Kommentar/Erläuterung
HOM	Pferdemist	Biogasertrag	m ³ /Mg	94,3		berechnet mit TS-Gehalt DBFZ 2020a [1]
	Pferdemist	Methangehalt	Vol%	54%	DBFZ 2020b [6]	Mittelwert (n=2); Pferdekot ohne Stroh und Pferdemist/-äpfel
-	Tiermist und Einstreu	Schüttdichte	Mg/m ³	0,6	(ICU, 2009)	
CFW/ KCW	Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle	Biogasertrag	m ³ /Mg	106,5	SKU-Bilanz	
	Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle	Methangehalt	Vol%	60%	SKU-Bilanz	
-	Fettabscheiderinhalte	Biogasertrag	m ³ /Mg	180	SKU-Bilanz	
	Fettabscheiderinhalte	Methangehalt	Vol%	68%	SKU-Bilanz	
PCO	Altfette	Biogasertrag	m ³ /Mg	850,3	DBFZ 2020b [3], [6]	berechnet aus oTS, TS, ..
	Altfette	Methangehalt	% CH ₄	68%	DBFZ 2020b [3], [6]	Altfrittierfett [3], Frittierfett [6]
	Altfette	Heizwert	MJ/kg	37,2	SKU-Bilanz	Heizwert für Altfettmethylester
	Ungefaulter Klärschlamm (Rohschlamm)	Heizwert	MJ/kg	2,86	SKU-Bilanz	berechnet aus Hi=17 MJ/kg TS
	Gefaulter Klärschlamm, Fremdschlamm in KSVA	Heizwert	MJ/kg	1,75	SKU-Bilanz	berechnet aus Hi=14 MJ/kg TS
	Gefaulter Klärschlamm	Heizwert	MJ/kg	1,73	SKU-Bilanz	berechnet aus Hi=14 MJ/kg TS
	Gefault und getrockneter Klärschlamm	Heizwert	MJ/kg	13,31	SKU-Bilanz	berechnet aus Hi=14 MJ/kg TS
PRU	Baum- und Strauchschnitt	Heizwert	MJ/kg	9	SKU-Bilanz	
		Schüttdichte	Mg/m ³	0,34	(ICU, 2009)	
	Weihnachtsbäume	Heizwert	MJ/kg	10,5	SKU-Bilanz	
	Stammholz und Stubben	Heizwert				Annahme wie Weihnachtsbäume

Code	Biomasse	Parameter	Einheit	Rechenwert	Quelle	Kommentar/Erläuterung
		Schüttdichte	Mg/m ³	0,6	(ICU, 2009)	
	Holzbewuchs Streuobstwiese	Ertrag	tFM/ha	2 bis 5	DBFZ 2020a [14]	
	Holzbewuchs Heidefläche	Ertrag	tFM/ha	1 bis 3	DBFZ 2020a [14]	
WAW	Altholz	Heizwert	MJ/kg	16	SKU-Bilanz	
		Schüttdichte	Mg/m ³	0,34	Statistisches Landesamt Bayern	

Weitere Quellen:

DBFZ 2020a [1] **(DBFZ, 2020)** | DBFZ 2020a [14]: **(Thrän et al., 2020)** | DBFZ 2020b [3]: **(LfL, 2020)**
 DBFZ 2020b [6]: **(Döhler, 2013)** | DBFZ 2020b [8]: **(Baserga, 2000)**

Tabelle 11-2: Nutzungsgrade Energieerzeugungsanlagen

Energieerzeugungsanlage	Elektrischer Nutzungsgrad	Thermischer Nutzungsgrad	Quelle	Kommentar/Erläuterung
Holz-HKW Berlin/BRB¹ für holzige Biomasse	18,4%	47,5%	SKU-Bilanz 2020	berechnet mit allgemeinem Verteilschlüssel für energetische Holznutzung
Holz-HKW Berlin/BRB¹ für Altholz (inkl. BSR-Mengen)	19,3%	43,7%	SKU-Bilanz 2020	berechnet mit Verteilschlüssel für Altholz (inkl. BSR-Mengen)
Biomasse-HKW Durchschnitt Deutschland	21,3%	15%	(Flamme et al. 2018)	
MVA Durchschnitt Deutschland	11,1%	33,5%	(Flamme et al. 2018)	
EBS-Kraftwerk	14,7%	45,4%	(Flamme et al. 2018)	
Biogas-BHKW	30%	6%	z.B. (Vogt et al. 2023)	Wirkungsgrade 37,5% elektrisch, 43% thermisch abzgl. Eigenbedarf und Annahme 20% der Überschusswärme können extern genutzt werden

1. Holz-HKW Berlin-Neukölln, Sonae Arauco BHW Beeskow, MVV HKW Königs-Wusterhausen, Pfeleiderer HKW Baruth, 1Heiz Energie HKW Eberswalde, ORS BMKW Rietz-Neuendorf, durchschnittliche Biomasse-HKW für nicht zuordenbare Mengen (< 2%)

Tabelle 11-3: In Betrieb befindliche Berliner Verwertungsanlagen von Biomasse

Betreiber	Kraftwerk	Brennstoff	Technologie	Kapazität [Mg/a]	Produkt	Nutzung
Berliner Wasserbetriebe	KSVA Ruhleben	Klärschlamm	Wirbelschichtofen	211.000	Strom, Wärme	Eigenbedarf
	Klärwerk Schönerlinde	Klärschlamm	BHKW		Strom, Wärme	Eigenbedarf
	Klärwerk Münchehofe	Klärschlamm	BHKW		Strom, Wärme	Eigenbedarf
	Klärwerk Waßmannsdorf	Klärschlamm, Fettabscheiderinhalte	BHKW		Strom, Wärme	Eigenbedarf
	Klärwerk Stahnsdorf	Klärschlamm	BHKW		Strom, Wärme	Eigenbedarf
	Klärwerk Wansdorf	Klärschlamm	BHKW		Strom, Wärme	Eigenbedarf
BSR	MHKW Ruhleben	Restabfall mit 48 %-igem Organikanteil	Rostfeuerung	520.000	Strom, Wärme	Fernwärme
	BSR Biogas West	Bioabfall		75.000	Biomechan	Biomechanerinspeisung
BTB	HHKW Berlin-Neukölln	Holzige Biomasse (Altholz), Kaffeesatz	Kondensationsmaschine mit Entnahme	250.000	Strom, Wärme	Fernwärme
FEIGEL Umwelt-Service GmbH	Fettaufbereitungsanlage	Fettabscheiderinhalte			Biodiesel	
Vattenfall	HKW Märkisches Viertel	Holzige Biomasse (Natur)	Kraft-Wärme-Kopplung, Gegendruckmaschine mit Entnahme, Rostfeuerung	70.000		Fernwärme
	HKW Moabit	Holzige Biomasse (Natur)	Zirkuläre WSF	30.000		Fernwärme

Tabelle 11-4: Für die Mengenprognose der biogenen Abfall- und Reststoffe quantitativ und qualitativ berücksichtigten Einflussfaktoren

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	Bevölkerung	Getrenntsammlung	Vermeidung	Klima-, Stadt- und Flächenentwicklung ³²	Andere bzw. keine Faktoren ³³
Organik im Haus- und Geschäftsmüll	Organik im Haus- und Geschäftsmüll	X	X	X		
getrennt gesammelte Küchen- und Gartenabfälle aus Privathaushalten	Bioabfall (BIOGUT)	X	X	X		
	Eigenkompostierung	X		X		
holzige Biomasse	Holz aus Sperrmüll zur energetischen Verwertung	X				
	Holz aus Vorbehandlungsanlagen					X
	getrennt gesammeltes Altholz (AI bis AIII) (BSR)	X		X		
	getrennt gesammeltes Altholz (AI bis AIII) (Holzkontore)					X
	Altholz (AIV)					X
	Baum- und Strauchschnitt				X	
	Stammholz und Stubben				X	
	Weihnachtsbäume (BSR)					X
Weichorganik	Organik-Abfälle in Laubsäcken				X	
	Laub				X	

³² Der Einfluss von Klimaveränderung und stadtplanerischer Tätigkeiten auf das Aufkommen biogener Abfall- Und Reststoffe ist aufgrund der Komplexität, Variabilität und Fehleranfälligkeit nicht mit in die Mengenprognose eingeflossen. Stattdessen erfolgt eine qualitative überschlägige Betrachtung dieser Einflussfaktoren.

³³ Sofern Daten aus den Abfallbilanzen der BSR für die Jahre 2020 bis 2022 verfügbar waren, wurde der Mittelwert für den Zeitraum 2023 bis 2045 fortgeschrieben.

³⁴ Für Waldrestholz konnten im Status Quo keine Mengen ermittelt werden. Eine Mengenprognose ist somit nicht möglich.

Gruppe	Biogener Abfall- / Reststoff	Bevölkerung	Getrenntsammlung	Vermeidung	Klima-, Stadt- und Flächenentwicklung ³²	Andere bzw. keine Faktoren ³³
	Laub (Straßenlaub)				X	
	Straßenbegleitgrün (Straßenkehrricht Organik)				X	
	Mähgut				X	
	Mähgut und Laub				X	
	Grünschnitt				X	
	Erntereste Landwirtschaft				X	
Rückstände aus dem Klärwerk (TM)	Ungefaulter Klärschlamm (Rohschlamm)	X				
	Gefaulter und anteilig getrockneter Klärschlamm	X				
	Rechengut gesamt (biogener Anteil n.b.)	X				
Speisereste und Fette aus Gastronomie und Handel	Speisereste und überlagerte Lebensmittelabfälle			X		
	Fettabscheiderinhalte					
	Altfette					
Tiermist	Pferdemist					X
	Tiermist und Einstreu					X
Produktions-spezifische Abfälle ³⁵	div.					X

³⁵ Die Datengrundlage für das Aufkommen biogener Abfall- und Reststoffe aus Produktionsstätten ist nicht repräsentativ und wird daher nicht in der Prognose berücksichtigt.