

## Kapazitäten der energetischen Verwertung von Abfällen in Deutschland und ihre zukünftige Entwicklung in einer Kreislaufwirtschaft

Strukturanalyse thermischer Anlagen innerhalb der  
deutschen Kreislaufwirtschaft

Berlin, 27.09.2019

### **Autorinnen und Autoren**

Günter Dehoust  
Öko-Institut e.V.

Holger Alwast  
Alwast Consulting

### **Geschäftsstelle Freiburg**

Postfach 17 71  
79017 Freiburg

#### **Hausadresse**

Merzhauser Straße 173  
79100 Freiburg  
Telefon +49 761 45295-0

### **Büro Berlin**

Schicklerstraße 5-7  
10179 Berlin  
Telefon +49 30 405085-0

### **Büro Darmstadt**

Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt  
Telefon +49 6151 8191-0

[info@oeko.de](mailto:info@oeko.de)  
[www.oeko.de](http://www.oeko.de)



**Partner:**

Holger Alwast

Alwast Consulting

Wolburgsweg 36 c

13589 Berlin

Telefon: +49 30 37 40 29 31

Mobil: +49 179 44 99 856

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>10</b>
<b>1. Hintergrund der Studie</b>	<b>11</b>
<b>2. Untersuchungsgegenstand</b>	<b>12</b>
2.1. Arbeitspaket 1: Status-Quo-Analyse	12
2.2. Arbeitspaket 2: Entwicklung der energetischen Verwertung in einer Kreislaufwirtschaft	12
<b>3. Verteilung der thermischen Behandlungsanlagen</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Abfallverbrennungsanlagen (MVA)</b>	<b>14</b>
3.1.1. Gesamtübersicht	14
3.1.2. Eigentümer- und Betreiberstrukturen der MVA	15
<b>3.2. Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke)</b>	<b>17</b>
3.2.1. Gesamtübersicht	17
3.2.2. Eigentümer- und Betreiberstrukturen der EBS-Kraftwerke	18
<b>3.3. Gesamtübersicht für die MVA und EBS-Kraftwerke</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Kohle- und Industriekraftwerke, Zementwerke und Kalkwerke</b>	<b>20</b>
3.4.1. Kohle- und Industriekraftwerke	20
3.4.2. Zementwerke	20
3.4.3. Kalkwerke	22
<b>4. Entwicklungen beim Zubau von MVA und EBS-Kraftwerken seit der letzten NABU-Studie aus dem Jahr 2009</b>	<b>22</b>
4.1. Abfallverbrennungsanlagen (MVA)	22
4.2. Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke)	23
<b>5. Input-Ströme sowie Auslastung der MVA und EBS-Kraftwerke</b>	<b>24</b>
5.1. Abfallverbrennungsanlagen (MVA)	24
5.2. Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke)	25
5.3. Gesamtübersicht für die MVA und EBS-Kraftwerke	26
5.4. Auslastung der MVA und EBS-Kraftwerke für einen rentablen Betrieb	27
5.4.1. MVA	27
5.4.2. EBS-Kraftwerke	31
<b>6. Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke</b>	<b>31</b>

<b>6.1.</b>	<b>Methodische Vorgehensweise zur Abschätzung des Modernisierungsbedarfs</b>	<b>31</b>
6.1.1.	Modernisierungsbedarf in den Regionen	32
6.1.2.	Modernisierungsbedarf nach Eigentümerstrukturen	32
6.1.3.	Technische Ausstattung und Energieeffizienz der deutschen MVA und EBS-Kraftwerke	32
<b>6.2.</b>	<b>Modernisierungsbedarf nach Regionen</b>	<b>34</b>
<b>6.3.</b>	<b>Modernisierungsbedarf nach Eigentümerstrukturen</b>	<b>36</b>
<b>6.4.</b>	<b>Modernisierungsbedarf der MVA nach deren Energieeffizienz</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>Pläne für einen Ausbau, Ersatz oder Rückbau der MVA- und EBS-Kraftwerkskapazitäten in Deutschland in der Zukunft</b>	<b>39</b>
<b>8.</b>	<b>Räumliche Muster für die Verbrennungsanlagen in Deutschland</b>	<b>40</b>
8.1.	Kapazitäten der Anlagen	40
8.2.	Eigentümer- und Betreiberstrukturen der Anlagen	40
8.3.	Inputströme und Auslastung der Anlagen	41
8.4.	Technische Ausstattung und Energieeffizienz der Anlagen	42
8.5.	Modernisierungsbedarf der Anlagen	42
<b>9.</b>	<b>Maßnahmen zur Durchsetzung der Abfallhierarchie</b>	<b>44</b>
9.1.	Verpackungsgesetz	44
9.2.	Gewerbeabfallverordnung	46
9.3.	Getrennte Erfassung von Bioabfällen	48
9.4.	Wiederverwendung und Recycling von Sperrmüll	50
9.5.	Abfallrahmen- und Einwegkunststoffrichtlinie	51
9.6.	Verursachergerechte Abfallgebühren	52
9.7.	Weitergehende Maßnahmen zur Vermeidung und stofflichen Verwertung	54
<b>10.</b>	<b>Zusammenfassende Darstellung der Reduktionsmengen</b>	<b>56</b>
10.1.	Szenario 1: Vollzug gültiger Gesetze	58
10.2.	Szenario 2: Vollzug gültiger Gesetze und weitergehende Maßnahmen	60
10.3.	Szenario 3: Aktive, weitergehende Kreislaufwirtschaft	62
10.4.	Ergebnisse im Überblick	66
10.5.	Folgen für den Ressourcen- und Klimaschutz	69
10.6.	Auswirkungen der Energiewende und des Kohleausstiegs	70
<b>11.</b>	<b>Fazit und Handlungsempfehlungen</b>	<b>74</b>
11.1.	Handlungsempfehlungen zur Förderung von Abfallvermeidung	74
11.1.1.	Festschreibung von quantitativen Vermeidungszielen	74

11.1.2.	Förderung und Finanzierung von Re-Use	74
11.1.3.	Förderung von langlebigen Produkten und Reparaturbetrieben	75
11.1.4.	Anhebung von Garantie- und Gewährleistungsfristen	75
11.1.5.	Festschreibung einer abfallvermeidenden Beschaffung	75
<b>11.2.</b>	<b>Handlungsempfehlungen zur Förderung von Recycling</b>	<b>75</b>
11.2.1.	Verbindliche Einführung von verursachergerechten Abfallgebührensyste- men mit Mindestanforderungen an ein begleitendes Abfallmanagement und Abfallberatung	75
11.2.2.	Beibehaltung der Recyclingquote für Wertstoffe aus Haushaltsabfällen von 65 % ab 2020	76
11.2.3.	Ausnahmslose, flächendeckende Umsetzung der Getrennthaltungspflichten für Wertstoffe aus Haushaltsabfällen	76
11.2.4.	Verpflichtende Einführung eines Sammelsystems für Elektrokleingeräte	76
11.2.5.	Verbindliche Vorgaben für den Rezyklateinsatz in Kunststoffverpackungen und Einwegprodukten	77
11.2.6.	Konkretisierung von § 21 Verpackungsgesetz zur ökologischen Steuerung durch Beteiligungsentgelte	77
<b>11.3.</b>	<b>Umgang mit den frei werdenden Verbrennungskapazitäten</b>	<b>77</b>
<b>11.4.</b>	<b>Stärkung des Vollzugs von Umweltgesetzen</b>	<b>77</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>79</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1:	Karte der im Rahmen der Studie vorgenommenen regionalen Aufteilung	14
Abbildung 3-2:	Übersicht über die 66 Müllverbrennungsanlagen (MVA) nach Regionen <sup>2</sup>	15
Abbildung 3-3:	Übersicht über die 32 EBS-Kraftwerke (EBS-Kraftwerke) nach Regionen <sup>2</sup>	17
Abbildung 3-4:	Übersicht über die 66 MVA und die 32 EBS-Kraftwerke nach Regionen	19
Abbildung 3-5:	Übersicht über den Einsatz von Ersatzbrennstoffen aus Siedlungs- und Gewerbeabfällen in den deutschen Zementwerken	22
Abbildung 5-1:	Durchsatz der 66 MVA nach Regionen	25
Abbildung 5-2:	Durchsatz der 32 EBS-Kraftwerke nach Regionen	26
Abbildung 5-3:	Durchsatz der MVA und EBS-Kraftwerke nach Regionen	27
Abbildung 5-4:	Niedrigste Preise für kommunale Verträge zur Restabfallentsorgung in den deutschen MVA zwischen 2009 und 2018 in Euro pro Mg	28
Abbildung 5-5:	Niedrigste Preise für Verträge zur Gewerbeabfallentsorgung in den deutschen MVA zwischen 2009 und 2018 in Euro pro Mg	29
Abbildung 5-6:	Niedrigste Preise für die Entsorgung von Gewerbeabfällen im Spotmarkt in den deutschen MVA zwischen 2010 und Mitte 2019 in Euro pro Mg	29
Abbildung 6-1:	Modernisierungsbedarf der MVA bis zum Jahr 2030	36
Abbildung 6-2:	Modernisierungsbedarf der MVA nach Eigentümerstatus	37
Abbildung 10-1:	Gegenüberstellung der aktuellen Kapazitäten mit den aktuellen Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS-KW und nach Regionen	57
Abbildung 10-2:	Gegenüberstellung der nach Vollzug gültiger Gesetze verbleibenden Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS-KW mit der Kapazität in den Anlagen, bei denen bis 2030 keine Modernisierung ansteht	59
Abbildung 10-3:	Gegenüberstellung der nach Vollzug gültiger Gesetze und weitergehender Maßnahmen, verbleibenden Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS mit der Kapazität in den Anlagen, bei denen bis 2030 keine Modernisierung ansteht	61
Abbildung 10-4:	Gegenüberstellung der nach aktiver Kreislaufwirtschaft, Demografie und Umsetzung des Autarkie- und Näheprinzips verbleibenden Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS mit der Kapazität in den Anlagen, bei denen bis 2030 keine Modernisierung ansteht	65
Abbildung 10-5:	Gegenüberstellung des Verbleibs an Abfallmengen zur energetischen Verwertung in MVA und EBS-KW nach den in den Szenarien berechneten Reduktionen mit den Kapazitäten in Anlagen ohne Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030	67
Abbildung 10-6:	Gegenüberstellung der in den Szenarien erreichten Reduktionen der Abfallmengen zur energetischen Verwertung in MVA und EBS-KW mit den Kapazitäten in Anlagen mit Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030	68

Abbildung 10-7:	Gegenüberstellung der in den Szenarien erreichten Reduktionen der Abfallmengen zur energetischen Verwertung in MVA und EBS-KW mit den Kapazitäten in Anlagen mit Modernisierungsbedarf und einem R1-Faktor für die Energieeffizienz von $< 0,8$	69
Abbildung 10-8:	Geplante Stilllegungen von Kohlekraftwerken in Deutschland [103]	71

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Eigentümer- und Betreiberstruktur der 66 Müllverbrennungsanlagen	16
Tabelle 3-2:	Eigentümer- und Betreiberstruktur der 32 EBS-Kraftwerke	18
Tabelle 3-3:	Übersicht über die Kraftwerke mit der Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen aus Siedlungsabfällen [3, 12]	20
Tabelle 3-4:	Übersicht über die Zementwerke mit der Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen [3, 12]	21
Tabelle 3-5:	Übersicht über die beiden Kalkwerke mit der Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen [3]	22
Tabelle 4-1:	Vergleich der Ergebnisse der NABU-Studie aus dem Jahr 2009 [1] mit den heutigen Anlagenkapazitäten der MVA in Deutschland	23
Tabelle 4-2:	Vergleich der Ergebnisse der NABU-Studie aus dem Jahr 2009 [1] mit den heutigen Anlagenkapazitäten der EBS-Kraftwerke in Deutschland	24
Tabelle 6-1:	Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke bis zum Jahr 2030 in den Regionen (Kapazitätsangaben in Mg/a)	34
Tabelle 6-2:	Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke bis zum Jahr 2030 nach Eigentümern (Kapazitätsangaben in Mg/a)	36
Tabelle 6-3:	Modernisierungsbedarf der MVA bis zum Jahr 2030 nach deren Energieeffizienz (R1-Faktor*) und Eigentümerstruktur (Kapazitätsangaben in Mg/a)	38
Tabelle 7-1:	Neu- oder Ersatzausbaupläne für MVA oder EBS-Kraftwerke	39
Tabelle 8-1:	Räumliches Muster des Modernisierungsbedarfs der MVA bis zum Jahr 2030 nach deren Energieeffizienz (R1-Faktor*)	43
Tabelle 9-1:	Recyclingquoten des Verpackungsgesetzes [5] im Vergleich zu der bis dahin geltenden Quoten der Verpackungsverordnung (VerpackV).	45
Tabelle 9-2:	Reduktionen der Verbrennungsmengen bei konsequenter Umsetzung des Verpackungsgesetzes und darüber hinausgehender Steigerung der Erfassungsmengen	46
Tabelle 9-3:	Reduktionen der Verbrennungsmengen bei konsequenter Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung	47
Tabelle 9-4:	Potenzial zur getrennten Erfassung von Bio- und Grüngut nach [50]	48
Tabelle 9-5:	Reduktionen der Verbrennungsmengen bei konsequenter Umsetzung der Vorgaben zur getrennten von Bioabfall	49
Tabelle 9-6:	Reduktionen der Verbrennungsmengen bei intensiver Steigerung von Wiederverwendung und Recycling von Sperrmüll und ähnlichen Fraktionen	50
Tabelle 9-7:	Abfallaufkommen je Jahr im Wohnobjekt in Berlin-Wedding, hochgerechnet auf die Abfallmenge je Jahr, nach [96]	54
Tabelle 10-1:	Gegenüberstellung der Gesamtreduktionen und der für die energetische Verwertung in MVA und EBS-KW nach der Reduktion durch den Vollzug gültiger Gesetze und Verordnungen verbleibenden Mengen	58

Tabelle 10-2:	Gegenüberstellung der Gesamtreduktionen und der für die energetische Verwertung in MVA und EBS-KW nach der Reduktion durch den Vollzug gültiger Gesetze und Verordnungen sowie die Umsetzung weitergehender Maßnahmen verbleibenden Mengen	60
Tabelle 10-3:	Prognose des Aufkommens an Hausrest- und Sperrmüll (RM) im Jahr 2030 und Gegenüberstellung zu den Daten aus 2012, nach [100]	62
Tabelle 10-4:	Gegenüberstellung der Gesamtreduktionen und der für die energetische Verwertung in MVA und EBS-KW nach der Reduktion durch eine aktive, weitergehende Kreislaufwirtschaft, Demografie sowie das Autarkie- und Näheprinzip verbleibenden Mengen	64
Tabelle 11-1:	Ausgewählte Strukturdaten der 66 Müllverbrennungsanlagen in Deutschland	86
Tabelle 11-2:	Ausgewählte Strukturdaten der 32 Ersatzbrennstoffkraftwerke in Deutschland	89

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AbfRRI</b>	Abfallrahmenrichtlinie
<b>BImSchV</b>	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
<b>AVV</b>	Abfallverzeichnis-Verordnung
<b>EBS</b>	Ersatzbrennstoff
<b>EnEV</b>	Energieeinsparverordnung
<b>EU-Verpackungs-RL</b>	EU-Verpackungs-Richtlinie
<b>ITAD</b>	Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e. V.
<b>HDPE</b>	Hart-Polyethylen (englisch: High Density Polyethylen)
<b>KrWG</b>	Kreislaufwirtschaftsgesetz
<b>LVP</b>	Leichtverpackung
<b>MVA</b>	Müllverbrennungsanlage
<b>örE</b>	öffentlich-rechtlichen Entsorger
<b>PE</b>	Polyethylen
<b>PEF</b>	Primärenergiefaktor
<b>PET</b>	Polyethylenterephthalat
<b>PPK</b>	Papier, Pappe und Karton
<b>PPP</b>	Public-Private-Partnerships
<b>RWS</b>	rotierende Wirbelschicht
<b>StNVP</b>	stoffgleiche Nichtverpackungen
<b>SWS</b>	stationäre Wirbelschicht
<b>TA-Luft</b>	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
<b>VDZ</b>	Verein Deutscher Zementwerke e.V.
<b>ZWS</b>	zirkulierende Wirbelschicht

## 1. Hintergrund der Studie

Im Jahr 2009 veröffentlichte der NABU eine von der Prognos AG durchgeführte Untersuchung mit dem Titel „**Der Abfallmarkt in Deutschland und Perspektive bis 2020**“ [1]. Im Ergebnis wies diese Studie auf die Gefahr der Bildung von Überkapazitäten im deutschen Markt in der Dekade bis zum Jahr 2020 hin, die das Recycling von Abfällen erschweren und Importe von Abfällen zur energetischen/ thermischen Nutzung nach Deutschland befördern können.

Aktuell zeigen im Jahr 2018 veröffentlichte Marktdaten v. a. der ITAD für das Jahr 2017 [2] sowie Flamme/Quicker [3], dass die Müllverbrennungsanlagen (MVA) und die Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke) in Deutschland weitgehend ausgelastet sind, dies jedoch – wie bereits im Jahr 2009 unterstellt – zu einem Teil auf die Importe von Abfällen aus Drittstaaten zurückzuführen ist.

Die starke Bevölkerungszunahme durch Migration nach Deutschland, v. a. ab dem Jahr 2015 ist in der Studie aus dem Jahr 2009 so nicht angenommen und vorhersehbar gewesen.

Aber auch ein mangelnder Gesetzesvollzug einzelner Kreise und Kommunen in Deutschland hat beim Thema Bioabfallfassung und -verwertung nicht zu den im Jahr 2009 angenommenen stofflichen Verwertungserfolgen geführt.

Zudem werden auch gegenwärtig noch in nicht unerheblichem Anteil weitere Abfälle thermisch in den MVA und EBS-Kraftwerken behandelt, die v. a. bei den Kunststoffabfällen alternativ auch stofflich verwertet werden könnten. Infolge des Importverbots von China, insbesondere für Kunststoffabfälle (Ballenware) und einige andere Fraktionen, wurden diese seit dem letzten Jahr vermehrt in deutsche Verbrennungsanlagen umgelenkt<sup>1</sup>.

Die mengenmäßig bedeutsamen alternativ auch stofflich verwertbaren Abfallanteile sind sowohl Bioabfälle, Kunststoffe, Sperrmüll und Anteile gewerblicher Abfälle als auch ggf. noch weitere Abfallarten (z. B. Baby-/ Erwachsenenwindeln, Altholz) [4].

Aufgrund weiterer Initiativen des Bundes und der Kommunen für eine intensivere Kreislaufwirtschaft mit einer Steigerung des Recyclings von Abfällen (z. B. Vorgaben aus dem neuen Verpackungsgesetz ab 1.1.2019 [5], konsequentere Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung [6] aus dem Jahr 2017), Umsetzung der umfassenden Bioabfallverwertung auch in den letzten Kommunen in Deutschland, in denen bisher eine umfassende getrennte Erfassung noch nicht eingeführt wurde, sind mittel- bis langfristige Änderungen an Art und Menge der Input-Ströme für die Anlagen wahrscheinlich.

Zudem sorgen andere, insbesondere europapolitische Einflüsse - wie die Kunststoffstrategie der EU oder der (ungeregelte) Brexit ab 31. Oktober 2019 oder später - dafür, dass auch Importmengen zur energetischen Verwertung nach Deutschland und deren Abfallzusammensetzungen sich deutlich verändern können.

Darüber hinaus bestehen noch Potentiale zur Vermeidung von Abfällen, direkt oder nach einer entsprechenden Vorbereitung (Stufen 1 und 2 der aktuellen Abfallhierarchie).

Mit der vorgelegten Studie wird eine Aktualisierung der Studie aus 2009 vorgelegt, mit der unter Berücksichtigung der wichtigsten Änderungen bei den Einflussgrößen auch Szenarien der zukünftig erforderlichen Verbrennungskapazitäten nach dem Jahr 2030 verbunden sind.

---

<sup>1</sup> Zusätzlich sind gestiegene Exporte in Länder wie Malaysia, Indonesien, Türkei u.a. [7] sowie übervolle Lager bei den Entsorgern zu beobachten.

## 2. Untersuchungsgegenstand

Eine tiefere, aktuelle Analyse unterschiedlicher gegenwärtiger und zukünftiger Entwicklungen auf dem Verbrennungsmarkt in Deutschland ist auf der Grundlage der im Kapitel 1 genannten Sachverhalte für den NABU geboten und daher Ziel dieser Studie.

### 2.1. Arbeitspaket 1: Status-Quo-Analyse

Im Arbeitspaket 1 wird der aktuelle Stand der energetischen Abfallverwertung in Deutschland im Bereich der Siedlungsabfälle und Gewerbeabfälle analysiert und dargestellt. Ziel ist es, einen Überblick über die Kapazitäten der Müllverbrennungsanlagen (MVA), Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke) und soweit für die Siedlungs- und Gewerbeabfälle relevant auch der Kohlekraftwerke, Industriekraftwerke sowie der Zement- und Kalkwerke und deren Input-Ströme zu erhalten. Zudem werden für die MVA und EBS-Kraftwerke deren Auslastung, technische Ausstattung und der Modernisierungsbedarf sowie die Eigentümer- und Betreiberstrukturen dargestellt.

Die im Arbeitspaket 1 zu analysierenden Fragestellungen sind im Einzelnen:

- Wie viele thermische Abfallverwertungsanlagen (MVA, EBS-Kraftwerke, Kohlekraftwerke, Industriekraftwerke, Zement- und Kalkwerke) existieren derzeit (Basisjahr: 2018) in Deutschland und über welche Kapazitäten verfügen diese Anlagen?
- Gibt es derzeit Pläne für einen Ausbau oder Rückbau dieser Kapazitäten in der Zukunft?
- Woraus setzen sich die Input-Ströme in diese Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke, Kohlekraftwerke, Industriekraftwerke, Zement- und Kalkwerke) zusammen?
- Wie ist die Auslastung der MVA und EBS-Kraftwerke? Wie hoch muss die Auslastung dieser Anlagen sein, um sie rentabel betreiben zu können?
- Wie alt sind die Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke)? Wie ist deren technische Ausstattung, v. a. hinsichtlich Strom- und Wärmeproduktion und Energieeffizienzgrad?
- Bei welchen Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke) sind mittelfristig Modernisierungen notwendig?
- Wie ist die Eigentümer- und Betreiberstruktur (öffentlich, privat, PPP) der Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke)?
- Lassen sich aus der Eigentümer- und Betreiberstruktur Rückschlüsse auf Kapazität, Input-Ströme, Auslastung, technische Ausstattung, Modernisierungsbedarf etc. der Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke) ziehen?
- Wie haben sich Kapazität, Input-Ströme, Auslastung, technische Ausstattung, Modernisierungsbedarf, Eigentümer- und Betreiberstruktur etc. der Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke) seit der letzten NABU-Studie entwickelt?
- Wie verteilen sich die Anlagen über das Bundesgebiet und gibt es räumliche Muster in der Struktur (Kapazität, Input-Ströme, Auslastung, technische Ausstattung, Modernisierungsbedarf, Eigentümer- und Betreiberstrukturen etc.)?

### 2.2. Arbeitspaket 2: Entwicklung der energetischen Verwertung in einer Kreislaufwirtschaft

Im Arbeitspaket 2 wird die zukünftige Rolle der energetischen Verwertung von Abfällen analysiert. Ziel ist es, die aufgrund der europäischen und deutschen Gesetzgebung sowie weitergehender Bemühungen zukünftig zu erwartende bzw. mögliche Zunahme der Abfallvermeidung sowie des

Recyclings in Szenarien abzubilden. Die dadurch verursachten möglichen Entwicklungen auf dem thermischen Verbrennungsmarkt werden beschrieben und Wechselwirkungen des Recycling- und Verbrennungsmarktes aufgezeigt

Die im Arbeitspaket 2 zu analysierenden Fragestellungen sind im Einzelnen:

- Wie würden sich die Auslastung von und der Bedarf an energetischen Verwertungsanlagen entwickeln, wenn geltendes Abfallrecht (Gewerbeabfallverordnung, Verpackungsgesetz, Bioabfallverordnung etc.) strikt vollzogen würde?
- Wie werden sich die Auslastung von und der Bedarf an energetischen Verwertungsanlagen angesichts der Veränderungen im Umgang mit den Kunststoffabfällen, insbesondere im Verpackungsbereich (Verpackungsgesetz, EU-Verpackungs-RL, Berechnung der Recyclingquoten etc.) entwickeln?
- Wie können sich Veränderungen im EU-Ausland auf den Verbrennungsmarkt in Deutschland auswirken? Hat z. B. der Aufbau von Recyclingstrukturen und von Verbrennungskapazitäten in den EU-Mitgliedstaaten Einfluss auf den deutschen Verbrennungsmarkt?
- Welchen Einfluss nimmt die Energiewende und damit verbunden der Ausstieg aus der kohlebasierten Strom- und Wärmeproduktion auf den Verbrennungsmarkt in Deutschland?
- Gibt es weitere Einflussfaktoren, die sich mittelfristig auf die Auslastung von und den Bedarf an thermischen Verwertungsanlagen auswirken könnten? Wenn ja, welche und wie wirken sie sich aus?
- Inwiefern lassen sich diese Prognosen für das Bundesgebiet räumlich differenzieren?

### 3. Verteilung der thermischen Behandlungsanlagen

Für die Darstellung der thermischen Behandlungsanlagen in den folgenden Unterkapiteln wurde eine regionale Aufteilung der Bundesrepublik Deutschland in die fünf Regionen<sup>2</sup> – Nord, West, Südwest, Süd und Ost, so wie in der folgenden Abbildung dargestellt, vorgenommen.

---

<sup>2</sup> Nord: Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen; West: Nordrhein-Westfalen; Südwest: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland; Süd: Bayern, Baden-Württemberg; Ost: alle neuen Bundesländer, inkl. Berlin

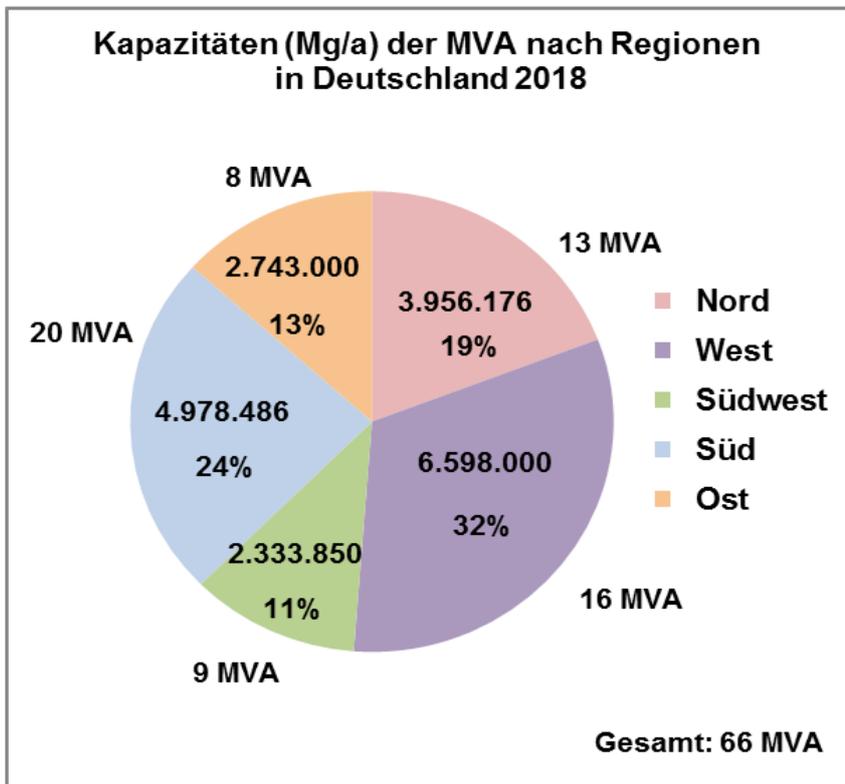
Abbildung 3-1: Karte der im Rahmen der Studie vorgenommenen regionalen Aufteilung



### 3.1. Abfallverbrennungsanlagen (MVA)

#### 3.1.1. Gesamtübersicht

Eine Übersicht über die aktuell in Deutschland in Betrieb befindlichen 66 Müllverbrennungsanlagen (MVA) mit einer Kapazität von rund 20,6 Mio. Mg/a nach fünf Regionen – Nord, West, Südwest, Süd und Ost – zeigt die folgende Abbildung sowie die Auflistung im Anhang.

**Abbildung 3-2: Übersicht über die 66 Müllverbrennungsanlagen (MVA) nach Regionen<sup>2</sup>**

Quelle: Eigene Recherchen und Auswertungen, basierend u.a. auf [24]

Die **66 MVA** verteilen sich unterschiedlich auf die fünf gebildeten Regionen in Deutschland.

Mit 16 MVA und einer Kapazität von rund 6,6 Mio. Mg (32 %) sind deren Präsenz in der **Region West** am größten und die spezifischen Verbrennungskapazitäten (368 kg/EW) am höchsten. Auf die beiden **südlichen Bundesländer** (Region Süd) entfallen mit 20 MVA und einer Kapazität von knapp 5,0 Mio. Mg 24 % der Verbrennungskapazität (207 kg/EW). Im **Norden Deutschlands** sind 13 MVA mit einer Kapazität von knapp 4,0 Mio. Mg (19 %) am Markt vorhanden (296 kg/EW). Im **Südwesten** treffen wir 9 MVA mit einer Kapazität von rd. 2,3 Mio. Mg (11 %) an (206 kg/EW). Der **Osten Deutschlands** verfügt mit 8 MVA und einer Kapazität von rund 2,7 Mio. Mg (13 %) im Vergleich zu den anderen vier Regionen über die geringsten spezifischen Verbrennungskapazitäten von 169 kg/EW.

### 3.1.2. Eigentümer- und Betreiberstrukturen der MVA

Eine Übersicht über die im Jahr 2018 in Betrieb befindlichen 66 MVA nach ihrem Eigentümer- und Betreiberstatus – kommunal/ öffentlich, privat, PPP (Public-Private-Partnership) – zeigt die folgende Tabelle.

**Tabelle 3-1: Eigentümer- und Betreiberstruktur der 66 Müllverbrennungsanlagen**

MVA	Eigentümerstruktur				Betreiberstruktur			
Region	Eigentümer	Anzahl MVA	Kapazität [Mg/a]	Anteil [%]	Betreiber	Anzahl MVA	Kapazität [Mg/a]	Anteil [%]
<b>Nord</b>	Kommunal	2	690.000	17 %	Kommunal	1	550.000	14 %
	Privat	7	2.409.176	61 %	Privat	7	2.409.176	61 %
	PPP	4	857.000	22 %	PPP	5	997.000	25 %
	<b>Summe</b>	<b>13</b>	<b>3.956.176</b>		<b>Summe</b>	<b>13</b>	<b>3.956.176</b>	
<b>West</b>	Kommunal	10	3.365.320	51 %	Kommunal	9	3.070.320	47 %
	Privat	1	745.000	11 %	Privat	1	745.000	11 %
	PPP	5	2.487.680	38 %	PPP	6	2.782.680	42 %
	<b>Summe</b>	<b>16</b>	<b>6.598.000</b>		<b>Summe</b>	<b>16</b>	<b>6.598.000</b>	
<b>Südwest</b>	Kommunal	4	878.250	38 %	Kommunal	2	411.250	18 %
	Privat	2	330.000	14 %	Privat	2	330.000	14 %
	PPP	3	1.125.600	48 %	PPP	5	1.592.600	68 %
	<b>Summe</b>	<b>9</b>	<b>2.333.850</b>		<b>Summe</b>	<b>9</b>	<b>2.333.850</b>	
<b>Süd</b>	Kommunal	12	2.797.000	56 %	Kommunal	14	3.114.000	63 %
	Privat	6	1.729.680	35 %	Privat	4	1.412.680	28 %
	PPP	2	451.806	9 %	PPP	2	451.806	9 %
	<b>Summe</b>	<b>20</b>	<b>4.978.486</b>		<b>Summe</b>	<b>20</b>	<b>4.978.486</b>	
<b>Ost</b>	Kommunal	2	680.000	25 %	Kommunal	2	680.000	25 %
	Privat	4	1.188.000	43 %	Privat	4	1.188.000	43 %
	PPP	2	875.000	32 %	PPP	2	875.000	32 %
	<b>Summe</b>	<b>8</b>	<b>2.743.000</b>		<b>Summe</b>	<b>8</b>	<b>2.743.000</b>	
<b>Gesamt</b>	Kommunal	30	8.410.570	41 %	Kommunal	28	7.825.570	38 %
	Privat	20	6.401.856	31 %	Privat	18	6.084.856	30 %
	PPP	16	5.797.086	28 %	PPP	20	6.699.086	33 %
	<b>Summe</b>	<b>66</b>	<b>20.609.512</b>		<b>Summe</b>	<b>66</b>	<b>20.609.512</b>	

Quelle: Eigene Recherchen und Auswertungen, basierend u.a. auf [24]

41 % der **Müllverbrennungsanlagen (MVA)** haben kommunale/ öffentliche Eigentümer, 31 % sind im Besitz privater Eigentümer sowie 28 % der MVA gehören Public-Private-Partnerships (PPPs).

Die Anteile **kommunaler/ öffentlicher Eigentümer** sind mit 56 % im Süden und mit 51 % im Westen am höchsten sowie mit 25 % im Osten und 17 % im Norden am niedrigsten.

**Private Eigentümer** von MVA sind hingegen mit 61 % im Norden und 43 % im Osten gegenüber 35 % im Süden und 11 % im Westen am stärksten vertreten.

Auf **PPP** entfallen bei den MVA mit 48 % im Südwesten, 38 % im Westen und 32 % im Osten die höchsten Anteile gegenüber 22 % im Norden und 9 % im Süden.

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich, unterscheiden sich im Bereich der **Betreiberstrukturen für die MVA** die jeweiligen Anteile **kommunal, privat** und **PPP** nur leicht, d. h. in der Regel max. wenige Prozentpunkte (3-7 %), aber nicht grundlegend von den Eigentümeranteilen der MVA. Dies gilt sowohl für die Gesamtzahl der 66 MVA als auch für deren jeweiligen Anteile nach Kapazitäten in den fünf Regionen. Die größte Abweichung liegt hierbei in der Region Südwest vor, wo wir bei den

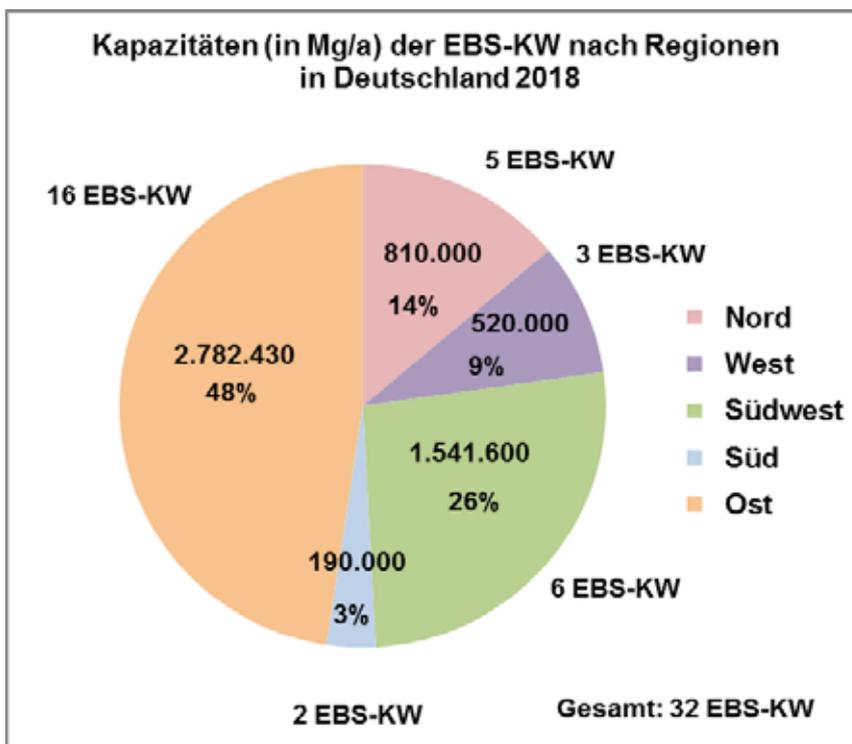
Betreibern einen kleineren Anteil kommunaler (-20 %) und dafür einen größeren Anteil von PPPs bei den Betreibern (+20 %) im Vergleich zu den Eigentümern feststellen.

## 3.2. Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke)

### 3.2.1. Gesamtübersicht

Eine Übersicht über die aktuell in Deutschland in Betrieb befindlichen 32 Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke) mit einer Kapazität von rund 5,9 Mio. Mg/a nach den fünf Regionen – Nord, West, Südwest, Süd und Ost – zeigt die folgende Abbildung sowie die Auflistung im Anhang.

**Abbildung 3-3: Übersicht über die 32 EBS-Kraftwerke (EBS-Kraftwerke) nach Regionen<sup>2</sup>**



Quelle: Eigene Recherchen und Auswertungen, basierend u.a. auf [24]

Die **32 EBS-Kraftwerke** verteilen sich unterschiedlich auf die fünf räumlich gebildeten Regionen in Deutschland.

Hier finden wir im Gegensatz zu den MVA im **Osten Deutschlands** mit 16 EBS-Kraftwerken und einer Kapazität von rund 2,8 Mio. Mg (48 %) bzw. 172 kg/EW die meisten Anlagen und anteilig größten Kapazitäten. In der **Region Südwest** sind 6 EBS-Kraftwerke mit einer Kapazität von knapp 1,5 Mio. Mg (26 %) am Markt tätig (136 kg/EW). Auf die vier nördlichen Bundesländer (**Region Nord**) entfallen mit 5 EBS-Kraftwerken und einer Kapazität von rund 0,8 Mio. Mg 14 % der Verbrennungskapazität (61 kg/EW). In der **Region West** treffen wir 3 EBS-Kraftwerke mit einer Kapazität von 0,5 Mio. Mg (9 %) an (21 kg/EW). Der **Süden** Deutschlands fällt mit 2 EBS-Kraftwerken und einer Kapazität von nur knapp 0,2 Mio. Mg (3 %) bzw. 8 kg/EW im Vergleich zu den anderen vier Regionen bei den verfügbaren Kapazitäten sehr deutlich ab.

### 3.2.2. Eigentümer- und Betreiberstrukturen der EBS-Kraftwerke

Eine Übersicht über die in Betrieb befindlichen 32 EBS-Kraftwerke nach ihrem Eigentümer- und Betreiberstatus – kommunal/ öffentlich, privat, PPP zeigt die folgende Tabelle.

**Tabelle 3-2: Eigentümer- und Betreiberstruktur der 32 EBS-Kraftwerke**

EBS-KW	Eigentümerstruktur				Betreiberstruktur			
	Region	Eigentümer	Anzahl EBS-KW	Kapazität [Mg/a]	Anteil [%]	Betreiber	Anzahl EBS-KW	Kapazität [Mg/a]
<b>Nord</b>	Kommunal	1	150.000	19 %	Kommunal	1	330.000	41 %
	Privat	2	270.000	33 %	Privat	4	480.000	59 %
	PPP	2	390.000	48 %	PPP	0	0	0 %
	Summe	<b>5</b>	<b>810.000</b>		Summe	<b>5</b>	<b>810.000</b>	
<b>West</b>	Kommunal	1	35.000	7 %	Kommunal	0	0	0 %
	Privat	2	485.000	93 %	Privat	3	520.000	100 %
	PPP	0	0	0 %	PPP	0	0	0 %
	Summe	<b>3</b>	<b>520.000</b>		Summe	<b>3</b>	<b>520.000</b>	
<b>Südwest</b>	Kommunal	1	25.000	2 %	Kommunal	1	25.000	2 %
	Privat	5	1.516.600	98 %	Privat	5	1.516.600	98 %
	PPP	0	0	0 %	PPP	0	0	0 %
	Summe	<b>6</b>	<b>1.541.600</b>		Summe	<b>6</b>	<b>1.541.600</b>	
<b>Süd</b>	Kommunal	0	0	0 %	Kommunal	0	0	0 %
	Privat	2	190.000	100 %	Privat	2	190.000	100 %
	PPP	0	0	0 %	PPP	0	0	0 %
	Summe	<b>2</b>	<b>190.000</b>		Summe	<b>2</b>	<b>190.000</b>	
<b>Ost</b>	Kommunal	1	80.000	3 %	Kommunal	0	0	0 %
	Privat	14	2.572.430	92 %	Privat	16	2.782.430	100 %
	PPP	1	130.000	5 %	PPP	0	0	0 %
	Summe	<b>16</b>	<b>2.782.430</b>		Summe	<b>16</b>	<b>2.782.430</b>	
<b>Gesamt</b>	Kommunal	4	290.000	5 %	Kommunal	2	355.000	6 %
	Privat	25	5.034.030	86 %	Privat	30	5.489.030	94 %
	PPP	3	520.000	9 %	PPP	0	0	0 %
	Summe	<b>32</b>	<b>5.844.030</b>		Summe	<b>32</b>	<b>5.844.030</b>	

Quelle: Eigene Recherchen und Auswertungen, basierend u.a. auf [24]

Rund 86 % der **EBS-Kraftwerke** haben private Eigentümer, 5 % sind im Besitz kommunaler/ öffentlicher Eigentümer sowie 9 % gehören Public-Private-Partnerships (PPP).

Die Anteile **privater Eigentümer** sind mit 100 % im Süden, 98 % im Südwesten, 93 % im Westen sowie 92 % im Osten der Republik am höchsten sowie mit 33 % im Norden am niedrigsten.

**Kommunale/ öffentliche Eigentümer** von EBS-Kraftwerken sind hingegen mit 19 % im Norden am stärksten vertreten. Deren Anteile liegen hingegen im Westen bei 7 %, im Südwesten bei 2 % und im Osten bei 3 %, im Süden Deutschlands finden wir gar keine kommunale/ öffentliche Eigentümer der EBS-Kraftwerke.

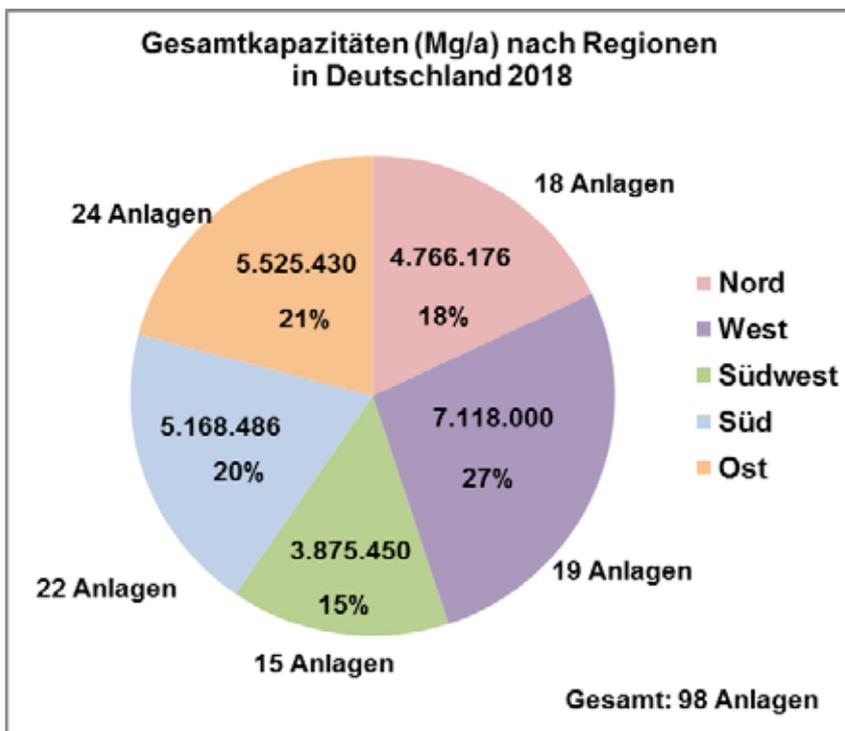
Auf **PPP** entfällt bei den EBS-Kraftwerken mit 48 % im Norden der höchste Anteil. Im Westen, Südwesten und Süden befinden sich keine EBS-Kraftwerke mit PPP-Status.

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich unterscheiden sich im Bereich der **Betreiberstrukturen für die EBS-Kraftwerke** die jeweiligen Anteile **kommunal, privat** und **PPP** nach Kapazitäten nur leicht, aber nicht grundlegend von den Eigentümeranteilen der EBS-Kraftwerke. Dies gilt sowohl für die Gesamtzahl der 32 EBS-Kraftwerke, bei denen jedoch keine PPP-Anteile in der Betreiberstruktur feststellbar sind, der private Anteil aber etwas höher liegt als auch für deren jeweiligen Anteile in den Regionen West, Südwest, Süd und Ost. Deutlichere Verschiebungen der Anteile sind nur in der Region Nord festzustellen, wo für die 5 Anlagen deutlich mehr kommunale (41 %) und private (59 %) Betreiberanteile als Eigentümeranteile anzutreffen sind, während es keine Anlagen im PPP-Status gibt.

### 3.3. Gesamtübersicht für die MVA und EBS-Kraftwerke

Eine Übersicht über die aktuell in Deutschland in Betrieb befindlichen 66 MVA sowie der 32 EBS-Kraftwerke mit einer Gesamtkapazität von rund 26,5 Mio. Mg/a nach den fünf Regionen – Nord, West, Südwest, Süd und Ost – zeigt die folgende Abbildung.

**Abbildung 3-4: Übersicht über die 66 MVA und die 32 EBS-Kraftwerke nach Regionen**



Mit einer Kapazität von rund 7,1 Mio. Mg (27 %) sind bei zusammen 19 Anlagen deren Präsenz in der **Region West** am größten und die spezifischen Verbrennungskapazitäten (397 kg/EW) am höchsten. Im **Norden Deutschlands** sind bei zusammen 18 Anlagen mit einer Kapazität von knapp 4,8 Mio. Mg (18 %) die spezifischen Verbrennungskapazitäten (357 kg/EW) am zweithöchsten. Der **Osten Deutschlands** verfügt mit insgesamt 24 Anlagen und einer Kapazität von rund 5,5 Mio. Mg (21 %) zusammen mit dem **Südwesten** mit 15 Anlagen und einer Kapazität von 3,9 Mio. Mg/a (15%) über etwa gleichhohe spezifische Verbrennungskapazitäten von 341 kg/EW bzw. 343 kg/EW. Auf die beiden **südlichen Bundesländer** (Region Süd) entfallen mit insgesamt 22 Anlagen und einer Kapazität von knapp 5,2 Mio. Mg (20 %) die mit Abstand niedrigsten Verbrennungskapazitäten (215 kg/EW).

### 3.4. Kohle- und Industriekraftwerke, Zementwerke und Kalkwerke

#### 3.4.1. Kohle- und Industriekraftwerke

Eine Übersicht über die 17 bis zum letzten Jahr noch betriebenen Braun- und Steinkohlekraftwerke in Deutschland, die über eine Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen aus Siedlungsabfällen verfügen, zeigt die folgende Tabelle. Aktuell werden rund 800.000 Mg und somit nur rund ein Viertel der genehmigten Gesamtkapazitäten zur Verwendung von Ersatzbrennstoffen in den Kraftwerken eingesetzt.

**Tabelle 3-3: Übersicht über die Kraftwerke mit der Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen aus Siedlungsabfällen [3, 12]**

Nr.	Standort	BL	Kraftwerk	Typ	IBS	Abfallarten	genehmigt	verbrannt	Jahr
1	Boxberg	SA	Kraftwerk Boxberg	BK	-	KS / TML	190.000	-	-
2	Duisburg	NW	HKW Huntsmann	BK	1962	KuSt / Fol	35.000	-	-
3	Eschweiler	NW	KW Weisweiler	BK	1965	KS / PS	540.000	(50.319)	2017
4	Frechen	NW	KW Frechen/ Wachtberg	BK	1959	KS	260.000	(43.034)	2017
5	Hürth	NW	KW Vile/ Berrenrath	BK	1991	SekBS / KS	337.300	(49.557)	2017
6	Neukirzsch	SA	KW Lippendorf	BK	2000	KS / TML	192.500	-	-
7	Peitz	BB	KW Jänschwalde	BK	1981	SekBS	560.000	500.000	2015
8	Spremberg	BB	KW Schwarze Pumpe	BK	-	FS / SekBS	345.000	235.000	2015
9	Zülpich	NW	Kohlekraftwerk	BK	2010	SpS / Papier u. Pappe	20.148	7.303	2016
10	Flensburg	SH	Heizkraftwerk FL	SK	1992	EBS / HHS	80.000	-	-
11	Ibbenbüren	NW	KW Ibbenbüren	SK	1985	KS	30.000	(4.455)	2017
12	Kassel	HE	Fernwärmekraftwerk	SK	1987	KS	216.000	-	-
13	Lünen	NW	KW Lünen	SK	1962	KS / TML / gef. Abfälle	81.118	(35.692)*	2017
14	Oberkirch	BW	Kraftwerk	SK	1986	SekBS / KS / FS / PS	128.016	35.874	2015
15	Pforzheim	BW	Heizkraftwerk	SK	1990	EBS	42.000	9.600	2015
16	Werne	NW	KW Gersteinwerk <sup>1)</sup>	SK	1984	SekBS	240.000	16.019	2017
17	Wuppertal	NW	HKW Elberfeld <sup>2)</sup>	SK	1989	SekBS	40.000	0	2017
Mengenangaben in Mg/a							<b>3.337.082</b>	<b>803.796</b>	

1) Stilllegung für Anfang 2019 vorgesehen

2) Stilllegung bis 2019 vorgesehen

Typ: BK = Braunkohle / SK = Steinkohle

KS = Klärschlamm / TML = Tiermehl / KuSt = Kunststoffe / Fol = Folien / PS = Papierschlamm / SekBS = Sekundärbrennstoffe

FS = Faserschlamm / SPS = Spuckstoffe / Tex = Textilreste (Teppiche) / HHS = Holzhackschnitzel / EBS = Ersatzbrennstoffe

Mengenangaben in Klammern: entsorgte Klärschlämme

\*: zusätzlich gefährliche Abfälle (rd. 51.000 Mg in 2017)

Die eingesetzten Abfallfraktionen aus Siedlungsabfällen (SekBS/ EBS) entfallen fast überwiegend auf zwei Braunkohlekraftwerke in Brandenburg (Kraftwerk Jänschwalde und Kraftwerk Schwarze Pumpe), die durch den Beschluss der Kohlekommission [14] zwischen 2030 und spätestens 2038 ihren Betrieb genauso wie spätestens auch alle anderen Kohlekraftwerke in Deutschland einstellen sollen.

#### 3.4.2. Zementwerke

Aktuell verfügen 34 Zementwerke in Deutschland über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen [3, 12]. Im Jahr 2017 wurden nahezu 3,6 Mio. Mg an Abfällen in diesen Anlagen im Rahmen der jeweiligen Produktionsprozesse zur Zementherstellung energetisch verwertet [13]. Hieran betrug der Anteil von aufbereiteten Fraktionen aus Siedlungsabfällen rund 440.000 Mg sowie der Anteil von aufbereiteten Fraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen rund 1,9 Mio. Mg.

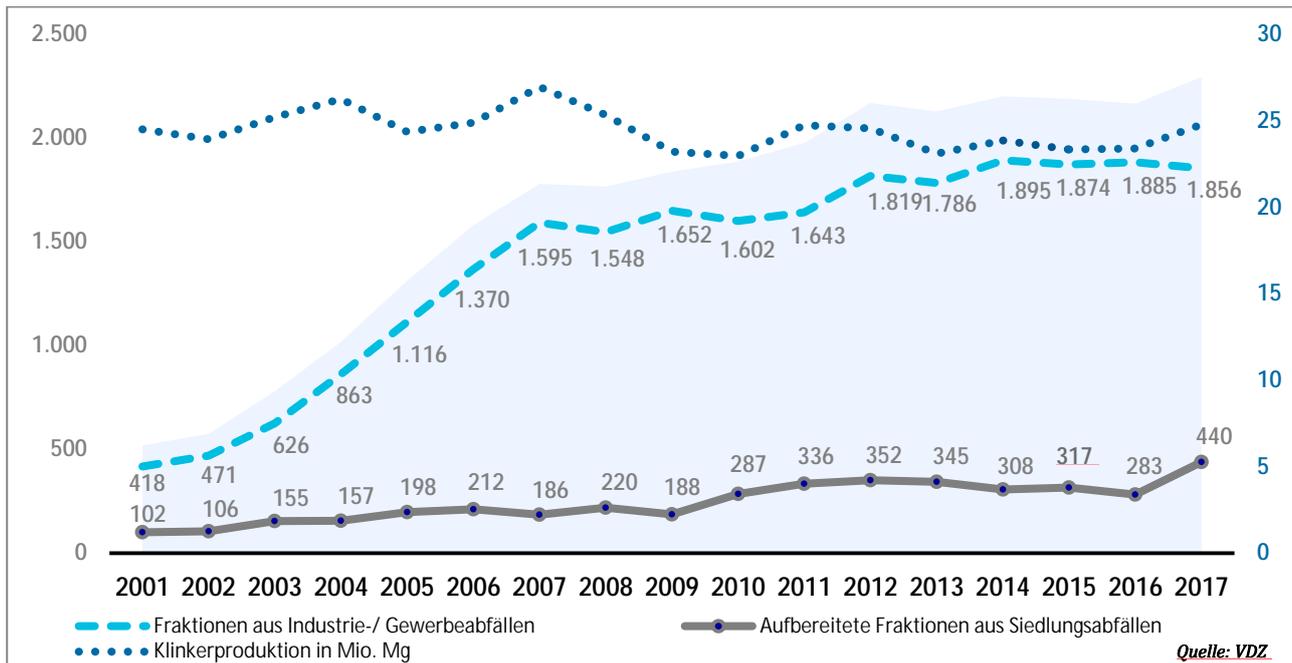
**Tabelle 3-4: Übersicht über die Zementwerke mit der Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen [3, 12]**

Nr.	Standort	BL	Zementwerk/ Betreiber	Öfen	Ofentyp
1	Allmendingen	BW	Schwenk Zement	1	Zyklonofen
2	Amöneburg	RP	Dyckerhoff	1	Zyklonofen
3	Beckum	NW	Phoenix Zementwerke	1	Zyklonofen
4	Beckum	NW	Holcim WestZement	1	Zyklonofen
5	Bernburg	S-A	Schwenk Zement	1	Zyklonofen
6	Burglengenfeld	BY	HeidelbergCement	2	Zyklonofen
7	Deuna	TH	Deuna Zement	2	Zyklonofen
8	Dotternhausen	BW	Holcim	1	Zyklonofen
9	Ennigerloh	NW	HeidelbergCement	1	Zyklonofen
10	Erwitte	NW	Portlandzementwerke Wittekind Hugo Miebach	1	Zyklonofen
11	Erwitte	NW	Portland-Zementwerke Gebr. Seibel	1	Zyklonofen
12	Erwitte	NW	Spenner Zement	1	Zyklonofen
13	Erwitte	NW	Portland Zementwerke Seibel Söhne	3	Zyklonofen
14	Geseke	NW	HeidelbergCement	1	Zyklonofen
15	Geseke	NW	Dyckerhoff	1	Zyklonofen
16	Göllheim	RP	Dyckerhoff	2	Zyklonofen
17	Großenlüder	HE	Zement- und Kalkwerke Otterbein	1	Zyklonofen
18	Hannover	NI	HeidelbergCement	1	Zyklonofen
19	Harburg	BY	Märker Zement	1	Zyklonofen
20	Höver	NI	Holcim	1	Zyklonofen
21	Karlstadt	BY	Schwenk Zement	1	Zyklonofen
22	Karlstadt	S-A	Opterra Zement	3 *	Zyklonofen
23	Lägerdorf	SH	Holcim	1	Zyklonofen
24	Leimen	BW	HeidelbergCement	2	Lepolofen
25	Lengerich	NW	Dyckerhoff	2	Zyklonofen
26	Lengfurt	BY	HeidelbergCement	1	Zyklonofen
27	Mergelstein	BW	Schwenk Zement	1	Zyklonofen
28	Paderborn	NW	HeidelbergCement	1	Zyklonofen
29	Rohrdorf	BY	Portland-Zementwerke Gebr. Wiesböck	1	Zyklonofen
30	Rüdersdorf	BB	Cemex Zement	1	Zyklonofen
31	Schleklingen	BW	HeidelbergCement	1	Zyklonofen
32	Solnhofen	BY	Solnhofer Portlandzementwerke	1	Zyklonofen
33	Üxheim	RP	Portlandzementwerk Wotan H. Schneider	1	Zyklonofen
34	Wössingen	BW	Opterra Zement	1	Zyklonofen

\*: Nur 2 der 3 Öfen in Betrieb

Wie die Umweltdaten des Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) seit 2001 in der folgenden Abbildung zeigen, sind die Anteile an aufbereiteten Fraktionen aus Siedlungsabfällen sowie aufbereiteten Fraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen bei in etwa konstanter Zementklinkerproduktion von knapp 25 Mio. Mg/a für die Jahre 2001 und 2017 fast kontinuierlich angestiegen (Ausnahmen zeigen sich nur für die Jahre 2008, 2013 und 2016).

**Abbildung 3-5: Übersicht über den Einsatz von Ersatzbrennstoffen aus Siedlungs- und Gewerbeabfällen in den deutschen Zementwerken**



Quelle: Verein deutscher Zementwerke - VDZ [13]

### 3.4.3. Kalkwerke

Die Kalkwerke in Deutschland, die genehmigungsrechtlich auch Siedlungsabfälle zur energetischen Verwertung in ihren Öfen einsetzen dürfen, sind auf zwei Werke begrenzt.

**Tabelle 3-5: Übersicht über die beiden Kalkwerke mit der Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfallfraktionen [3]**

Nr.	Standort	BL	Kalkwerk/ Betreiber	Ofen	Ofentyp
1	Wülfrath	NW	Rheinkalk / Werk Flandersbach	6 / 4	Schachtofen / Drehrohrofen
2	Menden	NW	Rheinkalk / Werk Hönnetal	4 / 1	Schachtofen / Drehrohrofen

Wie hoch allerdings die tatsächlich in den beiden Werken eingesetzten Siedlungsabfallmengen in den letzten Jahren waren, ist nicht bekannt.

## 4. Entwicklungen beim Zubau von MVA und EBS-Kraftwerken seit der letzten NABU-Studie aus dem Jahr 2009

### 4.1. Abfallverbrennungsanlagen (MVA)

Die im Jahr 2009 veröffentlichte erste NABU-Studie zu diesem Themenkomplex [1] baute auf Daten bis einschließlich dem Jahr 2008 auf.

Für die **MVA** wurde für das Jahr 2008 eine Gesamtkapazität von knapp 18,6 Mio. Mg der insgesamt 69 MVA zugrunde gelegt.

Insgesamt 27 **MVA** mit einer Kapazität von 6,1 Mio. Mg hatten **kommunale/ öffentliche Betreiber**, 20 MVA mit einer Kapazität von 6,1 Mio. Mg wurden **privat** betrieben sowie 22 MVA mit einer Kapazität von 7,4 Mio. Mg wurden in **Public-Private-Partnerships (PPP)** betrieben.

**Tabelle 4-1: Vergleich der Ergebnisse der NABU-Studie aus dem Jahr 2009 [1] mit den heutigen Anlagenkapazitäten der MVA in Deutschland**

	Anzahl MVA	Kapazitäten in [Mio. Mg/a]
<b>NABU-Studie aus dem Jahr 2009</b>		
Situation im Jahr 2008	69	18,6
Prognose für 2018 - Status quo	k.A.	19,6
<b>Aktuelle Marktsituation</b>		
Jahr 2018	66	20,6

Im **Zeitraum bis zum letzten Jahr (2018)** sind insgesamt drei der 69 MVA stillgelegt worden:

- die MVA Landshut (45.000 Mg/a) im Jahr 2011,
- die Pyrolyseanlage Burgau (25.000 Mg/a) im Jahr 2015 sowie
- die MVA Stellingr Moor (160.000 Mg/a) im Jahr 2016.

Durch Modernisierungen und anteilige technische sowie genehmigungsrechtliche Erweiterungen einzelner MVA haben sich im gleichen Zeitraum jedoch die MVA-Kapazitäten insgesamt um rund 2 Mio. Mg erhöht.

Somit treffen wir heute am Markt noch 66 **MVA** mit einer Gesamtkapazität von nunmehr 20,6 Mio. Mg/a in Betrieb an. Dies liegt etwas über dem zum damaligen Zeitpunkt der ersten NABU-Studie erwarteten Kapazitätszubau auf 19,6 Mg/a bis zum Jahr 2018.

## 4.2. Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke)

Für die **EBS-Kraftwerke** wurde für das Jahr 2008 eine Gesamtkapazität von rund 2,2 Mio. Mg von insgesamt 20 in Betrieb befindlichen EBS-Kraftwerken ermittelt [1].

Insgesamt vier der **EBS-Kraftwerke** mit einer Kapazität von 0,3 Mio. Mg hatten **kommunale/ öffentliche Betreiber**, 15 EBS-Kraftwerke mit einer Kapazität von 1,9 Mio. Mg wurden **privat** betrieben sowie ein EBS-Kraftwerk mit einer Kapazität von 0,1 Mio. Mg wurde in **Public-Private-Partnerships (PPP)** betrieben.

Im **Zeitraum bis zum Jahr 2018** sind insgesamt weitere 15 EBS-Kraftwerke in Betrieb gegangen, aber auch drei EBS-Kraftwerke (Aßlar, Essen, Meuselwitz) seit dem Jahr 2013 stillgelegt worden.

Somit sind heute insgesamt 32 **EBS-Kraftwerke** mit einer Gesamtkapazität von nunmehr 5,8 Mio. Mg am Markt tätig. Dies liegt ziemlich genau in der Mitte des zum damaligen Zeitpunkt der ersten NABU-Studie erwarteten Kapazitätszubaues in den zwei Szenarien („Untere Trendentwicklung“: 5,0 Mio. Mg in 2018 sowie „Obere Trendentwicklung“: 6,8 Mio. Mg in 2018) für die EBS-Kraftwerke.

**Tabelle 4-2: Vergleich der Ergebnisse der NABU-Studie aus dem Jahr 2009 [1] mit den heutigen Anlagenkapazitäten der EBS-Kraftwerke in Deutschland**

	Anzahl EBS-KW	Kapazitäten in [Mio. Mg/a]
<b>NABU-Studie aus dem Jahr 2009</b>		
Situation im Jahr 2008	20	2,2
Szenario „Untere Trendentwicklung“ für 2018	k.A.	5
Szenario „Obere Trendentwicklung“ für 2018	k.A.	6,8
<b>Aktuelle Marktsituation</b>		
Jahr 2018	32	5,8

An **eingesetzten Ersatzbrennstoffen** für die Anlagen im deutschen Markt wurden für die Jahre 2017/2018 damals rund 4 Mio. Mg erwartet. Die reale Auslastung der Anlagen mit Ersatzbrennstoffen aus dem Inland wird von Destatis mit 3,9 Mio. Mg (2015 [20]) sowie mit 4,1 Mio. Mg (2016 [21]) angegeben. Dies stimmt mit der damaligen Erwartung recht genau überein.

## 5. Input-Ströme sowie Auslastung der MVA und EBS-Kraftwerke

### 5.1. Abfallverbrennungsanlagen (MVA)

In den deutschen MVA sind in den Jahren 2017, 2016 und 2015 jeweils rund 20 Mio. Mg an Abfällen eingesetzt und energetisch genutzt worden [3, 20, 22, 23 sowie eigene Abschätzungen basierend auf 24]. Hiervon stammten in den Jahren 2015 und 2016 jeweils rund 1,35 Mio. Mg von Anlieferungen aus dem Ausland (Importe). Somit entfielen in diesen beiden Jahren knapp 19 Mio. Mg/a der Einsatzmengen der MVA auf Anlieferungen aus dem Inland.

Hiervon entfielen nach ergänzten Angaben der ITAD [2, 24 und eigene Einschätzungen sowie 42] im Jahr 2017 auf den Restabfall 12,2 Mio. Mg und den Sperrmüll der deutschen Haushalte rund 1,1 Mio. Mg, auf Ersatzbrennstoffe (AVV 191210/191212) rund 4 Mio. Mg, auf Gewerbeabfälle (sonstige 19er AVV) rund 2,2 Mio. Mg, auf Klärschlämme rund 0,2 Mio. Mg sowie auf gefährliche Abfälle rund 0,3 Mio. Mg. Hinzukommen hierzu die Importe aus dem Ausland (rund 1,5 Mio. Mg/a)<sup>3</sup>.

Bei einer Gesamtkapazität der 66 MVA von aktuell rund 20,6 Mio. Mg/a in den Jahren 2018 und 2017 ergibt sich bei eingesetzten jeweils rund 20 Mio. Mg/a an Abfällen aus dem Inland demnach eine Gesamtauslastung der Anlagen von bundesweit knapp 97 % für das Jahr 2017, davon auf Basis von [2, 24 und eigenen Recherchen/ Einschätzungen] in der

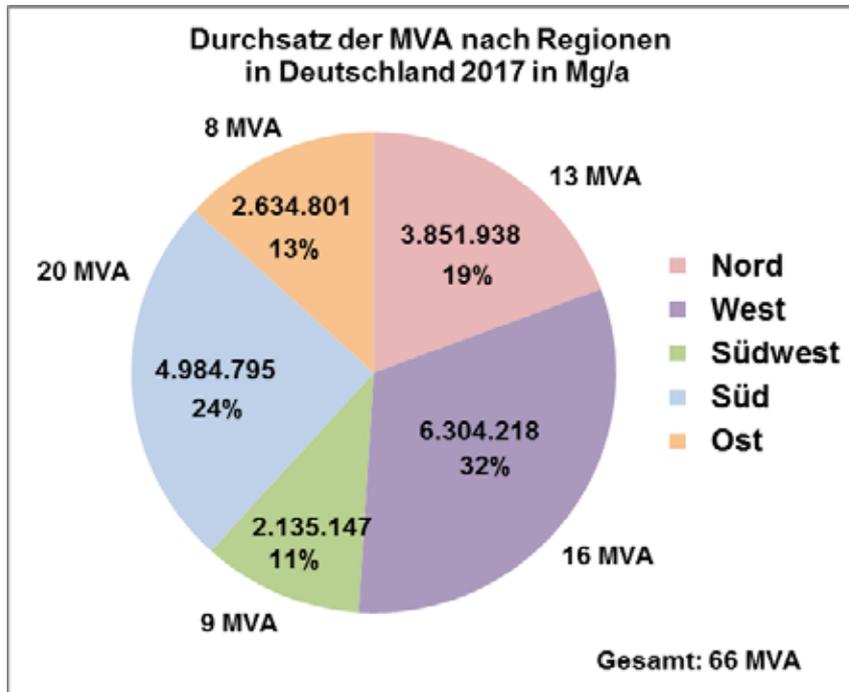
- Region Nord: 3,9 Mio. Mg (Auslastung: 97 %),
- Region West: 6,3 Mio. Mg (Auslastung: 96 %),
- Region Südwest: 2,1 Mio. Mg (Auslastung: 91 %),
- Region Süd: 5,0 Mio. Mg (Auslastung: 100 %),

<sup>3</sup> DeStatis weist für das Jahr 2017 eine verbrannte Gesamtabfallmenge von 21,5 Mio. Mg in den Abfallverbrennungsanlagen aus [43], davon 20,2 Mio. Mg aus dem Inland und 1,3 Mio. Mg aus dem Ausland, die im Kapitel 9 und 10 weiter Verwendung findet. In den Kapiteln davor wurden die Daten aus den angegebenen Quellen abgeleitet, bevor die aktuellen Daten von DeStatis veröffentlicht waren.

- Region Ost: 2,6 Mio. Mg (Auslastung: 96 %).

Die Verteilung des Durchsatzes an Abfällen von rund 20 Mio. Mg/a der 66 Müllverbrennungsanlagen (MVA) – nach [2] auf die fünf Regionen zeigt die folgende Abbildung.

**Abbildung 5-1: Durchsatz der 66 MVA nach Regionen**



## 5.2. Ersatzbrennstoffkraftwerke (EBS-Kraftwerke)

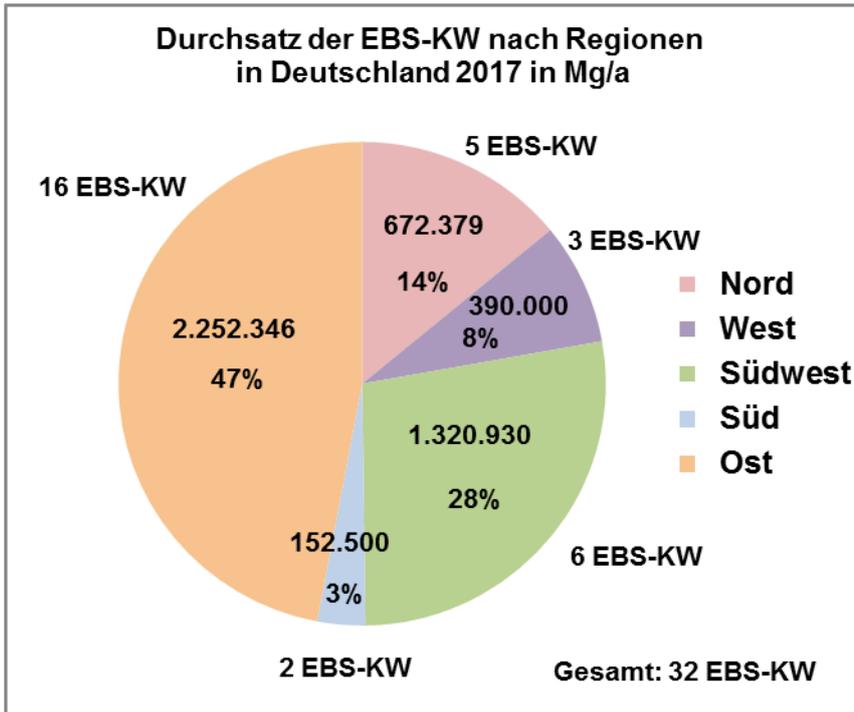
In den deutschen EBS-Kraftwerken sind im Jahr 2017 rund 4,8 Mio. Mg, im Jahr 2016 rund 4,5 Mio. Mg und im Jahr 2015 rund 4,3 Mio. Mg an Abfällen eingesetzt und energetisch genutzt worden [3, 20, 22, 23 sowie eigene Abschätzungen basierend auf 24]. Hiervon stammten in den Jahren 2015 und 2016 jeweils knapp 0,3 Mio. Mg von Anlieferungen aus dem Ausland (Importe) sowie jeweils knapp 0,2 Mio. Mg stammten aus dem eigenen Betrieb, z. B. Papierschlämme. Somit entfielen im Jahr 2015 rund 3,9 Mio. Mg sowie im Jahr 2016 rund 4,1 Mio. Mg der Einsatzmengen der EBS-Kraftwerke auf Anlieferungen von Abfällen/ Ersatzbrennstoffen aus dem Inland.

Bei einer Gesamtkapazität der 32 EBS-Kraftwerke von aktuell rund 5,8 Mio. Mg/a in den Jahren 2015 bis 2018 ergibt sich bei eingesetzten zuletzt 4,8 Mio. Mg/a an Abfällen demnach eine Gesamtauslastung der Anlagen von bundesweit ansteigend über 74 % (2015 [20]), knapp 78 % (2016 [22]) auf knapp 83 % im Jahr 2017 (eigene Abschätzungen basierend auf [24]), davon betragen die Einsatzmengen an Ersatzbrennstoffen und die jeweiligen Auslastungen in der

- Region Nord: 0,7 Mio. Mg (Auslastung: 83 %),
- Region West: 0,4 Mio. Mg (Auslastung: 75 %),
- Region Südwest: 1,3 Mio. Mg (Auslastung: 86 %),
- Region Süd: 0,2 Mio. Mg (Auslastung: 80 %),
- Region Ost: 2,3 Mio. Mg (Auslastung: 81 %).

Die Verteilung des Durchsatzes bei 4,8 Mio. Mg/a an Abfällen der 32 EBS-Kraftwerke auf die fünf Regionen zeigt die folgende Abbildung.

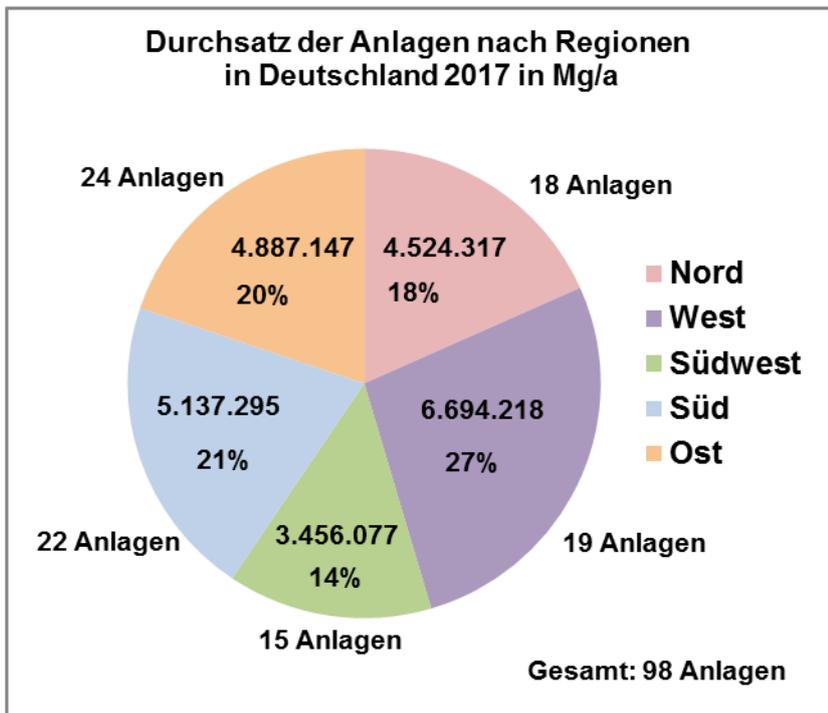
Abbildung 5-2: Durchsatz der 32 EBS-Kraftwerke nach Regionen



### 5.3. Gesamtübersicht für die MVA und EBS-Kraftwerke

Die im Jahr 2017 insgesamt in den in Betrieb befindlichen 66 MVA und 32 EBS-Kraftwerke eingesetzten Abfallmengen<sup>4</sup> nach den fünf Regionen – Nord, West, Südwest, Süd und Ost – zeigt die folgende Abbildung.

<sup>4</sup> Quellen: [2, 3, 20, 22, 23 sowie eigene Abschätzungen basierend auf 24]. Destatis weist für 2017 wie beschrieben eine um 1,5 Mio. Mg höhere verbrannte Gesamtabfallmenge aus, die aber bei der Bearbeitung dieser Kapitel noch nicht vorlag.

**Abbildung 5-3: Durchsatz der MVA und EBS-Kraftwerke nach Regionen**


## 5.4. Auslastung der MVA und EBS-Kraftwerke für einen rentablen Betrieb

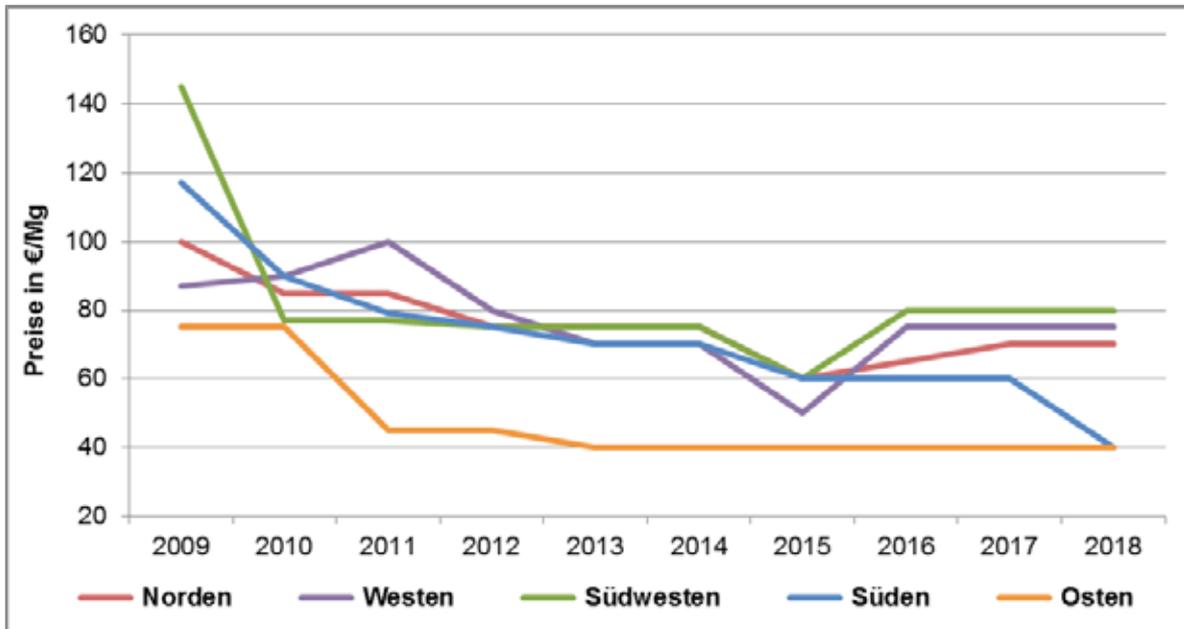
### 5.4.1. MVA

Die Frage, wie hoch die Auslastung der Anlagen für einen rentablen Betrieb sein muss soll erst einmal anhand einer Analyse der Preisentwicklungen in den deutschen MVA im Zeitraum zwischen 2009 und 2019 nachgegangen werden<sup>5</sup>.

Die Entwicklung der niedrigsten Preise in diesem Zeitraum für kommunale Verträge zur Restabfallentsorgung zeigt die folgende Abbildung (Angaben nach EUWID [26] bis [36]).

<sup>5</sup> Für die Darstellung der Preisentwicklungen werden die gleichen Regionen herangezogen: Nord: Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen; West: Nordrhein-Westfalen, Südwest: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland; Süd: Bayern, Baden-Württemberg; Ost: alle Neuen Bundesländer, inkl. Berlin.

**Abbildung 5-4: Niedrigste Preise für kommunale Verträge zur Restabfallentsorgung in den deutschen MVA zwischen 2009 und 2018 in Euro pro Mg**

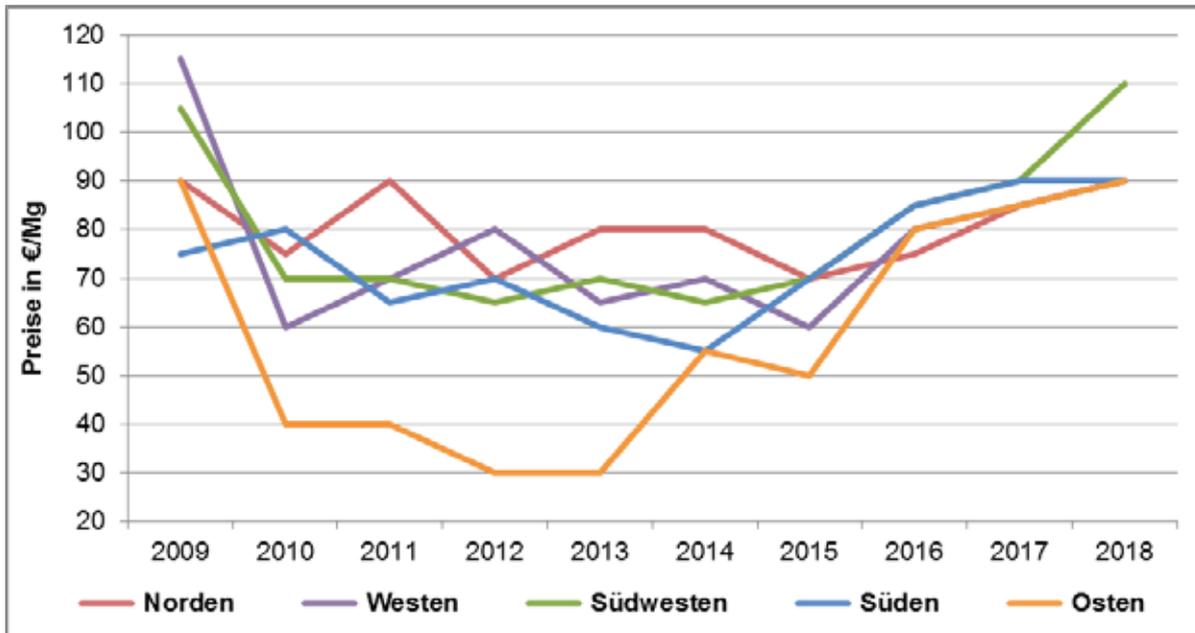


Quelle: jeweilige EUWID-Jahresberichte 2009 bis 2018, [27] bis [36]

Die Gründe für die z. T. unterschiedlichen Preise in den Regionen liegen in erster Linie in unterschiedlichen Fixkosten der Anlagen (Erläuterungen hierzu folgen auf der übernächsten Seite) sowie einer unterschiedlichen Angebots- und Nachfragesituation nach Abfällen zur Verbrennung/energetischen Verwertung in den fünf Regionen.

Die Entwicklung der niedrigsten Preise in diesem Zeitraum für Verträge zur Gewerbeabfallentsorgung zeigt die folgende Abbildung (Angaben nach EUWID [27] bis [36]).

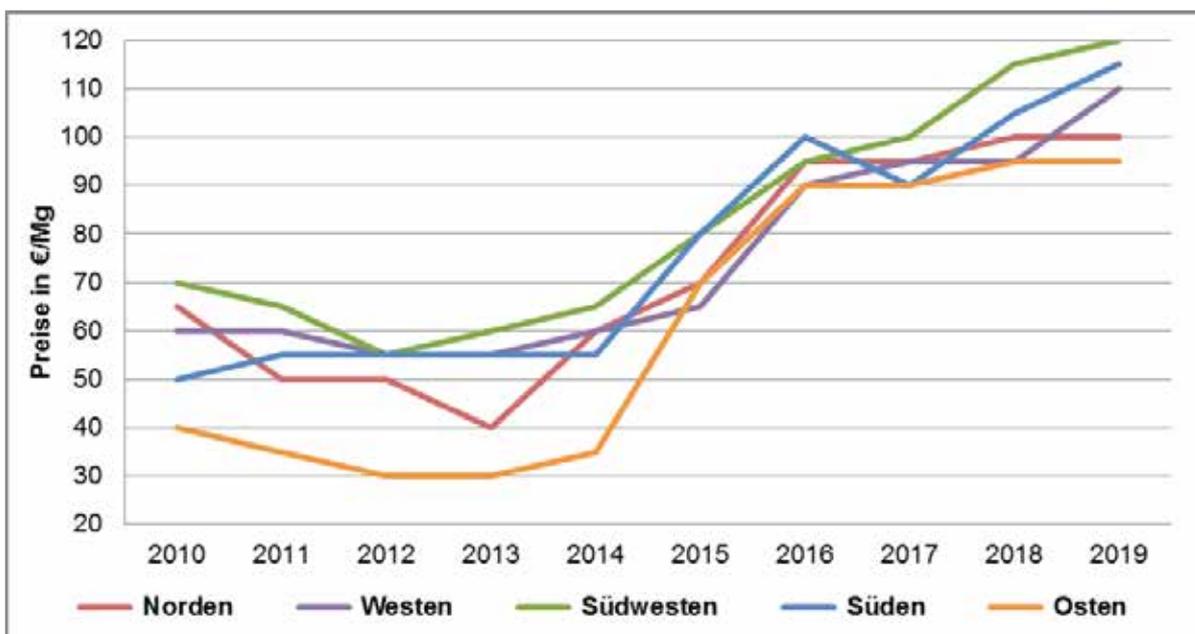
**Abbildung 5-5: Niedrigste Preise für Verträge zur Gewerbeabfallentsorgung in den deutschen MVA zwischen 2009 und 2018 in Euro pro Mg**



Quelle: jeweilige EUWID-Jahresberichte 2009 bis 2018, [27] bis [36]

Die Entwicklung der niedrigsten Preise für die Entsorgung von Gewerbeabfällen im Spotmarkt zwischen 2010 und 2019 zeigt die folgende Abbildung (Angaben nach EUWID [26] bis [36]).

**Abbildung 5-6: Niedrigste Preise für die Entsorgung von Gewerbeabfällen im Spotmarkt in den deutschen MVA zwischen 2010 und Mitte 2019 in Euro pro Mg**



Quelle: jeweilige EUWID-Jahresberichte 2010 bis 2019, [26] bis [36]

Die **niedrigsten Preise** kommunaler Restabfälle sowie der Gewerbeabfälle (Verträge und Spotmarkt) in den Abfallverbrennungsanlagen lagen im Jahr 2018 somit im Bundesdurchschnitt für

- **kommunale Restabfälle** (Eigenkosten oder Verträge) bei rund 61,- €/Mg (40,- bis 80,- €/Mg),
- **Gewerbeabfälle** (Verträge) bei rund 94,- €/Mg (90,- bis 110,- €/Mg),
- **Gewerbeabfälle** (Spotmarkt) bei rund 102,- €/Mg (95,- bis 115,- €/Mg).

Die jeweils **höchsten Preise** für kommunale Restabfälle sowie für die Gewerbeabfälle (Verträge und Spotmarkt) in den Abfallverbrennungsanlagen spielen bei dieser Analyse nur eine stark untergeordnete Rolle, da in diesen Preisbereichen nicht davon auszugehen ist, dass die Anlagen nicht rentabel betrieben werden können. Sie lagen im Jahr 2018 im Bundesdurchschnitt für

- **kommunale Restabfälle** (Eigenkosten oder Verträge) bei rund 152,- €/Mg,
- **Gewerbeabfälle** (Verträge) bei rund 138,- €/Mg,
- **Gewerbeabfälle** (Spotmarkt) bei rund 150,- €/Mg.

Für die Preisbildung der Anlagen ist in Bezug auf diese drei Abfallarten von Bedeutung, dass die Verträge mit kommunalen Restabfällen sowie z. T. auch die Verträge über Gewerbeabfälle zur mittel- bis langfristigen Grundaustattung der jeweiligen MVA beitragen sollen. Über diese Einnahmen der Betreiber müssen die fixen und auch bereits ein Großteil der variablen Kosten der Anlagen gedeckt werden. Gelingt dies nicht vollständig mit diesen Abfällen, müssen auch die nicht langfristig gebundenen Gewerbeabfälle (Spotmarkt) einen Ergebnisbeitrag für die jeweiligen MVA zu den Gesamteinnahmen liefern.

Zu den jährlichen **fixen Kosten der MVA** (und auch der EBS-Kraftwerke) zählen:

- die **Abschreibungen** der jeweiligen Planungs- und Investitionskosten der Anlagen,
- die laufenden **Personalkosten**,
- die **Instandhaltungskosten**,
- die **Steuern und Versicherungen**.

Zu den jährlichen **variablen Kosten der MVA** (und auch der EBS-Kraftwerke) zählen:

- die **Betriebs- und Verbrauchsmittel** der Anlagen,
- die **Entsorgungskosten** der Anlagen (Schlacke, Flugasche, RGR-Rückstände etc.),
- die **Kosten für Strom- oder sonstigen Energiebezug**,
- evtl. **sonstige Kosten**.

Von den jeweiligen Gesamtkosten der Anlagen sind die Energieerträge für Strom, Fernwärme und/oder Prozessdampf der MVA oder EBS-Kraftwerke als Erlöse abzuziehen.

Entsprechend geschätzte **spezifische Gesamtkosten** von **neuen MVA-Verbrennungslinien** liegen so z. B. zwischen rund 70,- €/Mg (300.000 Mg/a Kapazität) und rund 100,- €/Mg (100.000 Mg/a Kapazität), jeweils angegeben bei einer Vollauslastung der jeweiligen Verbrennungslinien (Das BREF Abfallverbrennung gibt hierzu 105,- €/Mg für 200.000 Mg/a Kapazität an, zitiert in [37]).

Kleinere und weniger energieeffiziente MVA mit geringen Energieerlösen können entsprechend höhere spezifische Gesamtkosten als 100,- €/Mg aufweisen. Bei noch größeren Anlagen und ggf. spezifisch günstigen Rahmenbedingungen (z. B. keine Abschreibungen der Anlagen mehr, Betrieb der Anlagen im Verbund mit anderen Anlagen, hohe Energieerträge etc.) können im Einzelfall durchaus niedrigere spezifische Gesamtkosten als 70,- €/Mg vorliegen. Nur so ist es zu erklären,

dass die niedrigsten Restabfallbehandlungspreise der deutschen MVA im letzten Jahr in einem Bereich von 40,- bis 80,- €/Mg anzutreffen sind.

Somit lässt sich hieraus schlussfolgern, dass die Auslastung der Anlagen bei mindestens 70 %, besser sogar größer 80 % der jeweiligen Kapazitäten liegen sollten, um sie mindestens kostendeckend bzw. rentabel betreiben zu können.

#### 5.4.2. EBS-Kraftwerke

Geschätzte **spezifische Gesamtkosten** von **neuen EBS-Kraftwerksrostfeuerungsanlagen** liegen z. B. zwischen rund 60,- €/Mg (300.000 Mg/a Kapazität) und rund 85,- €/Mg (100.000 Mg/a Kapazität), jeweils angegeben bei einer Vollaustattung der jeweiligen Anlagenlinien.

Kleinere EBS-Kraftwerke mit ggf. auch geringen Energieerlösen oder Wirbelschichtfeuerungsanlagen können entsprechend auch höhere spezifische Gesamtkosten als 85,- €/Mg aufweisen. Bei noch größeren EBS-Kraftwerken und ggf. spezifisch günstigen Rahmenbedingungen (z. B. Betrieb der Anlagen im Verbund mit anderen Anlagen, hohe Energieerträge etc.) können im Einzelfall auch niedrigere spezifische Gesamtkosten als 60,- €/Mg vorliegen.

Die Preisbildung der **EBS-Kraftwerke** orientiert sich neben den spezifischen Gesamtkosten der Anlagen in den jeweiligen Regionen jedoch z. T. auch an den Behandlungspreisen für die gewerblichen Abfälle im Spotmarkt der MVA. Für die **EBS-Kraftwerke** lassen sich hieraus aufgrund weitgehend fehlender Daten zu den aktuellen Behandlungspreisen der Anlagen bundesweit oder in den einzelnen Regionen jedoch keine Aussagen zu notwendigen Mindestauslastungen der Anlagen für einen rentablen Betrieb ableiten.

## 6. Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke

### 6.1. Methodische Vorgehensweise zur Abschätzung des Modernisierungsbedarfs

In diesem Einführungskapitel möchten wir zuerst die methodische Vorgehensweise zur Abschätzung des Modernisierungsbedarfs für die MVA und EBS-Kraftwerke erläutern.

Ausgangspunkt für diese Einschätzungen ist der aktuelle Status Quo des Anlagenbestands in Deutschland für die MVA und EBS-Kraftwerke, so wie er in Kapitel 3 bereits im Überblick dargestellt worden ist.

Das Durchschnittsalter der 66 deutschen MVA seit ihrer Erstinbetriebnahme zwischen den Jahren 1964 (vor 54 Jahren) und 2008 (vor 10 Jahren) beträgt bezogen auf das letzte Jahr 2018 32 Jahre.

Durch fortlaufende Modernisierungen im Bestand ist dieser MVA-Anlagenparkt bisher im Durchschnitt alle 25 Jahre im Bereich der Kessel, Verdampfer und Überhitzer erneuert worden. Diese Betrachtung setzt statistisch an den einzelnen Verbrennungslinien der jeweiligen MVA an und berücksichtigt Verbrennungslinien nicht, die bisher noch nie vollständig erneuert wurden. So sind aktuell 28 MVA noch jünger als 25 Jahre und noch nicht grundlegend modernisiert worden.

Dieser Durchschnittswert von rund 25 Jahren Betriebsdauer der MVA-Verbrennungslinien bis zur nächsten Vollerneuerung kann somit nur einen groben Richtwert darstellen. In den achtziger und neunziger Jahren wurden Modernisierungen an den Anlagen häufiger auch in Verbindung mit den umfassenden Abluftreinigungsmaßnahmen nach der TA-Luft etwas früher als in den letzten beiden Jahrzehnten durchgeführt. So zeichnet sich v. a. die letzte Dekade durch eher verhaltene Modernisierungsmaßnahmen an den deutschen Anlagen aus. Hier hat wiederum aber auch das zuneh-

mende Korrosionsbeschichten (Cladding) der Kesselanlagen in den letzten beiden Jahrzehnten zu einer statistischen Verlängerung der Betriebsdauer der MVA-Verbrennungslinien geführt.

Für diese Studie schlagen wir daher vor, eine Betriebsdauer von 30 Jahren als Ansatz für die folgenden Szenarien zum Modernisierungsbedarf der deutschen MVA bis zum Jahr 2030 zu wählen, also 5 Jahre mehr als es die Statistik für die Vergangenheit zeigt. Dieser Betrachtungsweise ist das aktuelle Alter der einzelnen MVA-Verbrennungslinien zugrunde gelegt worden.

Für MVA-Verbrennungslinien, die bereits heute älter als 30 Jahre sind, wird deren Modernisierungsbedarf binnen der nächsten 3 bis 5 Jahre unterstellt. Für alle anderen MVA-Verbrennungslinien in Deutschland wird analysiert, welche dieser MVA-Linien bis zum Jahr 2030 dann älter als 30 Jahre sein werden.

Auf dieser Basis ergeben sich für die **32 EBS-Kraftwerke** aufgrund des noch sehr neuen Anlagenbestands keine Modernisierungsbedarfe in den nächsten 3 bis 5 Jahren und schließlich auch noch nicht im Szenario bis zum Jahr 2030. Nur der aktuell aufgrund einer marktseitigen Neuausrichtung vorzeitig geplante Ersatz der Wirbelschichtfeuerungsanlage in Premnitz durch eine neue Rostfeuerungsanlage ist hier aus redaktionellen Gründen in den Kapiteln 6.2 und 6.3 mitgeführt.

#### 6.1.1. Modernisierungsbedarf in den Regionen

Gemäß der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen methodischen Vorgehensweise werden die Modernisierungsbedarfe der nächsten 3 bis 5 Jahre und schließlich bis zum Jahr 2030 jeweils ermittelt, nach der hiervon betroffenen MVA-Kapazität, aufgeteilt auf die fünf Regionen – Nord, West, Südwest, Süd und Ost – in Deutschland analysiert und im Kapitel 6.2 dargestellt.

#### 6.1.2. Modernisierungsbedarf nach Eigentümerstrukturen

Gemäß der im Kapitel 6.1 beschriebenen methodischen Vorgehensweise werden die Modernisierungsbedarfe der nächsten 3 bis 5 Jahre und schließlich bis zum Jahr 2030 jeweils ermittelt nach der hiervon betroffenen MVA-Kapazität, aufgeteilt auf die Eigentümerstrukturen der Anlagen – kommunal/ öffentlich, privat, PPP – in Deutschland analysiert und im Kapitel 6.3 dargestellt.

#### 6.1.3. Technische Ausstattung und Energieeffizienz der deutschen MVA und EBS-Kraftwerke

In Deutschland sind **alle 66 MVA** mit **Rostfeuerungsanlagen** ausgestattet.

Die **Rostfeuerung** ist eine Feststofffeuerung, bei der der Brennstoff auf einem Rost liegt und verbrennt. Das Rost ist eine mit Öffnungen versehene Fläche. Die Öffnungen im Rost dienen der Zuführung der für die Verbrennung notwendigen Luft ("Unterwind") und der Abführung der zurückbleibenden Asche. Die notwendigen Bewegungen zum Umwälzen des Feuers und zum Abführen der Asche erfolgt bei größeren Rostfeuerungen automatisch durch Bewegung des Rostes.

Von den **EBS-Kraftwerken** sind **26 Anlagen** ebenfalls mit **Rostfeuerungsanlagen** ausgebildet.

Hingegen sind **sechs** der 32 EBS-Kraftwerke als **Wirbelschichtfeuerungsanlagen** gebaut, hiervon **vier** Anlagen als **zirkulierende Wirbelschicht (ZWS)**, **eine** Anlage als **stationäre Wirbelschicht (SWS)** und **eine** Anlage als **rotierende Wirbelschicht (RWS)**.

Eine **Wirbelschicht** weist flüssigkeitsähnliche Eigenschaften auf. So bildet sich, wie bei Wasser, stets eine horizontale Oberfläche aus. Weiterhin sinken in einem Wirbelbett Objekte mit höherer Dichte als das Bett ab, während Objekte mit geringerer Dichte schwimmen (**Archimedisches Prinzip**). Da sich der Feststoffvolumenanteil im Gemisch des Wirbelbettes mit der Fluidisierungsgeschwindigkeit ändert, können Objekte (Wirbelgut oder Feststoffpartikel) mit ähnlicher „Dichte“ wie das Wirbelbett hierdurch zum Absinken bzw. Wiederauftauchen gebracht werden. Dies führt in Wirbelschichtfeuerungen zu einem guten Wärmetransport innerhalb der Anlage und zu einem guten Wärmeübergang zwischen Wirbelschicht und der Behälterwand bzw. eingebauten Wärmetauschern. Gleichzeitig sorgen der gute Wärmetransport und die (im Vergleich zu Gas) enorm hohe Wärmekapazität des Bettinventars für ein relativ homogenes Temperaturfeld in der Anlage, was eine schadstoffarme Verbrennung zur Folge hat. Charakteristisch für die Beurteilung des Fluidisierungszustandes von Wirbelschichten ist der Verlauf des Feststoffvolumenprofils, das sich aus dem (scheinbaren) Druckverlust über der Anlagenhöhe berechnen lässt. Man unterscheidet zwischen homogenen Wirbelschichten mit einer räumlich gleichmäßigen Verteilung der dispersen Phase und inhomogenen Wirbelschichten, die eine räumlich ungleichmäßige Verteilung der dispersen Phase aufweist. So gibt es **stationäre Wirbelschichten** (SWS), bei denen die fluidisierte Schüttung eine deutliche Grenze besitzt, aus der nur sehr wenige (feine) Partikel ausgetragen werden und **zirkulierende Wirbelschichten** (ZWS) bzw. **rotierende Wirbelschichten** (RWS), bei der die fluidisierte/ rotierende Schüttung auf Grund einer größeren Strömungsgeschwindigkeit des Fluids keine deutliche obere Grenze mehr besitzt und Partikel in großem Maße nach oben ausgetragen werden. Diese fallen dann in Form von Clustern wieder in das Wirbelbett zurück oder werden in den Gaszyklon ausgetragen, dort vom Gasstrom getrennt und über eine Rückführung wieder der Bodenzone zugeführt, also (re-)zirkuliert.

Der **Kesselwirkungsgrad** einer MVA mit Rostfeuerung – verstanden als Relation zwischen erzeugter Brutto-Frischdampfmenge und dem Energiegehalt des eingesetzten Abfalls – ist eine primäre Größe für die Energieeffizienz einer MVA (moderne MVA erreichen hier Werte über 80 bis 85 % [37]).

Das **Energieeffizienzkriterium** der Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRI) [38] – auch als R1-Formel bzw. R1-Kennzahl zur Energieeffizienz bezeichnet – lautet:

$$\text{Energieeffizienz (R1)} = (E_p - (E_f + E_i)) / 0,97 \cdot (E_w + E_f)$$

Dabei ist:

$E_p$ : die jährlich als Wärme oder Strom erzeugte Energie. Der Wert wird berechnet, in dem Elektroenergie mit dem Faktor 2,6 und für gewerbliche Zwecke erzeugte Wärme mit dem Faktor 1,1 (GJ/Jahr) multipliziert wird.

$E_f$ : der jährliche Input von Energie in das System aus Brennstoffen, die zur Erzeugung von Dampf eingesetzt werden (GJ/Jahr).

$E_w$ : die jährliche Energiemenge, die im behandelten Abfall enthalten ist, berechnet anhand des unteren Heizwerts des Abfalls (GJ/Jahr).

$E_i$ : die jährliche importierte Energiemenge ohne  $E_w$  und  $E_f$  (GJ/Jahr).

0,97 ist ein Faktor zur Berechnung der Energieverluste durch Rost- und Kesselasche sowie durch Strahlung.

Diese Formel ist entsprechend dem Referenzdokument zu den besten verfügbaren Techniken für die Abfallverbrennung, identisch mit dem BVT-Merkblatt Abfallverbrennung [39] zu verwenden.

Die **Gesamtfeuerungswärmeleistung** der **deutschen MVA** beträgt aktuell knapp 7,5 GW (ermittelt auf der Basis von [3] und [24] mit wenigen eigenen Ergänzungen).

Mit 60 Anlagen erzeugen etwas über 90 % der MVA ihre Energie in Kraft-Wärme-Kopplung durch die parallele Erzeugung von Strom und Fernwärme oder von Prozesswärme (mind. 2 MVA speisen ihre Wärme ausschließlich in die Fernwärmeversorgung ein, mind. 9 MVA geben ihren HD-Dampf an externe Nutzer, wie Kraft- oder Heizkraftwerke ab [37]).

Nur sechs der MVA (Emlichheim, Hannover, Helmstedt, Ludwigslust, Velsen, Weißenhorn) erzeugen ausschließlich Strom aus den eingesetzten Abfällen [3]. Im Jahr 2016 wurden dadurch aus dem Energieeinsatz der Abfälle in Höhe von 206 PJ rund 109 PJ an Energie (brutto) erzeugt (53 %) und davon 92 PJ (44,6 %) <sup>6</sup> an Energie in Form von Strom, Wärme oder Dampf exportiert [3].

Von den **EBS-Kraftwerken** konnten im Jahr 2016 aus dem Energieeinsatz der Abfälle in Höhe von 68 PJ rund 44 PJ (64,7 %) <sup>7</sup> an Energie in Form von Strom, Wärme oder Prozessdampf exportiert werden [3].

## 6.2. Modernisierungsbedarf nach Regionen

Den Modernisierungsbedarf der **MVA** und **EBS-Kraftwerke** in den fünf Regionen – Nord, West, Südwest, Süd und Ost – bis zum Jahr 2030 zeigt die folgende Tabelle.

**Tabelle 6-1: Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke bis zum Jahr 2030 in den Regionen (Kapazitätsangaben in Mg/a)**

Modernisierungsbedarf der thermischen Behandlungsanlagen in Deutschland									
Anlagen-typ	Region	Kapazität nicht betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität sofort/ in 3-5 Jahren betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität zusätzl. bis 2030 betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Gesamt-kapazität [Mg/a]	Anteil [%]
<b>MVA</b>	Nord	1.822.509	46%	537.000	14%	1.596.667	40%	3.956.176	100%
	West	1.241.773	19%	1.573.547	24%	3.782.680	57%	6.598.000	100%
	Südwest	1.166.267	50%	140.000	6%	1.027.583	44%	2.333.850	100%
	Süd	1.348.333	27%	912.000	18%	2.718.153	55%	4.978.486	100%
	Ost	2.483.000	91%	0	0%	260.000	9%	2.743.000	100%
	Summe	8.061.883	39%	3.162.547	15%	9.385.083	46%	20.609.512	100%
<b>EBS-KW</b>	Nord	810.000	100%	0	0%	0	0%	810.000	100%
	West	520.000	100%	0	0%	0	0%	520.000	100%
	Südwest	1.541.600	100%	0	0%	0	0%	1.541.600	100%
	Süd	190.000	100%	0	0%	0	0%	190.000	100%
	Ost	2.629.750	95%	152.680	5%	0	0%	2.782.430	100%
	Summe	5.691.350	97%	152.680	3%	0	0%	5.844.030	100%
<b>Gesamt</b>	Nord	2.632.509	55%	537.000	11%	1.596.667	33%	4.766.176	100%
	West	1.761.773	25%	1.573.547	22%	3.782.680	53%	7.118.000	100%
	Südwest	2.707.867	70%	140.000	4%	1.027.583	27%	3.875.450	100%
	Süd	1.538.333	30%	912.000	18%	2.718.153	53%	5.168.486	100%
	Ost	5.112.750	93%	152.680	3%	260.000	5%	5.525.430	100%
	Summe	13.753.233	52%	3.315.227	13%	9.385.083	35%	26.453.542	100%

Quelle: Eigene Recherchen sowie Einschätzungen/ Auswertungen, u.a. auf Basis von [24]

**Rot:** schlechte/ hohe Werte (bei Modernisierung in den kommenden 3-5 Jahren aufgrund der kurzen Dauer), **Grün:** gute Werte

Für die **MVA** ergibt sich aufgrund einer mindestens schon eine Dekade währenden recht geringen Investitions- und Modernisierungsbereitschaft bei einer Reihe von Anlagen bereits ein „Investitionsstau“ der in Summe für die Bundesrepublik bei Anlagen mit einer gesamten Kapazität von rund 3,2 Mio. Mg/a für die kommenden 3 bis 5 Jahre anfällt. Hierzu zählen z. B. Anlagen wie das MHKW Bremerhaven und die MVA Stapelfeld, wo die jeweiligen Investitionen in die Modernisie-

<sup>6</sup> Differenziertere Angaben zu den Anteilen der exportierten Energie nach Strom, Fernwärme und Prozessdampf liegen für alle Anlagen leider nicht vor und können daher nicht gemacht werden.

<sup>7</sup> Differenziertere Angaben zu den Anteilen der exportierten Energie nach Strom, Fernwärme und Prozessdampf liegen für alle Anlagen leider nicht vor und können daher nicht gemacht werden.

rungsmaßnahmen gerade seitens der Betreiber bekannt gegeben worden sind. Schwerpunkte bilden hier aber eher die Regionen West und Süd (rot in Tabelle 6.1 hervorgehoben). Im Osten stehen aktuell gar keine kurzfristigen Gesamtmodernisierungen bei dem noch recht jungen MVA-Anlagenbestand an.

Bedeutender ist für die MVA jedoch der weitere Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030, der in Summe MVA mit einer Kapazität von rund 9,4 Mio. Mg/a umfasst. Auch hier sind die Schwerpunkte wieder die Regionen West und Süd mit Anteilen von 57 % und 53 % sowie mit etwas geringerer Bedeutung die Regionen Nord (40 %) und Südwest (44 %). In Summe sind bis zum Jahr 2030 rund 12,6 Mio. Mg der MVA-Kapazitäten (61 %) potentiell modernisierungsbedürftig.

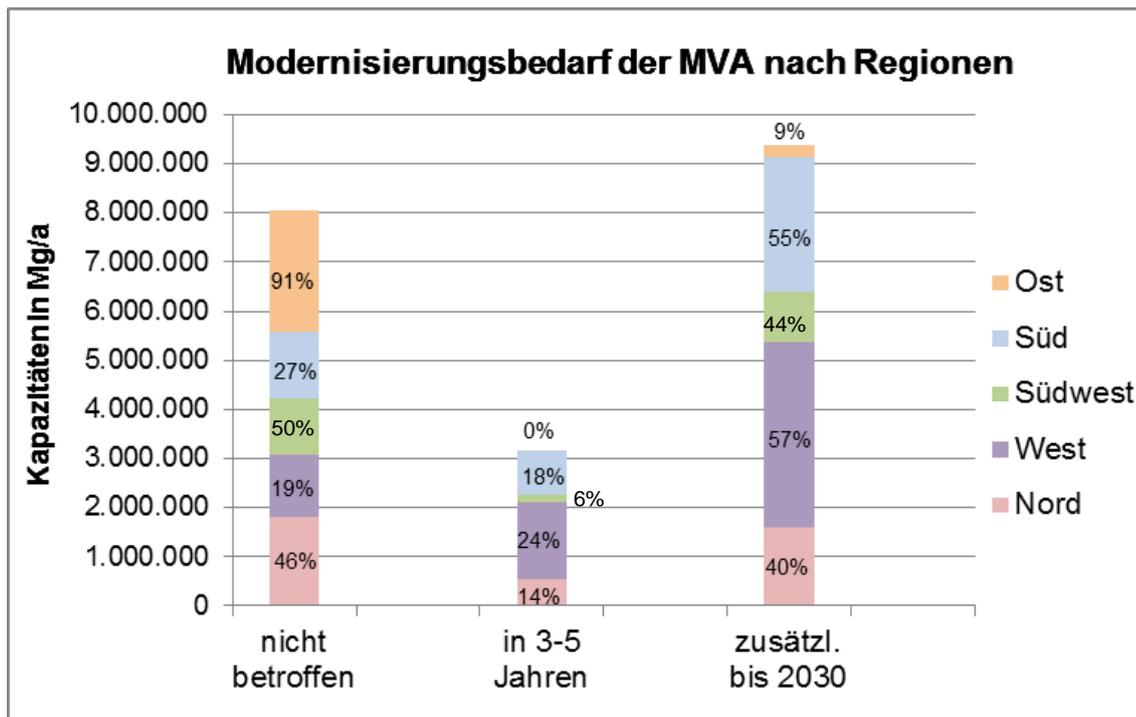
Werden diese MVA binnen der nächsten Dekade nicht generalüberholt, drohen den jeweiligen Betreibern höhere Verbrennungskosten wegen einer größeren Störanfälligkeit und damit steigender Ausfallzeiten der jeweils älteren Verbrennungslinien. Zudem nimmt der Reparaturbedarf und damit verbunden auch die Kosten, v.a. im Bereich der Instandhaltung der Verbrennungskessel, aber auch der Abluftreinigungssysteme zu. Hier kann es in Einzelfälle auch zu Nachrüstungsmaßnahmen kommen, um die Emissionsanforderungen der jeweiligen Anlagen auch zukünftig vollständig zu erfüllen.

Es ergibt sich das Gesamtbild, dass lediglich knapp 40 % der MVA-Kapazitäten (8,1 Mio. Mg/a) in der nächsten Dekade noch so „neu und modern“ sind, dass sie altersbedingt keine Gesamterneuerungen von Kesselanlagen und Verdampfersystemen bis zum Jahr 2030 benötigen. Diese Anteile liegen im Westen (19 %) und Süden (27 %) der Republik sogar nur bei etwa einem Viertel der dortigen Anlagenkapazitäten. Nur die Anlagen im Osten sind mit 91 % vorwiegend noch so modern, dass hier in der kommenden Dekade noch keine grundlegenden Erneuerungsmaßnahmen zu erwarten sind.

Das Gesamtbild für die MVA ist zusätzlich zur obigen Tabelle in der folgenden Abbildung visualisiert. Demnach sind rund 61 % der gesamten MVA-Kapazitäten bis zum Jahr 2030 potentiell modernisierungsbedürftig. Die Schwerpunkte der Modernisierung bilden mit rund 73 % der Kapazitäten die Anlagen im Süden und mit rund 81 % der Kapazitäten die Anlagen im Westen der Republik.

Für die gesamten EBS-Kraftwerke gibt es mit Ausnahme einer Anlage im Osten jedoch noch kein Modernisierungsbedarf im Zeitraum bis zum Jahr 2030.

Abbildung 6-1: Modernisierungsbedarf der MVA bis zum Jahr 2030



Quelle: Eigene Recherchen sowie Einschätzungen/ Auswertungen, u.a. auf Basis von [24]

\*: Prozentangaben: Anteile der Anlagenkapazitäten (MVA und EBS-Kraftwerke) in den jeweiligen Regionen und Zeiträumen

### 6.3. Modernisierungsbedarf nach Eigentümerstrukturen

Den Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke bis zum Jahr 2030 nach deren Eigentümerstrukturen zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 6-2: Modernisierungsbedarf der MVA und EBS-Kraftwerke bis zum Jahr 2030 nach Eigentümern (Kapazitätsangaben in Mg/a)

Modernisierungsbedarf der thermischen Behandlungsanlagen in Deutschland									
Anlagen-typ	Eigentümer	Kapazität nicht betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität sofort/ in 3-5 Jahren betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität zusätzl. bis 2030 betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Gesamt-kapazität [Mg/a]	Anteil [%]
MVA	Kommunal	2.627.440	31%	1.880.547	22%	3.902.583	46%	8.410.570	100%
	Privat	3.508.843	55%	745.000	12%	2.148.013	34%	6.401.856	100%
	PPP	1.925.600	33%	537.000	9%	3.334.486	58%	5.797.086	100%
	Summe	8.061.883	39%	3.162.547	15%	9.385.083	46%	20.609.512	100%
EBS-KW	Kommunal	290.000	100%	0	0%	0	0%	290.000	100%
	Privat	4.881.350	97%	152.680	3%	0	0%	5.034.030	100%
	PPP	520.000	100%	0	0%	0	0%	520.000	100%
	Summe	5.691.350	97%	152.680	3%	0	0%	5.844.030	100%
Gesamt	Kommunal	2.917.440	34%	1.880.547	22%	3.902.583	45%	8.700.570	100%
	Privat	8.390.193	73%	897.680	8%	2.148.013	19%	11.435.886	100%
	PPP	2.445.600	39%	537.000	9%	3.334.486	53%	6.317.086	100%
	Summe	13.753.233	52%	3.315.227	13%	9.385.083	35%	26.453.542	100%

Quelle: Eigene Recherchen sowie Einschätzungen/ Auswertungen, u.a. auf Basis von [24]

Rot: schlechte/ hohe Werte (bei Modernisierung in den kommenden 3-5 Jahren aufgrund der kurzen Dauer), Grün: gute Werte

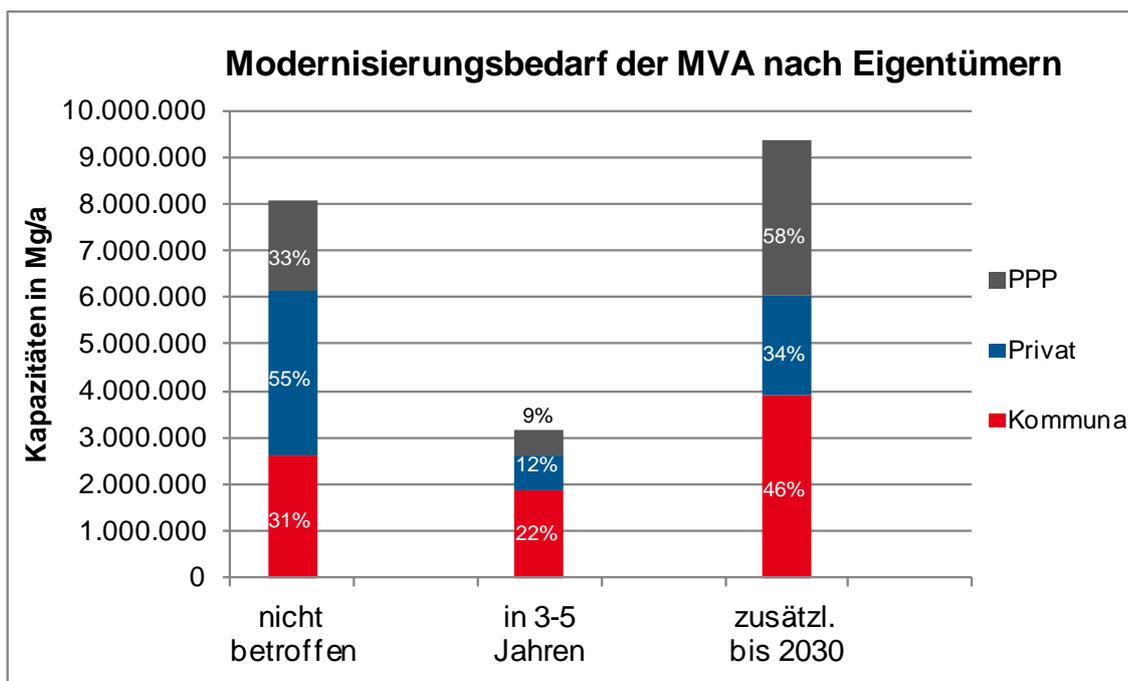
Für die **MVA** ergibt sich hier ein Bild, dass der Modernisierungsbedarf bei Anlagen mit kommunalen/ öffentlichen Eigentümern für die kommenden 3 bis 5 Jahre mit einer Kapazität von rund 1,9 Mio. Mg/a am größten ist. Für die privaten Eigentümer (0,75 Mio. Mg/a) und PPP-Eigentümer (0,5 Mio. Mg/a) ist der Modernisierungsbedarf ihrer Anlagen jeweils deutlich geringer.

Im Zeitraum „zusätzlich bis zum Jahr 2030“ ist darüber hinaus der weitere potentielle Modernisierungsbedarf der MVA mit insgesamt 9,4 Mio. Mg/a bei den privaten Eigentümer am geringsten (34 %), während er bei den PPP-Anlagen mit 58 % der Kapazitäten am höchsten ist. Die kommunalen Anlagen liegen hier bei 46 % der aktuellen Kapazitäten.

Somit sind bis zum Jahr 2030 insgesamt nur knapp ein Drittel der kommunalen/ öffentlichen MVA sowie ein Drittel der PPP-Anlagen nicht von potentiellen Modernisierungen betroffen. Für die privaten MVA liegt dieser Anteil „bereits modernerer Anlagen“ mit rund 55 % deutlich höher.

Für die **EBS-Kraftwerke** ergeben sich bis auf eine private Anlage, wo diese durch eine strategische Neuausrichtung, weg von der bisherigen Wirbelschichtfeuerungsanlage hin zu einer modernen Rostfeuerungsanlage, „freiwillig“ passiert, bis zum Jahr 2030 keinerlei potentielle Modernisierungsmaßnahmen im Anlagenbestand.

**Abbildung 6-2: Modernisierungsbedarf der MVA nach Eigentümerstatus**



Quelle: Eigene Recherchen sowie Einschätzungen/ Auswertungen, u.a. auf Basis von [24]

\*: Prozentangaben: Anteile der MVA-Kapazitäten nach Eigentümern und Zeiträumen

#### 6.4. Modernisierungsbedarf der MVA nach deren Energieeffizienz

Den Modernisierungsbedarf der deutschen MVA bis zum Jahr 2030 nach deren Energieeffizienz und zusätzlich aufgliedert nach deren Eigentümerstrukturen zeigt die folgende Tabelle 6-3.

**Tabelle 6-3: Modernisierungsbedarf der MVA bis zum Jahr 2030 nach deren Energieeffizienz (R1-Faktor\*) und Eigentümerstruktur (Kapazitätsangaben in Mg/a)**

Modernisierungsbedarf der thermischen Behandlungsanlagen in Deutschland									
Anlagen-typ	Energie-effizienz R1-Faktor*	Kapazität nicht betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität sofort/ in 3-5 Jahren betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität zusätzl. bis 2030 betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Gesamt-kapazität [Mg/a]	Anteil [%]
<b>MVA</b>	R1 > 0,8	6.707.707	55%	1.141.000	9%	4.318.389	35%	12.167.096	100%
	R1 < 0,8	1.354.176	16%	2.021.547	24%	5.066.693	60%	8.442.416	100%
	Summe	<b>8.061.883</b>	39%	<b>3.162.547</b>	15%	<b>9.385.083</b>	46%	<b>20.609.512</b>	100%
<b>kommunal</b>	R1 > 0,8	2.467.440	49%	740.000	15%	1.782.583	36%	4.990.023	100%
	R1 < 0,8	160.000	5%	1.140.547	33%	2.120.000	62%	3.420.547	100%
	Summe	<b>2.627.440</b>	31%	<b>1.880.547</b>	22%	<b>3.902.583</b>	46%	<b>8.410.570</b>	100%
<b>privat</b>	R1 > 0,8	2.389.667	68%	0	0%	1.110.333	32%	3.500.000	100%
	R1 < 0,8	1.119.176	39%	745.000	26%	1.037.680	36%	2.901.856	100%
	Summe	<b>3.508.843</b>	55%	<b>745.000</b>	12%	<b>2.148.013</b>	34%	<b>6.401.856</b>	100%
<b>PPP</b>	R1 > 0,8	1.700.600	43%	401.000	10%	1.821.806	46%	3.923.406	100%
	R1 < 0,8	225.000	12%	136.000	7%	1.512.680	81%	1.873.680	100%
	Summe	<b>1.925.600</b>	33%	<b>537.000</b>	9%	<b>3.334.486</b>	58%	<b>5.797.086</b>	100%

Quelle: Eigene Recherchen sowie Einschätzungen/ Auswertungen, u.a. auf Basis von [24]

\*: R1-Faktor: Der Mittelwert des R1-Faktors liegt für alle deutschen MVA bei R1 = 0,81 (auf der Basis jeweils aktuellster Daten)

Für die MVA ergibt sich hier ein Bild, dass der Modernisierungsbedarf bei Anlagen mit einer geringeren Energieeffizienz (R1 < 0,8) mit zusammen knapp 85 % oder in Summe von rund 7,1 Mio. Mg/a der Kapazitäten am Markt bis zum Jahr 2030 deutlich größer ist als für die MVA mit einer bereits höheren Energieeffizienz (R1 > 0,8) mit nur 45 % oder knapp 5,5 Mio. Mg/a der Kapazitäten.

Dieses Verhältnis ist bei den **kommunalen/ öffentlichen MVA** mit einem potentiellen Modernisierungsbedarf der weniger energieeffizienten Anlagen bis zum Jahr 2030 von zusammen rund 95 % sogar noch größer. Hier weisen auch 51 % der MVA mit einer bereits höheren Energieeffizienz einen potentiellen Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030 auf.

Die Verhältniszahlen zum Gesamtmodernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030 für die Energieeffizienz bei den **PPP-Anlagen** sehen fast genauso aus wie für die kommunalen MVA. Unterschiede zeigen sich nur beim kurzfristigen Maßnahmenbedarf und dem sonstigen potentiellen Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030.

Für die **privaten MVA** zeigt sich, dass knapp 40 % der weniger energieeffizienten MVA und sogar knapp 70 % der Anlagen mit einer bereits höheren Energieeffizienz noch keinen potentiellen Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030 aufweisen.

## 7. Pläne für einen Ausbau, Ersatz oder Rückbau der MVA- und EBS-Kraftwerkskapazitäten in Deutschland in der Zukunft

Die Recherchen zu den Neu- oder Ersatzausbauplänen für Verbrennungsanlagen (MVA oder EBS-Kraftwerke) in Deutschland hat mit Stand von Mitte August 2019 zu folgendem Ergebnis geführt.

**Tabelle 7-1: Neu- oder Ersatzausbaupläne für MVA oder EBS-Kraftwerke**

Anlagenbezeichnung	Investor	gepl. Kapazität in Mg/a	Vorhabenart	Fertigstellung	Region
MVA Stade	privat (?)	175.000	NEUBAU	nach 2021/ bis ?	Nord
EBS-KW Stellingr Moor	kommunal	100.000	NEUBAU	bis 2023	Nord
EBS-KW Wiesbaden	PPP (?)	190.000	NEUBAU	nach 2020/ bis ?	Südwest
EBS-KW Sandersdorf-Brehna**	privat	200.000	NEUBAU	nach 2021/ bis ?	Ost
EBS-KW Jänschwalde***	privat	500.000	NEUBAU	bis 2024	Ost
<b>Summe:</b>		<b>1.165.000</b>			
MVA Stapelfeld	privat	320.000	ERSATZ	bis 2022	Nord
MVA Bremerhaven	PPP	400.000	ERSATZ	nach 2020/ bis ?	Nord
MVA Offenbach	PPP	300.000	ERSATZ/ ERW.	nach 2021/ bis ?	Südwest
MVA Ludwigshafen	kommunal	170.000	ERSATZ/ ERW.	bis 2024	Südwest
MVA Würzburg	kommunal	60.000	ERSATZ	bis Ende 2020	Süd
MVA Ruhleben	kommunal	60.000	ERWEITERUNG	bis 2020	Ost
EBS-KW Premnitz	privat	150.000	ERSATZ	bis 2022	Ost
<b>Summe:</b>		<b>1.460.000</b>			
<b>Zusammenfassung</b>					
NEUBAUVORHABEN		1.165.000	NEUBAU		
ERSATZINVESTITION		1.315.000	ERSATZ		
ERWEITERUNG/ ERSATZ*		145.000	ERWEITERUNG		
<b>Gesamt</b>		<b>2.625.000</b>		bis max. 2025	

Quelle: Eigene Recherchen und Veröffentlichungen (bis einschließlich 15. August 2019)

\*: ohne die jeweiligen Kapazitäten der aktuellen Altanlagen

\*\* : die Kapazität des EBS-Kraftwerks der Progroup zur Versorgung der neuen Papiermaschine (PM3) ist bisher noch geschätzt

\*\*\*: die Kapazität des EBS-Kraftwerks der LEAG am bisherigen Kraftwerk Jänschwalde wird mit 500.000 Mg/a angegeben

Somit ist als Ergebnis festzuhalten, dass die Kapazitäten der Verbrennungsanlagen (MVA und EBS-Kraftwerke) in Deutschland zwischen 2020 bis max. 2025 um rund 1,3 Mio. Mg/a steigen könnten, wenn alle Neu- und Erweiterungsplanungen aus Tabelle 7-1 so umgesetzt werden. Diese Kapazitätserweiterungen der MVA und EBS-Kraftwerke werden jedoch nicht in den folgenden Szenarien bis zum Jahr 2030 im Kapitel 9 und 10 berücksichtigt, da eine Realisierung zum heutigen Zeitpunkt nicht vollständig gesichert ist.

Die Investitionspläne für **neue Verbrennungsanlagen** (MVA und EBS-Kraftwerke) beschränken sich aktuell auf den Großraum Hamburg/ Schleswig-Holstein, auf das Rhein-Main-Gebiet sowie auf die Lausitz (Brandenburg/ Sachsen) und auf die Region Halle (Sachsen-Anhalt).

**Ersatzinvestitionen** für bereits **bestehende Anlagen** gibt es aktuell für die MVA in Hamburg, Bremerhaven, Offenbach, Ludwigshafen, Würzburg sowie für das EBS-Kraftwerk Premnitz. Diese würden aber die aktuellen Kapazitäten der bestehenden Anlagen, bis auf die Planungen an der MVA in Offenbach, die um 50.000 Mg/a erweitert werden soll, und die MVA in Ludwigshafen, deren Kapazität hierdurch um 35.000 steigt, nicht verändern und einen wichtigen Beitrag zum not-

wendigen Modernisierungsbedarf der MVA in Deutschland leisten. Der Durchsatz der MVA Ruhleben in Berlin soll jedoch dauerhaft um eine Abfallmenge von 60.000 Mg/a erhöht werden, ohne dass hierzu bauliche Investitionen in die Anlage nötig werden. Ein formeller Genehmigungsantrag ist hierzu bei der zuständigen Berliner Genehmigungsbehörde gestellt [40, 41].

Die Termine der geplanten Inbetriebnahmen der Neuanlagen oder Ersatzanlagen zwischen 2020 und 2025 sind bei fünf der 12 Anlagenplanungen aus Tabelle 7-1 noch nicht absehbar.

Die Investitionen zum **Neubau der Anlagenkapazitäten** sind vorwiegend von privaten Investoren (rd. 75 %) oder von PPPs (rd. 16 %) und bei einer Anlage in Hamburg von kommunalen Unternehmen (rd. 9 %) geplant.

**Ersatzinvestitionen** in die Anlagen (z. T. verbunden mit einer Kapazitätserhöhung) sind vorwiegend von PPPs (rd. 60 %), und zu 32 % von privaten Investoren bzw. zu 8 % von kommunalen Unternehmen geplant.

## 8. Räumliche Muster für die Verbrennungsanlagen in Deutschland

### 8.1. Kapazitäten der Anlagen

Die Verteilung der Kapazitäten der MVA und EBS-Kraftwerke auf Regionen in Deutschland hängt schlussendlich von der Zuordnung der einzelnen Bundesländer zu den Regionen ab. Bei der in dieser Studie gewählten Aufteilung Deutschlands in fünf Regionen hat die gebildete Region West bei den MVA ein Übergewicht, während bei den EBS-Kraftwerken der Osten ein leichtes Übergewicht der Anlagen und der Kapazitäten zeigt, das historisch durch den erst später erfolgten Zubau zwischen den Jahren 2001 und 2012 entstanden ist.

- **Region Nord:** 13 MVA mit rd. 4,0 Mio. Mg sowie 5 EBS-KW mit rd. 0,8 Mio. Mg Kapazität,
- **Region West:** 16 MVA mit rd. 6,6 Mio. Mg sowie 3 EBS-KW mit rd. 0,5 Mio. Mg Kapazität,
- **Region Südwest:** 9 MVA mit rd. 2,3 Mio. Mg sowie 6 EBS-KW mit rd. 1,5 Mio. Mg Kapazität,
- **Region Süd:** 20 MVA mit rd. 5,0 Mio. Mg sowie 2 EBS-KW mit rd. 0,2 Mio. Mg Kapazität,
- **Region Ost:** 8 MVA mit rd. 2,7 Mio. Mg sowie 16 EBS-KW mit rd. 2,8 Mio. Mg Kapazität.

Im Süden Deutschlands wurden nur 2 EBS-Kraftwerke errichtet, weil hier historisch betrachtet mit aktuell 20 Anlagen bereits recht viele MVA mit einer phasenweise in den neunziger Jahren auch vorhandenen deutlichen Überkapazität am Markt existierten.

### 8.2. Eigentümer- und Betreiberstrukturen der Anlagen

Bei den **Eigentümerstrukturen** der MVA sehen wir ein paar regionale Charakteristiken, die v. a. historische Gründe haben:

- **Region Nord:** Anteil kommunal: 17 %; Anteil **privat: 61 %**, Anteil PPP: 22 % der Kapazität,
- **Region West:** Anteil **kommunal: 51 %**; Anteil privat: 11 %, Anteil PPP: 38 % der Kapazität,
- **Region Südwest:** Anteil kommunal: 38 %; Anteil privat: 14 %, Anteil **PPP: 48 %** der Kapazität,
- **Region Süd:** Anteil **kommunal: 56 %**; Anteil privat: 35 %, Anteil PPP: 9 % der Kapazität,
- **Region Ost:** Anteil kommunal: 25 %; Anteil **privat: 43 %**, Anteil PPP: 32 % der Kapazität.

Während in der Region West und Süd der kommunale/ öffentliche Anteil der MVA überwiegen (im Westen zudem noch weitere PPPs mit einem hohen Anteil), sind in der Region Nord und Ost mehrheitlich private MVA anzutreffen (unterstützt auch noch durch weitere relevante Anteile von Anlagenkapazitäten als Public-Private-Partnership). Im Südwesten treffen wir auf die einzige Region mit dem höchsten Anteil an PPP sowie unterstützt zudem von einem hohen privaten Anteil.

Bei den **Eigentümerstrukturen** der **EBS-Kraftwerke** sehen wir ein starkes regionales Muster, das zum einen komplementär zu den historischen Strukturen bei den MVA zu sehen ist:

- **Region Nord:** Anteil kommunal: 19 %; Anteil privat: 33 %, Anteil **PPP: 48 %** der Kapazität,
- **Region West:** Anteil kommunal: 7 %; Anteil **privat: 93 %**, Anteil PPP: 0 % der Kapazität,
- **Region Südwest:** Anteil kommunal: 2 %; Anteil **privat: 98 %**, Anteil PPP: 0 % der Kapazität,
- **Region Süd:** Anteil kommunal: 0 %; Anteil **privat: 100 %**, Anteil PPP: 0 % der Kapazität,
- **Region Ost:** Anteil kommunal: 3 %; Anteil **privat: 92 %**, Anteil PPP: 5 % der Kapazität.

Zum anderen zeigt sich hier regionsübergreifend deutlich die sehr viel höhere Investitionsbereitschaft privater Eigentümer, die EBS-Kraftwerke oft im Verbund mit Industriebetrieben der Chemischen Industrie, der Papier- und Druckindustrie, der Metallindustrie u. a. errichtet haben.

Der kommunale Anteil der EBS-Kraftwerke ist regionsübergreifend insgesamt sehr gering. Die privaten Anlagen sowie im Norden die PPP-Anlagen und die privaten Anlagen dominieren im Markt.

Die räumlichen Anteile für die **Betreiberstrukturen** der Anlagen (MVA und EBS-Kraftwerke) unterscheiden sich nicht substantziell von denen der Eigentümerstrukturen der Anlagen (vergl. auch Kapitel 3.2.2).

### 8.3. Inputströme und Auslastung der Anlagen

Bei den **Inputströmen** und der **Auslastung der Anlagen** ist eine mehr oder minder „gesicherte“ Aussage zu erkennbaren Mustern lediglich für die **deutschen MVA** möglich (vergl. hierzu auch die Ausführungen in Kapitel 5).

Bereits seit mehreren Jahren ist auf der Basis der Daten von Destatis und von der ITAD erkennbar, dass die MVA im Süden von Deutschland mit 100 % etwas besser ausgelastet sind als der Durchschnitt aller 66 MVA, der für die Jahre 2016 und 2017 bei rund 97 % lag. Die Anlagen im Südwesten sind mit rd. 91 % hingegen etwas schlechter ausgelastet als die deutschen MVA insgesamt. Für die MVA im Norden, Westen und Osten von Deutschland ergibt sich für die jüngere Vergangenheit ein Auslastungsanteil etwa im Bereich des Mittelwertes aller Anlagen. Über die Gründe hierzu macht die ITAD keine Angaben [2].

In keiner der **fünf Regionen** zeigten sich in der jüngeren Vergangenheit sehr deutliche Über- oder Unterkapazitäten, so wie wir dies noch im Zeitraum vor 2010 teilweise räumlich sehr unterschiedlich feststellen konnten.

## 8.4. Technische Ausstattung und Energieeffizienz der Anlagen

### Technische Ausstattung

Alle 66 **MVA in Deutschland** sind **Rostfeuerungsanlagen** mit jeweils entsprechender Abgasbehandlungstechnik, die dem Stand der TA-Luft und der 17. BImSchV für Verbrennungsanlagen entspricht. Somit ist ein räumliches Muster bei diesem Kriterium nicht vorhanden.

Unter den 32 **EBS-Kraftwerken** finden wir neben den 26 **Rostfeuerungsanlagen** aktuell auch sechs **Wirbelschichtfeuerungsanlagen** (ZWS oder RWS)<sup>8</sup>, alle mit jeweils entsprechender Abgasbehandlungstechnik, die dem Stand der TA-Luft und der 17. BImSchV für Verbrennungsanlagen entsprechen.

Die **Wirbelschichtfeuerungsanlagen** kommen mit drei zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungsanlagen (ZWS) verstärkt im Osten Deutschlands vor. Je eine dieser Anlagentypen steht im Westen (ZWS) und Norden (ZWS) sowie eine rotierende Wirbelschichtfeuerungsanlagen (RWS) im Südwesten. Im Süden finden wir in Deutschland keine Wirbelschichtfeuerungsanlage.

Von einem räumlichen Muster mit Bedeutung ist aufgrund der nur geringen Gesamtanlagenanzahl der Wirbelschichtfeuerungsanlagen in Deutschland aber nicht zu sprechen.

### Energieeffizienz

Beim Kriterium „**Energieeffizienz**“ lassen sich aufgrund der Datenlage nur Aussagen zum räumlichen Muster für die MVA ableiten, da bei den EBS-Kraftwerken nur für weniger als ein Drittel der Anlagen hierzu Angaben von den Betreibern gemacht worden sind und somit nur für diese Anlagen öffentlich verfügbar sind.

Während der Anteil der **energieeffizienten MVA** mit einem R1-Faktor größer 0,8 im Norden, Westen und Südwesten bei 47 % bis 51 % liegt, ist deren Anteil mit rund 72 % im Süden und v. a. mit rund 84 % im Osten deutlich höher (siehe Tabelle 8.1 im folgenden Unterkapitel). Dies liegt zum einen an dem deutlich jüngeren MVA-Anlagenbestand im Osten Deutschlands, ist zudem aber durch die intensive Kraft-Wärme-Kopplung im Verbund mit industriellen Produktionsanlagen einer Reihe dieser Anlagen in der Region Ost erklärbar. Hierdurch wird durch die intensivere Kraft-Wärme-Kopplung der Anlagen eine höhere Energieeffizienz bei einer Vielzahl der Anlagen erreicht.

## 8.5. Modernisierungsbedarf der Anlagen

Das räumliche Muster zum Modernisierungsbedarf der MVA nach deren Energieeffizienz zeigt die folgende Tabelle 8-1.

---

<sup>8</sup> ZWS: zirkulierende Wirbelschichtfeuerung, RWS: rotierende Wirbelschichtfeuerung, SWS: stationäre Wirbelschichtfeuerung (gibt es seit 2010 in Deutschland nicht mehr).

**Tabelle 8-1: Räumliches Muster des Modernisierungsbedarfs der MVA bis zum Jahr 2030 nach deren Energieeffizienz (R1-Faktor\*)**

Modernisierungsbedarf der thermischen Behandlungsanlagen in Deutschland									
Anlagen-typ	Energie-effizienz R1-Faktor*	Kapazität nicht betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität sofort/ in 3-5 Jahren betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Kapazität zusätzl. bis 2030 betroffen [Mg/a]	Anteil [%]	Gesamt-kapazität [Mg/a]	Anteil [%]
<b>MVA</b>	R1 > 0,8	6.707.707	55%	1.141.000	9%	4.318.389	35%	12.167.096	100%
	R1 < 0,8	1.354.176	16%	2.021.547	24%	5.066.693	60%	8.442.416	100%
	Summe	<b>8.061.883</b>	39%	<b>3.162.547</b>	15%	<b>9.385.083</b>	46%	<b>20.609.512</b>	100%
<b>Nord</b>	R1 > 0,8	1.088.333	53%	401.000	19%	576.667	28%	2.066.000	100%
	R1 < 0,8	734.176	39%	136.000	7%	1.020.000	54%	1.890.176	100%
	Summe	<b>1.822.509</b>	46%	<b>537.000</b>	14%	<b>1.596.667</b>	40%	<b>3.956.176</b>	100%
<b>West</b>	R1 > 0,8	1.241.773	38%	150.000	5%	1.895.000	58%	3.286.773	100%
	R1 < 0,8	0	0%	1.423.547	43%	1.887.680	57%	3.311.227	100%
	Summe	<b>1.241.773</b>	19%	<b>1.573.547</b>	24%	<b>3.782.680</b>	57%	<b>6.598.000</b>	100%
<b>Südwest</b>	R1 > 0,8	640.667	59%	0	0%	451.250	41%	1.091.917	100%
	R1 < 0,8	525.600	42%	140.000	11%	576.333	46%	1.241.933	100%
	Summe	<b>1.166.267</b>	50%	<b>140.000</b>	6%	<b>1.027.583</b>	44%	<b>2.333.850</b>	100%
<b>Süd</b>	R1 > 0,8	1.163.333	32%	450.000	13%	1.970.473	55%	3.583.806	100%
	R1 < 0,8	185.000	13%	462.000	33%	747.680	54%	1.394.680	100%
	Summe	<b>1.348.333</b>	27%	<b>912.000</b>	18%	<b>2.718.153</b>	55%	<b>4.978.486</b>	100%
<b>Ost</b>	R1 > 0,8	2.048.000	89%	0	0%	260.000	11%	2.308.000	100%
	R1 < 0,8	435.000	100%	0	0%	0	0%	435.000	100%
	Summe	<b>2.483.000</b>	91%	<b>0</b>	0%	<b>260.000</b>	9%	<b>2.743.000</b>	100%

Quelle: Eigene Recherchen der Gutachter sowie deren Einschätzungen und Auswertungen

\*: R1-Faktor: Der Mittelwert des R1-Faktors liegt für alle deutschen MVA bei  $R1 = 0,81$  (auf der Basis jeweils aktuellster Daten)

Rund 45 % der **gesamten MVA-Kapazitäten** mit einem R1-Faktor größer 0,8 müssen in der nächsten Dekade modernisiert werden, während aber sogar 84 % der weniger energieeffizienten MVA-Kapazitäten ( $R1 < 0,8$ ) im Zeitraum bis zum Jahr 2030 wohl modernisiert werden müssen.

Im **Norden** der Republik sind bis zum Jahr 2030 etwas über die Hälfte der MVA-Kapazitäten potentiell modernisierungsbedürftig, davon sind mit knapp über 60 % der Kapazitäten aber etwas mehr der weniger energieeffizienten Anlagen ( $R1 < 0,8$ ) betroffen.

Im **Westen** Deutschlands sind bis zum Jahr 2030 rund 81 % der MVA-Kapazitäten potentiell modernisierungsbedürftig, davon betroffen sind hier jedoch alle weniger energieeffizienten Anlagen ( $R1 < 0,8$ ), aber nur 63 % der Kapazitäten der bereits aktuell energieeffizienten MVA ( $R1 > 0,8$ ).

Im **Südwesten** Deutschlands sind bis zum Jahr 2030 die Hälfte der MVA-Kapazitäten potentiell modernisierungsbedürftig, davon betroffen sind hier jedoch rd. 58 % der weniger energieeffizienten Anlagen ( $R1 < 0,8$ ) und nur 41 % der Kapazitäten der bereits aktuell energieeffizienten MVA ( $R1 > 0,8$ ).

Im **Süden** Deutschlands sind bis zum Jahr 2030 rund 73 % der MVA-Kapazitäten potentiell modernisierungsbedürftig, davon betroffen sind hier aber 87 % der Kapazitäten der weniger energieeffizienten Anlagen ( $R1 < 0,8$ ) und 68 % der Kapazitäten energieeffizienter MVA ( $R1 > 0,8$ ).

Im **Osten** sind, unabhängig von deren Energieeffizienz, bis auf einen ganz geringen Anteil von 11 % bereits energieeffizienter MVA ( $R1 > 0,8$ ), alle übrigen MVA-Kapazitäten noch nicht bis zum Jahr 2030 (potentiell) modernisierungsbedürftig.

Somit ergeben sich **drei konträre Muster** für den **Modernisierungsbedarf** der MVA innerhalb der nächsten Dekade, d.h. etwa bis zum Jahr 2030:

- im **Osten** Deutschlands ist bei den MVA-Kapazitäten so gut wie alles „technologisch modern und energetisch auch recht effizient“ gebaut, so dass kaum Modernisierungen eingeplant werden müssen (7 von 8 MVA sind von Modernisierungen bis zum Jahr 2030 noch befreit).
- im **Süden** (17 von 20 MVA, Kapazität: 73 %) und im **Westen** (16 von 16 MVA, Kapazität: 81 %) Deutschlands müssen hingegen wohl **nahezu alle noch nicht** energieeffizienten MVA-Kapazitäten ( $R1 < 0,8$ ) in der nächsten Dekade bis zum Jahr 2030 potentiell modernisiert werden.
- im **Norden** (9 von 13 MVA) und im **Südwesten** (5 von 9 MVA) Deutschlands betrifft eine potentielle Modernisierung der MVA in der nächsten Dekade rund die Hälfte der Anlagenkapazitäten, davon wiederum etwa 60 % der **nicht** so energieeffizienten MVA-Kapazitäten ( $R1 < 0,8$ ) und rund 40 % der Anlagenkapazitäten mit  $R1 > 0,8$ .

Insgesamt sind somit **54** der **66 MVA** (82 %) von **Modernisierungen** in der kommenden Dekade oder alternativ zu einem späteren Zeitpunkt potentiell betroffen, was somit auch eine große Chance darstellt, den technischen Standard sowie die Energienutzung dieser Anlagen durch kombinierte Strom- und Wärmenutzung (Kraft-Wärme-Kopplung) noch deutlich zu verbessern, die MVA-Kapazitäten ansonsten zu reduzieren oder sogar ganze MVA zurückzubauen.

## 9. Maßnahmen zur Durchsetzung der Abfallhierarchie

Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, liegt die Auslastung der Müllverbrennungsanlagen im Moment bei nahezu 100 % bei einem Durchsatz von etwas über 20 Mio. Mg/a in 2017. Die Abfallhierarchie nach Kreislaufwirtschaftsgesetz und Abfallrahmenrichtlinie gibt jedoch vor, dass Abfälle in erster Linie zu vermeiden, in zweiter Linie für eine Wiederverwendung vorzubereiten und, falls beides nicht möglich ist, zu recyceln sind. Nur wenn auch ein Recycling nicht möglich ist, sollen die Abfälle energetisch oder anderweitig verwertet werden, bevor sie einer Beseitigung zugeführt werden. Werden die rechtlichen Vorgaben im Abfall- und Verpackungsgesetz bzw. der Gewerbeabfallverordnung zur Durchsetzung der Abfallhierarchie konsequent umgesetzt, werden die Restabfallmengen zurückgehen.

In den folgenden Abschnitten wird beschrieben, in welchem Umfang dadurch in einem Zeithorizont bis 2030 die Restabfallmengen reduziert werden und Verbrennungskapazitäten frei werden können bzw. könnten. Dazu wird davon ausgegangen, dass die Reduktion bei den Restmüllmengen aus Haushalten und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen sich im Verhältnis der Gesamtinputmengen inklusive der Mengen aus dem Ausland auf MBA und MVA verteilen. Nach [23] liegt 2017 der Gesamtinput in die MVA bei 21,6 Mio. Mg/a (davon 1,3 Mio. Mg/a aus dem Ausland) und in die MBA bei 3,8 Mio. Mg/a (davon 0,03 Mio. Mg/a aus dem Ausland). Demzufolge werden mögliche Reduktionsmengen zu 85 % der MVA zugeordnet. Zusätzlich werden in Deutschland etwa 4,7 Mio. Mg/a Ersatzbrennstoffe verbrannt, davon etwa 0,3 Mio. Mg/a aus dem Ausland.

### 9.1. Verpackungsgesetz

Seit 2019 sind die im Verpackungsgesetz von 2017 vorgegebenen, gem. § 16 deutlich gesteigerten Recyclingquoten in Bezug auf die lizenzierten Verpackungen einzuhalten [5]. Ab 2022 werden diese Vorgaben noch weiter verschärft. Bezüglich der „Konkurrenz“ zu Verbrennungsanlagen sind besonders die Recyclingquoten für Kunststoffverpackungen und Verbundverpackungen relevant. Die für Kunststoffe zusätzliche Vorgabe einer Verwertungsquote ist für die Fragestellung hier nicht relevant, da dies überwiegend, wie bisher auch, durch eine energetische Verwertung erfolgen wird.

**Tabelle 9-1: Recyclingquoten des Verpackungsgesetzes [5] im Vergleich zu der bis dahin geltenden Quoten der Verpackungsverordnung (VerpackV).**

Material	VerpackV	Verpackungsgesetz	
		01.01.2019	01.01.2022
Kunststoffe	36 %	58,5 %	63 %
Getränkekarton	60 %	75 %	80 %
Verbundverpackungen außer Getränkekarton	60 %	55 %	70 %

Derzeit ist noch nicht absehbar, ob diese Quoten nur durch eine konsequente Ausschöpfung des Stands der Technik von Sortier- und Aufbereitungsanlagen eingehalten werden können, oder ob zusätzlich eine Steigerung der Sammelmengen notwendig sein wird. Eine Vorgabe zur Steigerung der Sammelmengen enthält das Verpackungsgesetz nicht. Es werden aber vermehrt Sensibilisierungsmaßnahmen geplant, um das Sortierverhalten beim Verbraucher (noch) zu verbessern. Deshalb ist davon auszugehen, dass auch die Bemühungen zunehmen werden, die erfassten Mengen an Wertstoffen soweit als möglich zu steigern. Eine Hilfe könnte dabei sein, die Sammlung auf stoffgleiche Nichtverpackungen (StNVP) auszuweiten, weil bei diesen die Relation zwischen gut verwertbaren zu nicht oder schlecht verwertbaren Fraktionen günstiger ist, wenn eine gute Information und Motivation der Verbraucher gewährleistet wird. Da die Umstellung auf die gemeinsame Sammlung von Verpackungen und StNVP häufig auch den Ersatz der Sacksammlung durch die Sammlung in Tonnen einhergeht, besteht erfahrungsgemäß das Problem, dass Fehlwürfe zunehmen können. Das kann und muss durch ein begleitendes Abfallmanagement mit sehr guter Information, Sensibilisierung und Beratung verhindert werden (vgl. hierzu Kapitel 9.6).

Zusätzlich gilt in Bezug auf die Sammelmenge an LVP eine Recyclingquote von 50 % [5]. Um diese Quote nicht zu verfehlen, ist es notwendig, die Sammelqualität zu steigern, d. h. die Fehlwürfe in der gelben Tonne, dem gelben Sack und/oder der Wertstofftonne zu reduzieren.

Insofern können durch die Umsetzung sowohl durch eine gesteigerte getrennte Erfassung als auch durch die Reduzierung der Sortier- und Aufbereitungsreste Abfallmengen der energetischen Verwertung entzogen werden. Andererseits steigen z. T. die Reste aus der Aufbereitung von Mengen, die dem Recycling zugeführt werden, die u. U. zu einer Verschiebung von Mengen aus der EBS-Verwertung in MVAs nach sich ziehen können.

In [45] wurde, ausgehend von den Mengen aus dem Jahr 2014, bilanziert, welche Mengenverschiebungen durch eine Verwertung nach dem Stand der Technik zwischen stofflicher und energetischer Verwertung stattfinden werden. Der angesetzte Stand der Technik entspricht ca. den im Verpackungsgesetz umgesetzten Quoten. Demzufolge werden bei vergleichbaren Sammelmengen etwa 330.000 Mg/a an Kunststoffabfällen von der energetischen in die stoffliche Verwertung verschoben. Da der Großteil der Reste aus dem Dualen System als Ersatzbrennstoff (EBS) in die EBS-KWs und in die Mitverbrennung (v. a. in Zementöfen) geht, ist der Einfluss auf den Input in die klassische MVA eher gering. Der Anteil der Reduktion der auf MVA und EBS-KW zusammenfällt, wird auf 75 %, also auf 250.000 Mg/a geschätzt. Die Sammelmengen bei LVP haben sich 2017 gegenüber den etwa 2,5 Mio. Mg in 2014 nicht in relevantem Umfang geändert [46]. Destatis nennt als Summe aus gemischten Wertstoffen/Verpackungen (inkl. Leichtverpackungen) und Verbunden (EAVs 150105, 15010601, 15010602, 20019901) für 2017 2,75 Mio. Mg/a [23]. Neben den etwa 2,5 Mio. Mg LVP aus dem Dualen System enthält diese Menge auch die Anteile der öffent-

lich-rechtlichen Entsorger (örE) aus Wertstofftonnen und ähnlichen Erfassungssystemen, wie beispielsweise Flach und Rund (z. B. im Rhein-Neckar-Kreis, Baden-Württemberg).

Zusätzlich könnten durch eine deutliche Intensivierung der Bemühungen zu getrennten Erfassung von LVP eine erhebliche Steigerung der Sammelmengen erreicht werden, insbesondere wenn parallel dazu eine Ausweitung auf stoffgleiche Nichtverpackungen (StNVP) vorgenommen würde. Wenn die durchschnittlichen einwohnerspezifischen Sammelmengen über die gelben Säcke und Tonnen von etwa 32,2 auf 37,5 kg/E\*a gesteigert, gegenüber heute also zusätzlich etwa 5,3 kg/E\*a an vergleichbaren Anfallstellen gesammelt werden, wäre damit eine Steigerung der LVP-Mengen von etwa 1 Mio. Mg/a möglich<sup>9</sup>. Das entspräche dann in etwa der Menge, die heute schon bei 70 % der Sammelkreise erreicht werden. Etwas mehr als 0,5 Mio. Mg/a (etwa 6 kg/E\*a) könnten bei einer bundesweiten Ausweitung auf StNVP zusätzlich gesammelt werden.

Durch die Steigerung der Sammelmengen im Dualen System würden dann allerdings anteilig auch die Mengen, die der energetischen Verwertung zugeführt werden, etwa um 330.000 Mg/a ansteigen. Der Anteil von Sortier- und Aufbereitungsresten, die davon der MVA angeliefert würden, beträgt etwa 90.000 Mg/a (Dehoust et al. 2017). Das Potential von etwa 1,5 Mio. Mg/a, das durch eine entsprechende Steigerung der Sammelmengen in Verbindung mit der oben beschriebenen Umlenkung in das Recycling dem Restmüll entzogen wird, reduziert sich in Bezug auf die energetische Verwertung insgesamt dadurch auf etwa 1,17 Mio. Mg/a, in Bezug auf den Restmüll um etwa 1,4 Mio. Mg/a, was einer Reduktion des Inputs in die Verbrennung von 1,2 Mio. Mg/a entspricht.

Zusammenfassend ergeben sich die in der folgenden Tabelle dargestellten möglichen Reduktionen.

**Tabelle 9-2: Reduktionen der Verbrennungsmengen bei konsequenter Umsetzung des Verpackungsgesetzes und darüber hinausgehender Steigerung der Erfassungsmengen**

	<b>Energetische Verwertung MVA und EBS-KW Mg/a</b>
Reduktion durch Umsetzung Verpackungsgesetz	250.000
Zusätzliche Reduktion bei zusätzlicher Intensivierung der Erfassung und Ausweitung auf StNVP	950.000

Insgesamt könnten durch das vermehrte Recycling und die Reduktion der fossilen Anteile in der Verbrennung bis zu 3,3 Mio. Mg/a CO<sub>2</sub><sup>10</sup> eingespart werden [45].

## 9.2. Gewerbeabfallverordnung

Nach der Gewerbeabfallverordnung vom 18.04.2017 sind Erzeuger und Besitzer von nicht getrennt gehaltenen Abfällen verpflichtet, diese einer Vorbehandlungsanlage zuzuführen. Diese ist so zu

<sup>9</sup> Die spezifischen Sammelmengen beziehen sich in [45] auf einen Bevölkerungsstand von 81,2 Mio. Einwohnern. In 2017 lag dieser gemäß DeStatis bei 82,8 Mio. [49].

<sup>10</sup> Genaugenommen handelt es sich dabei, wie bei allen entsprechenden Angaben in dieser Studie, um CO<sub>2</sub>-Äquivalente, die auch Emissionen anderer klimaschädlicher Stoffe berücksichtigt, die mit einem Faktor eingehen, der die Klimaschädlichkeit gegenüber CO<sub>2</sub> beschreibt.

betreiben, dass mindestens 30 % einem Recycling zugeführt werden und weitere 55 % anderweitig, bevorzugt energetisch verwertet werden. Diese Verpflichtung entfällt, wenn der Erzeuger dokumentieren kann, dass mindestens 90 % seiner Abfälle in getrennt gefassten Wertstofffraktionen erfasst und einer Verwertung zugeführt wurde.

Mit der Vorschrift zur Vorbehandlungspflicht für gemischte Gewerbeabfälle wird insbesondere auf die 2,0 Mio. Mg/a „hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle“, getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt (EAV 20030102) und dem diesen zugeordneten Anteil von 1,3 Mio. Mg/a aus den „gemischten Siedlungsabfällen nicht differenzierbar“ (EAV 20030100) sowie einem geringen Anteil aus „anderweitig nicht genannten Siedlungsabfällen“ (EAV 200399) von knapp 20.000 Mg/a, abgezielt. In der Summe fielen in 2017 nach [23] also 3,4 Mio. Mg/a an gemischten, hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen an. Zusätzlich werden Gewerbeabfälle auch als „gemischte Verpackungen nicht differenzierbar“ (EAV 15010600) entsorgt [47]. Hiervon wurden 2017 2,3 Mio. Mg/a gemeldet [23]. Demnach beträgt die Gesamtmenge an gemischten Gewerbeabfällen in 2017 5,7 Mio. Mg/a.

Nach Untersuchungen in den Jahren 2012 bis 2013 auf der Basis der Abfalldaten von 2010 [47] wurden von den gemischten Gewerbeabfällen 41 % direkt einer energetischen Verwertung in MVA, weitere 4 % sonstigen Feuerungsanlagen zugeführt, 5 % wurden in MBA entsorgt und nur 45 % in einer Sortieranlage vorbehandelt. Insgesamt wurden nur 5 % der Gesamtmenge einem Recycling zugeführt. Die Gesamtmenge lag 2010 bei etwa 5,8 Mio. Mg/a.

Wird die Gewerbeabfallverordnung konsequent umgesetzt, werden zukünftig mind. 30 % insgesamt oder 25 % zusätzlich einem Recycling zugeführt. Da Metalle bisher weitgehend recycelt werden, zum größten Teil nach Abscheidung aus den Verbrennungsrückständen, sind die 1,4 Mio. Mg/a aus den gemischten Gewerbeabfällen, die damit zusätzlich einem Recycling zugeführt werden können, überwiegend Kunststoffe und PPK. Es ist davon auszugehen, dass nach einer weitgehenden Aufbereitung der gemischten Gewerbeabfälle nach § 6 Gewerbeabfallverordnung diese zum größten Teil als EBS einer Verwertung in EBS-KW und sonstigen Feuerungsanlagen verwertet wird. Die damit einhergehende Reduktion der Restabfallmengen beträgt ungefähr 2,0 Mio. Mg/a [47], wodurch sich der Input in die Abfallverbrennung etwa um 1,7 Mio. Mg/a verringert.

Zusammenfassend ergeben sich die in der folgenden Tabelle dargestellten möglichen Reduktionen.

**Tabelle 9-3: Reduktionen der Verbrennungsmengen bei konsequenter Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung**

	<b>Energetische Verwertung MVA und EBS-KW Mg/a</b>
Reduktion durch Umsetzung Gewerbeabfallverordnung	1.700.000

Insgesamt könnten durch das vermehrte Recycling und die Reduktion der fossilen Anteile in der Verbrennung bis zu 3,5 Mio. Mg/a CO<sub>2</sub> eingespart werden [47]. Mindestens die beschriebenen Potenziale lassen sich natürlich noch besser durch eine Steigerung der Getrennthaltung von Wertstofffraktionen der Gewerbeabfälle ausschöpfen. Hierbei könnten Branchenkonzepte zur Beratung der Gewerbebetriebe helfen, wie sie in den 1990er Jahren im Rahmen der Umsetzung von § 3.5.1 des BImSchG in zahlreichen Bundesländern durchgeführt wurden. Für eine konkrete Abschätzung, welche Potenziale durch eine Steigerung der Getrennthaltung über die 30 % Vorgabe bei der Sortierung hinaus möglich sind, fehlen derzeit belastbare Zahlen. Letztendlich ist aber bei der Bilanz

der Einsparung von Verbrennungskapazitäten nur die Menge relevant und es ist dabei egal, ob die Wertstoffe der energetischen Verwertung durch Sortierung oder vermehrte Getrennthaltung entzogen werden.

### 9.3. Getrennte Erfassung von Bioabfällen

Nach § 11 Kreislaufwirtschaftsgesetz sind Bioabfälle, die einer Überlassungspflicht unterliegen, seit 01.01.2015 getrennt zu erfassen. Dazu gehören nach § 3 Abs. 7 biologisch abbaubare Garten- und Parkabfälle, Landschaftspflegeabfälle, Nahrungs- und Küchenabfälle sowie nach Art, Beschaffenheit oder stofflichen Eigenschaften vergleichbare Abfälle. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um die Abfälle aus der Biotonne und aus zusätzlichen Grüngutsammlungen für Park- und Gartenabfälle. Aber auch 2019 ist die Pflicht zur getrennten Erfassung von Bioabfällen längst noch nicht in allen Gebietskörperschaften durchgesetzt. Nach einer Erhebung des NABU waren 2017/2018 bei 20 % der Kreise keine flächendeckenden Biotonnen eingeführt [48].

2017 wurden in Deutschland 4,4 Mio. Mg/a Bioabfall aus der Biotonne und 5,7 Mio. Mg/a Garten- und Parkabfälle erfasst [23]. Das entspricht bei einem Bevölkerungsstand von 82,8 Mio. Einwohnern in 2017 [49] einer Sammelmenge von 53,5 kg/E\*a für Bioabfall aus der Biotonne und 67,4 kg/E\*a für Garten- und Parkabfälle.

Das tatsächliche Potential zur Erfassung von Bioabfällen in der Biotonne und von Garten- und Parkabfällen hängt von zahlreichen Randbedingungen ab. Insbesondere gehören dazu die Gebietsstruktur, die Gartenfläche je Einwohner und das Angebot zur getrennten Erfassung sowie die Anreize durch entsprechende Gebührenregelungen und die Öffentlichkeitsarbeit. Dabei hängen die Mengen, die über die Bioabfalltonne und durch sonstige Erfassungsangebote für Park- und Gartenabfälle erfasst werden, sehr stark von der Dichte der Sammelstellen für Gartenabfälle und dem Anschlussgrad, den Behältergrößen und Abfuhrintervallen der Biotonne ab [50] [51].

Im Jahr 2016 schwankten die in der Biotonne erfassten Bioabfallmengen zwischen 0 kg in den 44 öRE ohne Biotonne und 237 kg/E\*a im Kreis Friesland in Niedersachsen. Das theoretische durchschnittliche Potential für Nahrungs- und Küchenabfälle (Biogut) wird mit 80 kg/E\*a angegeben [50].

Die Erfassung von Garten- und Parkabfällen (Grüngut) schwankte 2016 zwischen 0 und 330 kg/E\*a. Insgesamt wiesen 23 öRE Mengen unterhalb von 10 kg/E\*a aus. Das theoretische Potential für Grüngut aus privaten Hausgärten wird mit 15,9 Mio. Mg/a angegeben, abgeleitet von einer geschätzten Gartenfläche im Wohnbereich von 8.000 km<sup>2</sup> und einem mittleren Grüngutanfall von 2 kg/m<sup>2</sup> Gartenfläche [50]. Das entspricht in Bezug auf die Einwohnerzahlen in 2017 einer spezifischen Menge von 192 kg/E\*a.

**Tabelle 9-4: Potenzial zur getrennten Erfassung von Bio- und Grüngut nach [50]**

	<b>Biogut</b> kg/E*a	<b>Grüngut</b> ca. 75 % kg/E*a
Theoretisches Potenzial	80	192
Erfassbares Potenzial	60	144
Durchschnittlicher Inhalt Biotonne	19	34,5
Durchschnittlicher Inhalt Restmülltonne	61	11,5
Potenzial aus Restmülltonne	41	11,5

Von dem Gesamtpotential des Grünguts werden heute etwa 6 %, also etwa 11,5 kg/E\*a in der Restmülltonne und 18 %, also 34,6 kg/E\*a in der Biotonne gesammelt. Zusätzlich werden etwa 30 % in der Grüngutsammlung erfasst und verwertet und etwa 46 % nicht erfasst [50]. Das heißt, dass heute in der Bioabfalltonne von den insgesamt 53,5 kg/E\*a nur etwa 19 kg/E\*a Nahrungs- und Küchenabfälle erfasst werden und damit das Potential von 80 kg/E\*a nur zu 24 % ausgeschöpft wird. Geht man davon aus, dass das Biogutpotential zu 75 %, erfasst werden kann (60 kg/E\*a), könnte die heutige Erfassung in der Biotonne um 41 kg/E\*a oder 3,4 Mio. Mg/a erhöht werden. Diese Menge wird heute in der Restmülltonne entsorgt. Zusätzlich könnten die 6 % des Grüngutpotentials, etwa 0,95 Mio. Mg/a, die heute in der Restmülltonne entsorgt werden, bei flächendeckender Getrennterfassung über die Biotonne oder Grünabfallsammlungen erfasst werden.

Es können zwar noch deutlich höhere Mengen an Grüngut getrennt erfasst werden, diese würden dann aber nicht aus den Mengen umgelenkt werden, die heute energetisch genutzt werden, sondern zusätzlich erfasst werden.

Um diese Potentiale zu realisieren, muss insbesondere in Ballungsräumen eine gut funktionierende Getrennterfassung von Bio- und Grüngut durchgeführt werden. Nach [85] zeigen „langjährige Erfahrungen aus zahlreichen Großstädten mit der Erfassung von Biogut“, dass „bei guter Öffentlichkeitsarbeit große Mengen an Biogut mit ausreichender Qualität erfasst werden können“. Insbesondere unterstützen auch verursachergerechte Müllgebühren (vergl. hierzu Kapitel 9.6) und benutzerfreundliche Sammelbedingungen und Leerungsintervalle die Bereitschaft zur Getrennthaltung von Bioabfällen [50] [51].

**Tabelle 9-5: Reduktionen der Verbrennungsmengen bei konsequenter Umsetzung der Vorgaben zur getrennten von Bioabfall**

	<b>Energetische Verwertung MVA und EBS-KW Mg/a</b>
Reduktion durch Umsetzung KrWG zur Getrennterfassung und Verwertung von Bioabfall	3.700.000

Daraus ergibt sich bei konsequenter Umsetzung der Getrenntsammlspflicht für Bioabfälle ein Potential zur Reduktion der Restabfallmengen von 4,3 Mio. Mg/a. Davon entfallen 3,7 Mio. Mg/a auf die Müllverbrennung. Die Auswirkungen auf die Klimabilanz hängen von vielen einzelnen Faktoren ab, insbesondere die Art der Nutzung von Biogas und Kompost in den Bioabfallbehandlungsanlagen und den konkreten Gegebenheiten in der MVA. Nach [113] bringt die Behandlung von Bioabfällen in einer Vergärungsanlage nach dem Stand der Technik 2012 eine um etwa 45 kg CO<sub>2</sub>/Mg höhere Klimaentlastung als in einer MVA. Daraus resultiert eine Klimaentlastung von etwa 170.000 Mg/a CO<sub>2</sub>. Bei dieser Studie wurde noch nicht die Veränderung des Strommixes bei MVA bis 2030 berücksichtigt. Nach eigenen Berechnungen kann die Differenz bis 2030 bei sehr starken Schwankungen von 0 bis 400 kg CO<sub>2</sub>/Mg auf durchschnittlich 200 kg CO<sub>2</sub>/Mg ansteigen. Daraus würde dann durch die getrennte Erfassung und Vergärung von Bioabfällen nach dem Stand eine Entlastung von 740.000 Mg/a CO<sub>2</sub> resultieren.

Insgesamt soll bei der Erfassung von Grünabfällen darauf geachtet werden, dass zum Schutz von Insekten und Kleintieren genügend Pflanzenmaterial in den Gärten und Parks verbleibt<sup>11</sup>.

### 9.4. Wiederverwendung und Recycling von Sperrmüll

In 2017 sind in Deutschland gemäß [23] 2,6 Mio. Mg/a Sperrmüll angefallen. Davon wurden etwa 1,4 Mio. Mg/a (ca. 53 %) einer stofflichen und etwa 1,2 Mio. Mg/a (ca. 44 %) einer energetischen Verwertung zugeführt. Der restliche Anteil von 3 % wurde beseitigt.

Nach [52] birgt Sperrmüll ein erhebliches Potential für die Wiederverwendung, ggf. nach einer Vorbereitung zur Wiederverwendung und zum Recycling. Im Wesentlichen sollte das Hauptaugenmerk auf Holz gelegt werden, weil die Holzbestandteile einen erheblichen Anteil von über 50 % am Sperrmüll ausmachen. Zusätzlich sind Matratzen gut zerlegbar und können mit „wirtschaftlich darstellbarem Personaleinsatz“ in die Wertstofffraktionen Metalle, Textilien und Schaumstoffe aufgeteilt und weitgehend recycelt werden. Bei den Schaumstoffen wird dabei insbesondere das chemische Recycling genannt. Als Voraussetzung für eine relevante Steigerung der Recyclingmengen aus dem Sperrmüll wird insbesondere die schonende und getrennte Erfassung der Wertstofffraktionen gesehen. Als Recyclingpotential der Wertstoffe ohne die Holzfraktion werden in [52] 600.000 Mg/a angegeben, was einer Steigerung um 400.000 Mg/a entspricht.

Die Wiederverwendung kann einen erheblichen Beitrag zur nachhaltigen Nutzung von Produkten aus dem Sperrmüll leisten, wie Zahlen aus Flandern (Belgien) zeigen, in denen die erreichten Massen an wiederverwendeten Möbeln, Haushaltswaren, Textilien, Elektroaltgeräten und sonstigen Produkten mit 5,3 kg/E\*a beziffert werden. Hierzu wurden insgesamt etwa 12,3 kg/E\*a Produkte schonend erfasst. Die nach der Wiederverwendung verbleibenden Materialien, etwa 7 kg/E\*a konnten überwiegend dem Recycling zugeführt werden. Das Potential zur Wiederverwendung soll bis 2017 auf 7 kg/E\*a gesteigert werden [53]. Auf Deutschland übertragen bedeutet dies, dass derzeit etwa 1,0 Mio. Mg/a getrennt und schonend erfasst würden, von denen 0,4 Mio. Mg/a einer Wiederverwendung und ein großer Teil von etwa 0,6 Mio. Mg/a aussortierter Produkten weitgehend dem Recycling zugeführt werden könnten. Diese Mengen stammen nicht ausschließlich aus dem Sperrmüll und entstammen nicht ausschließlich der energetisch verwerteten Fraktion. Bei einer konservativen Schätzung kann aber davon ausgegangen werden, dass mindestens 50 % der 2017 noch verbrannten Menge wiederverwendet und recycelt werden können. Daraus ergibt sich eine Reduktion der 2017 noch energetisch genutzten Menge um etwa 0,6 Mio. Mg/a.

**Tabelle 9-6: Reduktionen der Verbrennungsmengen bei intensiver Steigerung von Wiederverwendung und Recycling von Sperrmüll und ähnlichen Fraktionen**

	<b>Energetische Verwertung MVA und EBS-KW in Mg/a</b>
Reduktion durch Intensivierung von Wiederverwendung und Recycling bei Sperrmüll u.ä. Fraktionen	600.000

<sup>11</sup> Da für diese Bilanz nur der Teil des Grünguts berücksichtigt wird, der bisher in der Restmülltonne entsorgt wird, hat dieser Aspekt aber keinen Einfluss auf die Ergebnisse dieser Studie.

Für die Wiederverwendung und das Recycling von Sperrmüll liegen keine Daten vor, die eine qualifizierte Abschätzung zur Klimaentlastung dieser Maßnahmen erlauben.

## 9.5. Abfallrahmen- und Einwegkunststoffrichtlinie

Die europäische Abfallrahmenrichtlinie enthält in Artikel 9 zahlreiche Vorgaben zur Förderung der Abfallvermeidung, die allerdings überwiegend allgemein und qualitativ, also ohne Festsetzung von konkreten Reduktionszielen, gehalten sind, wie Förderung und Unterstützung von

- nachhaltigen Produktions- und Konsummodellen (9 a),
- Design, Herstellung und Verwendung von ressourceneffizienten, langlebigen, reparierbaren, wiederverwendbaren oder aktualisierbaren Produkten (9 b),
- von Aktivitäten zur Reparatur und der Wiederverwendung, insbesondere von Elektro- und Elektronikgeräten, Textilien und Möbeln, Verpackungs- sowie Baumaterialien und -produkten (9 d),
- die Verfügbarkeit von Ersatzteilen, Bedienungsanleitungen, technischen Informationen oder anderen Mitteln und Geräten sowie Software zu fördern, die es ermöglichen, Produkte ohne Beeinträchtigung ihrer Qualität und Sicherheit zu reparieren und wiederzuverwenden (9 e).

Diese Maßnahmen sollen insbesondere gezielt für Produkte ergriffen werden, die kritische Rohstoffe enthalten (9 c). Zur Unterstützung dieser Ziele werden die Mitgliedstaaten ermächtigt, im Sinne der erweiterten Herstellerverantwortung nach Artikel 8 weitgehende Maßnahmen zu erlassen. In Artikel 8 a werden allgemeine Mindestanforderungen an das Regime der erweiterten Herstellerverantwortung aufgezählt, die auf die Finanzierung, geeignete Eigenkontrollmechanismen, Rücknahmeverpflichtungen u.ä. eingehen.

Eine Ausnahme bilden die Lebensmittelabfälle, die gemäß Artikel 9 g bis zum Jahr 2030 in der Menge halbiert werden müssen.

In Artikel 11 werden darüber hinaus u. a. Quoten für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von der Summe an Wertstofffraktionen im Abfall, wie Papier, Metall, Kunststoff und Glas festgelegt, die bis

- 2020 50 %,
- 2025 55 %,
- 2030 60 %,
- 2035 65 %

betragen müssen. In Artikel 10 wird zusätzlich festgelegt, dass Abfälle hierzu bei Bedarf getrennt zu erfassen sind.

Die Umsetzung dieser Vorgaben aus der Abfallrahmenrichtlinie (ARRL) der EU wurde inzwischen in einem Referentenentwurf des BMU zum KrWG vorgelegt. Auffällig daran ist insbesondere, dass die Recyclingquote von 65 % nach diesem Entwurf nicht mehr wie im derzeit gültigen KrWG ab 2020 erreicht werden muss, sondern analog der ARRL erst im Jahr 2035.

Mit der EU-Richtlinie zur Verringerung der Auswirkungen bestimmter Kunststoffprodukte auf die Umwelt [54] hat das europäische Parlament eine Vielzahl an Maßnahmen insbesondere zur Beschränkung von Einwegkunststoffartikeln formuliert. Der Fokus der Richtlinie liegt auf der Verminderung und Vermeidung von Auswirkungen durch Kunststoffprodukte auf das Meeresmilieu und die menschliche Gesundheit. Bei zirka 50 % des Meeresmülls, der an europäischen Stränden ge-

messen wird, handelt es sich um Einwegkunststoffartikel, Kunststoffe insgesamt machen sogar 80 bis 85 % aus [54]. Eine Reduktion dieses Abfallstroms durch die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen hätte eine positive Auswirkung auf den Zustand der Meere. Die gesammelten Abfallmengen, die weltweit thermisch zu behandeln wären, würden im Zuge der Bemühungen um den Schutz der Meere deutlich ansteigen, wenn nicht gleichzeitig erhebliche Anstrengungen zur Vermeidung und zum Recycling dieser Kunststoffe unternommen würden.

Eine Verbrauchsminderung von Einwegkunststoffartikeln, Getränkebechern und Lebensmittelverpackungen für direkt verzehrbare Gerichte und Lebensmittel muss im Jahr 2026 im Vergleich mit dem Stand von 2022 quantitativ messbar sein. Wirtschaftliche Instrumente sollen gewährleisten, dass Einwegkunststoffartikel nicht kostenfrei an Kunden abgegeben werden. Weiterhin sollen sie ersetzt werden durch Alternativen, die wiederverwendbar sind oder keinen Kunststoff enthalten.

Ein absolutes Verbot der Inverkehrbringung ab dem 3. Juli 2021 erfolgt für die Einwegkunststoffartikel Wattestäbchen, Besteck, Teller, Trinkhalme, Rührstäbchen, Luftballonstäbe sowie Lebensmittel- und Getränkeverpackungen aus Polystyrol. Diese sind aktuell zu großem Anteil im Restabfallstrom enthalten, deren Anteil am Restabfall ist jedoch insgesamt verhältnismäßig gering.

Für Getränkebehälter aus Einwegkunststoff muss ab dem 03. Juli 2024 der Deckel oder Verschluss an dem Behälter befestigt sein. Eine weitere Produkthanforderung betrifft die Zusammensetzung der Getränkeflaschen. Die weitgehend aus PET bestehenden Flaschen müssen ab 2025 mindestens 25 % recycelten Kunststoff enthalten und ab 2030 mindestens 30 %. Weiterhin soll eine getrennte Sammlung für PET-Einwegflaschen gewährleistet werden. Bis 2025 sollen 77 %, bis 2029 90 Gewichtsprozent der in Verkehr gebrachten Flaschen separat gesammelt werden. Als Maßnahmen können Pfandsysteme eingeführt und Sammelziele bezüglich der erweiterten Herstellerverantwortung festgelegt werden.

Aus diesen überwiegend noch allgemein gehaltenen Zielen und Vorgaben der EU lassen sich heute noch keine konkreten Reduktionspotentiale ableiten, aber sie unterstützen zumindest dabei, die in den Kapiteln 9.1 bis 0 abgeleiteten und darüber hinaus die in Kapitel 9.7 aufgezeigten weiteren Reduktionspotentiale zu erschließen.

## 9.6. Verursachergerechte Abfallgebühren

Seit langem sind die Faktoren bekannt, die zu einer guten getrennten Erfassung von Wertstofffraktionen aus Haushaltsabfällen und damit verbunden zu geringen Mengen an Restabfällen aus Haushalten führen [84]:

- Verursachergerechte Gebührensysteme (volumen- oder gewichtsabhängige Erfassung der Abfallmengen),
- Angebot an einem gut funktionierenden Getrenntsammlersystem,
- Identensysteme zur haushaltsscharfen Erfassung der Abfallmengen,
- Abfallberatung und Öffentlichkeitsarbeit zur Information und Sensibilisierung der Verbraucher.

Als eine besonders wichtige Voraussetzung zur getrennten Erfassung von Wertstoffen und zur Reduzierung der Restabfallmengen wird häufig die Einführung von verursachergerechten Abfallgebühren genannt bzw. gefordert [86] [87] [88] [90] [94] [97]. Schon 2002 wurden im Vergleich zwischen verursachergerechten Gebührensystemen in Verbindung mit Identensystemen gegenüber Pauschalsystemen bis zu 57 % geringere Restmüllmengen beobachtet [88]. Im Landkreis Aschaffenburg führte die Einführung eines Wäge- und Identensystems im Juli 1997, zusammen mit einem guten Abfallmanagement und einer intensiven Öffentlichkeitsarbeit, zu einer Reduktion der Restabfallmengen von etwa 150 kg/E\*a im Jahr 1996 auf ungefähr 75 kg/E\*a in 1998 und ca. 50 kg/E\*a

ab 1999 [92]. Diese Zusammenhänge werden auch aus der Schweiz bestätigt: „Den größten Einfluss auf Menge und Zusammensetzung des anfallenden Abfalls hat aber das Gebührensystem. Gemeinden, die für den Kehricht eine Gewichts- oder eine Sackgebühr erheben, entsorgen pro Einwohner und Jahr durchschnittlich gut 80 Kilogramm weniger Kehricht als Gemeinden ohne verursachergerechtes Gebührensystem“ [89].

Als Argument gegen die Einführung von verursachergerechten Gebührensystemen wird die zunehmende Verschmutzung der Städte, sowie Kultur- und Naturlandschaften durch Littering und „wilde“ Müllkippen angeführt. Es wurde allerdings mehrfach gezeigt, dass die Einführung von verursachergerechten Müllgebühren, bei zielführender Ausgestaltung der Gebührensysteme, insbesondere durch Festlegung einer Mindestnutzungsgebühr in Verbindung mit gezielter Information und Sensibilisierung der Bürger, nicht mit einer zunehmenden Vermüllung der Umgebung [69] oder Verschlechterung der Wertstofffraktionen einhergehen muss [96] [98] [99].

Die Einführung von verursachergerechten Abfallgebühren wird auch im deutschen Abfallvermeidungsprogramm empfohlen, mit dem Hinweis, dass „verursachergerechte Abfallentsorgungskosten grundsätzlich zu Anreizen zur Abfallvermeidung“ führen. Weiterhin wird ausgeführt: „Entsorgungsgebühren dienen zudem der Sensibilisierung der Bürger mit Blick auf die von ihnen produzierten Abfallmengen, zum anderen regen sie durch den Preiseffekt zur besseren Trennung von Abfällen, aber auch zum Abfall vermeidenden Einkaufen an.“ Auf die besondere Bedeutung einer begleitenden Abfallberatung wird hingewiesen [70]. Auch in den Abfallwirtschaftskonzepten der Kommunen und Länder wird neben zahlreichen Maßnahmen zur Abfallvermeidung und der wichtigen Rolle der Vorbildfunktion der öffentlichen Verwaltung vermehrt auf die Notwendigkeit von verursachergerechten Abfallgebühren hingewiesen bzw. deren Erfolge bisher gewürdigt [71] [77] [83].

Dabei muss beachtet werden, dass, auch bei gleichem Abfallentsorgungskonzept, infolge von Unterschieden bei der Gebietsstruktur und Einwohnerdichte sowie beim Anteil an Geschäftsmüll im Restabfall der Haushalte, z. B. aufgrund der Touristen- und Pendlerzahlen, die spezifischen Restabfallmengen regionale Schwankungen aufweisen.

Hieraus ist ableitbar, dass Großstädte, die im allgemeinen höhere Pendlerströme aufweisen als ländliche Gebiete und oft auch höhere Touristenzahlen, aber auch ländliche Gebiete mit stark ausgeprägtem Tourismus höhere spezifische Restabfallmengen, bezogen auf die Einwohner, aufweisen als vergleichbare Regionen ohne oder mit deutlich geringeren Zahlen an Pendlern und Touristen. Häufig werden auch ein unterschiedliches Konsumverhalten und das schlechtere Trennverhalten in Großstädten als Argument genutzt, um die höheren Abfallmengen zu erklären. Zahlreiche Beispiele zeigen aber, dass auch in verdichteten Gebieten und Großwohnanlagen seit Jahren mit gezielt dafür entwickelten Abfallmanagementkonzepten ein sehr gutes Trennverhalten und damit einhergehend geringe Restabfallmengen realisiert werden können [68] [84]. Im Wesentlichen beruhen diese Konzepte auf einer gut durchdachten verursachergerechten Gebührengestaltung, in Zusammenhang mit intensiven und gezielten Informations- und Sensibilisierungskampagnen sowie einer regelmäßigen Betreuung der Abfallsammelplätze. Die Folgen des eigenen Handelns in Bezug auf die Beteiligung an der getrennten Abfallerfassung müssen erkennbar sein und bei Bedarf gezielt erläutert werden. Um zu verhindern, dass die Abfallsammelstellen und deren Umgebung verschmutzt werden, müssen diese regelmäßig gereinigt werden, weil schmutzige Plätze zum Littering einladen [87].

Das Potential der getrennten Wertstofffassung und der Reduktion des Restabfalls in Großwohnanlagen bzw. die dort erreichbaren spezifischen Restabfallmengen verdeutlicht ein Beispiel aus Wedding in Berlin [93] [95] [96]. An neun Standorten eines Wohnobjekts in Berlin-Wedding wurden 2009 intensiv betreute Müllsammelstellen mit Müllschleusen zur Verbesserung der Mülltrennung

eingeführt. Die gesammelten Müllmengen wurden 2009 vor und 2012 nach der Umstellung umfangreich erhoben. In dem untersuchten Wohnobjekt waren zum Zeitpunkt der Untersuchung 285 Wohneinheiten mit insgesamt 906 Bewohnern angeschlossen. Die Bereitschaft zur Getrennthaltung von Abfällen war vor der Umstellung sehr gering, was dazu führte, dass seitens der Entsorger das Angebot an Wertstoffbehältern zugunsten von Restmüllbehältern reduziert wurde. Aufgrund des verbesserten Trennverhaltens wurden nach 2009 Restmülltonnen nach und nach wieder gegen Wertstoffsammelbehälter ausgetauscht. Zu beobachten waren deutliche Steigerungen bei den Wertstofffraktionen und ein erheblicher Rückgang beim Restmüll. Für die Gesamtabfallmenge war ein Rückgang von etwa 15 % zu beobachten (vergl. Tabelle 9-7). Die Abfallsammelplätze sind verschlossen und einzelnen Wohnabschnitten zugeordnet. Die Öffnung der Sammelplätze war mit den Chips möglich, mit denen auch die Müllschleusen bedient und das genutzte Abfallvolumen erfasst wurde. Die Umstellung wurde durch ein intensives Abfallmanagement, mit Reinigung der Sammelplätze und gezielter Abfallberatung begleitet [95]. Die erreichten Werte bestätigen vergleichbare Untersuchungen zur Einführung von Abfallmanagementsystemen in Erfurt, Hamburg und Dresden [93] [98] [99].

**Tabelle 9-7: Abfallaufkommen je Jahr im Wohnobjekt in Berlin-Wedding, hochgerechnet auf die Abfallmenge je Jahr, nach [96]**

	2009		2012	
	Gesamt kg/a	pro Person kg/a*P	Gesamt kg/a	pro Person kg/a*P
<b>Restmüll</b>	209.420	231,1	76.300	84,2
<b>Biomüll</b>	20.961	23,1	59.063	65,2
<b>DSD</b>	4.119	4,5	38.303.	42,3
<b>PPK</b>	22.317	24,6	30.027	33,1
<b>Weißglas</b>	754	0,8	12.246	13,5
<b>Buntglas</b>	2.397	2,6	6.175	6,8
<b>Gesamt</b>	259.969	286,8	222.114	245,1

Das Beispiel zeigt, dass das verbleibende Potenzial zur Steigerung der Erfassung von Wertstoffen und zur Reduktion der Restabfälle in Städten und insbesondere in Mehrfamilienhäusern und Großwohnanlagen am höchsten ist.

### 9.7. Weitergehende Maßnahmen zur Vermeidung und stofflichen Verwertung

Es ist heute bereits absehbar, dass die oben genannten Vorgaben der EU, aber auch die öffentliche Aufmerksamkeit durch die Berichterstattung zu den Folgen der Meeresverschmutzung insbesondere durch Kunststoffeinwegartikel, zu einem weitgehenden Umdenken bei Verbrauchern und der Industrie führen. So werden derzeit diverse Bemühungen unternommen, um die Menge an Einwegverpackungen und -produkten zu reduzieren oder so zu gestalten, dass sie besser recycelbar sind, auch Maßnahmen zur Abfallvermeidung werden ernsthafte in Angriff genommen, als bisher:

- Das nationale Abfallvermeidungsprogramm aus dem Jahr 2017 führt zahlreiche Abfallvermeidungsmaßnahmen auf und empfiehlt deren Umsetzung [70]. Seither werden durch BMU und UBA umfangreiche Maßnahmen initiiert, intensiviert und gefördert, um die Umsetzung dieser Maßnahmen zu unterstützen und damit Abfallvermeidung im Allgemeinen und insbesondere Förderung von nachhaltigem Konsum, Reparatur und Re-Use [75] [76], Design von langlebigen

und funktionsgerechten Produkten [78] [81] [82], abfallarmer öffentlicher Beschaffung [79] [80] u. ä. voranzubringen.

- Länder und Städte in Deutschland intensivieren ihre Bemühungen zu Abfallvermeidung deutlich, nicht zuletzt auch die Vorbildfunktion durch eine abfallarme öffentliche Beschaffung [72] und die Förderung von Reparatur und Re-Use, beispielsweise durch die Errichtung, den Ausbau oder Unterstützung von Gebrauchtgüterkaufhäusern [71] [73] [74] [77].
- Die dualen Systeme in Deutschland sind nach § 21 VerpackG verpflichtet, ihre Lizenzgebühren (Beteiligungsentgelte) u. a. an der Recyclingfähigkeit der Verpackungen auszurichten [5]. Inverkehrbringer von Verpackungen lassen zunehmend ihre Verpackungen auf Recyclingfähigkeit überprüfen und sich bei dem Design recyclingfähiger Verpackungen beraten [46], [55].
- Einzelne Firmen unternehmen erhebliche Anstrengungen, um Fortschritte beim Recycling und Rezyklateinsatz von ihren Verpackungen zu erreichen. Hier ist insbesondere die Recycling-Initiative von Werner & Mertz zu nennen. Werner & Mertz erreicht sowohl für die PET-Flaschen als auch für die HDPE-Flaschen ihrer meisten Produkte Rezyklatanteile von 100 %. Durch eigene Entwicklungen mit zahlreichen Partnern wurden:
  - neue PET-Fraktionen aus dem Dualen System für das Recycling erschlossen, die bisher energetisch genutzt wurden. Diese werden mit zunehmendem Anteil dem PET-Rezyklat aus dem Pfandsystem bei der Herstellung von Reinigungsflaschen beigemischt [114].
  - eine neue Kosmetikflasche aus recyceltem HDPE entwickelt, das zu 100 % aus dem Dualen System stammt [115].
  - ein PE-Standbodenbeutel entwickelt, der nicht nur materialschonend, sondern auch zu 100 % recyclingfähig ist [116].

Zusätzlich geht Werner & Mertz intensiv auf Mitbewerber zu, um den Umweltnutzen dieser Entwicklungen für möglichst große Chargen zu gewährleisten und die Wirtschaftlichkeit der neuen Recyclingkonzepte damit zu steigern [117].

- Städte wie Berlin, München, Hamburg, Stuttgart und Heidelberg unternehmen erhebliche Bemühungen, um die derzeit noch stark ansteigenden Abfallmengen durch Einwegbecher für Heißgetränke zu reduzieren und dafür Mehrwegbecher zu etablieren [56], [57], [58], [63]. Gleichzeitig melden zahlreiche betroffene Betriebe, dass sie eigene Maßnahmen unternehmen werden, um die Restmüllmengen der Einwegbecher zu reduzieren und die o. g. Konzepte der öffentlichen Hand unterstützen wollen [59], [60], [61], [62], [63]. Ein Problem bei Coffee to Go (CtG)-Mehrwegbechern bleibt die Rückgabe der Becher. Hierzu werden in Wien mit Erfolg Rückgabautomaten getestet [66]<sup>12</sup>. Insgesamt sind die durch CtG entstehenden Abfallmengen noch nicht sehr relevant, sie stehen aber für eine Einweg- und Wegwerfkultur, deren Bekämpfung auch auf andere Bereiche, wie Lieferservice für Mahlzeiten, Lebensmittel und den gesamten E-Commerce übergreifen sollte!
- Nach intensiver getrennter Erfassung von Grün- und Bioabfall, Papier, Pappe und Karton (PPK), Glas sowie Verpackungen und StNVP stellen Windeln heute eine relevante Fraktion im Restmüll von um die 10 % dar [109] [110], das entspricht einer Masse an Windeln von etwa 1,4 Mio. Mg /a. Bei weiterer Reduzierung des Hausrestabfalls und einem voraussichtlich anstei-

<sup>12</sup> Nach [67] wurden 2015 in Deutschland etwa 320.000 CtG-Becher je Stunde verbraucht. Angaben aus Berlin (nach [67] 460.000 Becher je Tag), Wien (nach [64] 84 Mio. Becher je Jahr und Stuttgart [nach [65] 80.000 Becher je Tag] ergeben umgerechnet auf Deutschland etwa 450.000 Becher je Stunde. Unterstellt man, dass in ländlichen Gebieten weniger CtG-Becher gebraucht werden als in Städten, erscheint die für Deutschland angegebene Menge realistisch. Bei einem Bechergewicht inklusive Deckel von etwa 14 g [67] ergibt dies eine Abfallmenge von etwa 4,5 Mg/h oder 40.000 Mg/a.

genden Verbrauch an Windeln, kann dieser Anteil noch deutlich zunehmen. Im Jahr 2017 wurde eine Anlage zum Windelrecycling von Fater S.p.a. in Italien in Betrieb genommen, an deren von der EU mitfinanzierten Entwicklung unter anderem Procter&Gamble beteiligt war. Die Anlage soll nahezu alle Bestandteile der Windeln einer Nutzung zuführen. Das wichtigste Zielprodukt sei das recycelte Adsorptionsmaterial, aber auch die Kunststoffolie und die Zellulose sollen recycelt werden. Zusammen mit weiteren Partnern ist der Bau einer weiteren Anlage in Amsterdam geplant [111] [112].

Aus dieser kurzen beispielhaften Aufzählung und den Ausführungen zu verursachergerechten Abfallgebühren in Kapitel 9.6 wird ersichtlich, dass derzeit an zahlreichen Stellen intensive Maßnahmen zur Reduktion der Restmüllmengen unternommen oder geplant werden bzw. mögliche Optionen darstellen, um die Abfallwirtschaft noch mehr als heute an der Abfallhierarchie auszurichten und die Restabfallmengen damit zu reduzieren.

Die beschriebenen Maßnahmen sind zwar im Einzelnen bezüglich der Reduktionspotentiale schwer bzw. z.T. noch nicht zu beziffern. Außerdem beeinflussen sie sich z. T. auch gegenseitig, so dass eine Gesamtbilanz aller beschriebenen Maßnahmen im Rahmen dieser Studie nicht möglich ist. Es ist aber offensichtlich, dass die Bemühungen zur Abfallvermeidung und zum Recycling deutlich zunehmen werden bzw. bei weitgehender Nutzung der diskutierten und ähnlichen Maßnahmen die Chancen gut stehen, dass in den nächsten Jahren die Reduktion der Restmüllmengen zur Beseitigung und zur energetischen Verwertung auf ein kaum noch reduzierbares Mindestmaß erfolgen kann. Die Umsetzung ist im Gang oder zumindest beispielhaft realisiert.

## 10. Zusammenfassende Darstellung der Reduktionsmengen

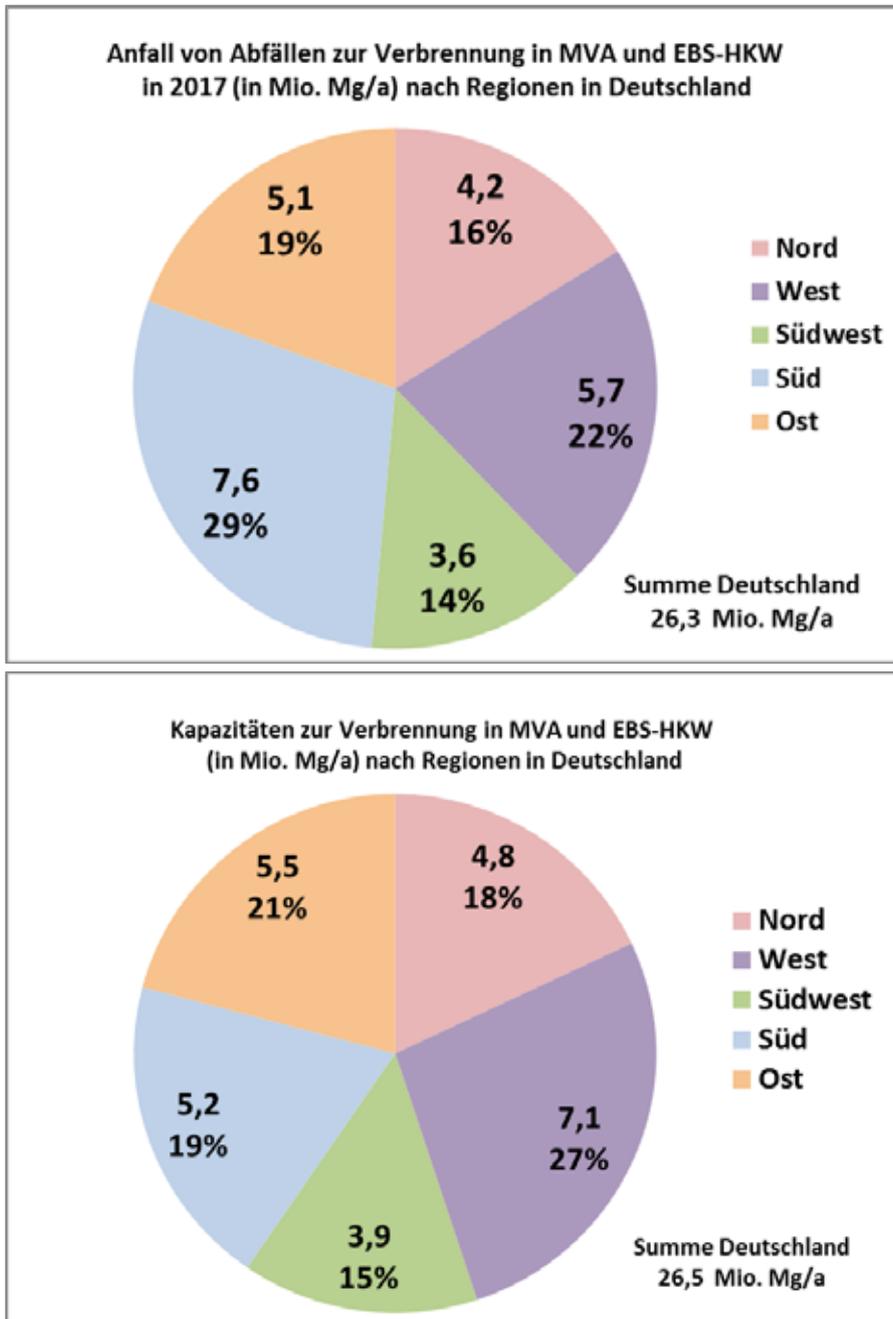
In den folgenden Abschnitten und Tabellen werden die Ergebnisse in Abhängigkeit von **drei Reduktionsszenarien** dargestellt und den Verbrennungskapazitäten in MVA und EBS-KW gegenübergestellt.

In Abbildung 10-1 erfolgt zunächst ein Vergleich der 2017 in Deutschland zur Verfügung stehenden Verbrennungskapazitäten mit den für die Verbrennung in MVA und EBS-KW angefallenen Abfallmengen [23]<sup>13</sup>. Die Verteilung der Abfallmengen auf die fünf Regionen erfolgte pauschal über die Verrechnung der spezifischen Abfallmengen je Einwohner und stellt damit lediglich eine erste Näherung an die tatsächlichen Verhältnisse dar.

---

<sup>13</sup> Da die Zuordnung der einzelnen Abfallarten auf die Anlagentypen in den statistischen Daten nicht immer möglich ist, handelt es sich hierbei z. T. um Abschätzungen.

**Abbildung 10-1: Gegenüberstellung der aktuellen Kapazitäten mit den aktuellen Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS-KW und nach Regionen**



Zu erkennen ist, wie schon erwähnt, dass die Kapazitäten der Anlagen 2017 voll ausgelastet waren. Bei der räumlichen Verteilung zeigt sich einerseits eine etwa 20%ige „Überkapazität“ im Westen und andererseits, dass etwa 30 % der Abfälle aus der Region Süd keine entsprechenden Kapazitäten gegenüberstehen. Davon abgesehen, decken sich die räumliche Verteilung von Abfällen und Kapazitäten recht gut.

Alle folgenden Gegenüberstellungen berücksichtigen „noch“ nicht, die Kapazitäten, die derzeit in Deutschland zur Erhöhung von Anlagenkapazitäten in der Planung sind.

### 10.1. Szenario 1: Vollzug gültiger Gesetze

Das **erste Szenario** betrachtet ausschließlich eine konsequente Umsetzung der heute schon in Gesetzen und Verordnungen konkret vorgegebenen Maßnahmen (vgl. Kapitel 9.1. bis 9.3). Da eine Ausweitung der Sammelmenge im Verpackungsgesetz nicht ausdrücklich vorgegeben wird, sind in Bezug auf die dort festgeschriebenen Vorgaben lediglich die Verschiebungen von Wertstoffströmen von der energetischen zur stofflichen Verwertung in der Höhe von etwa 250.000 Mg/a infolge der angepassten Recyclingquoten berücksichtigt (vgl. Kapitel 9.1). Beim Gewerbeabfall werden von dem Potential von 1,7 Mio. Mg/a, das nicht mehr direkt an MVA angeliefert wird, Teile als Reste aus der Sortierung und Aufbereitung wieder zusätzlich in EBS-KW verwertet. Für die weiteren Bilanzen wird abgeschätzt, dass es sich dabei um 300.000 Mg/a handelt, sodass noch 1,4 Mio. Mg/a verbleiben, die zusätzlich recycelt werden und damit der Verbrennung insgesamt entzogen werden.

**Tabelle 10-1: Gegenüberstellung der Gesamtreduktionen und der für die energetische Verwertung in MVA und EBS-KW nach der Reduktion durch den Vollzug gültiger Gesetze und Verordnungen verbleibenden Mengen**

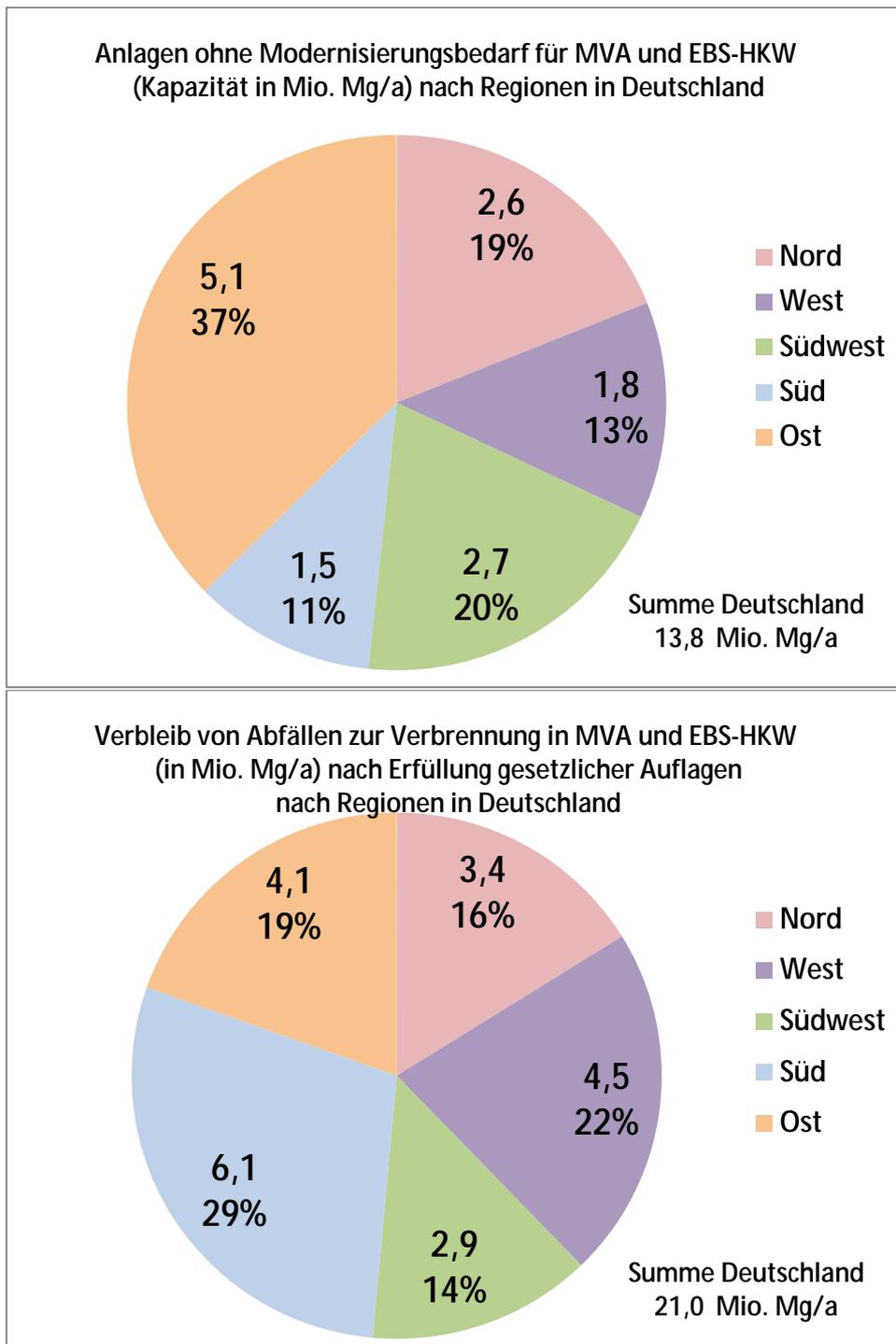
	Hausrest- abfall	Sperrmüll	hausmüll- ähnlicher Gewerbe- abfall	EBS	Sonsti- ges*	Importe	Gesamt
	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.
<b>MVA und EBS-KW Input (2017)</b>	<b>9,9</b>	<b>1,2</b>	<b>2,3</b>	<b>9,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,5</b>	<b>26,3</b>
Reduktion durch <b>Vollzug gültiger Gesetze</b>							
- Bioabfall Getrennter- fassung	3,7						
- Verpackungsgesetz				0,25			
- Gewerbeabfall-VO			1,4				
<b>Erreichte Gesamt- reduktion</b>	<b>3,7</b>		<b>1,4</b>	<b>0,25</b>			<b>5,35</b>
<b>Verbleibende Men- gen für energetische Verwertung</b>	<b>6,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>8,85</b>	<b>2,3</b>	<b>1,5</b>	<b>20,95</b>

\* Unter „Sonstiges“ führt DeStatis insgesamt mehr als 150 Abfallschlüssel auf, von denen „gemischte Verpackungen“, „gemischte Bau- und Abbruchabfälle“, „weniger infektiöse Krankenhausabfälle“ den größten Anteil ausmachen

Alleine durch eine flächendeckende, konsequente und ambitionierte Umsetzung der gültigen Gesetze und Verordnungen könnte die Verbrennungsmenge in MVA und EBS-KW um knapp 21 % reduziert werden.

Abbildung 10-2 zeigt die nach der Reduktion verbleibenden Abfallmengen nach den über spezifische Abfalldaten je Einwohner den Regionen zugeordneten Abfallmengen im Vergleich zu den Verbrennungskapazitäten in den Anlagen (MVA und EBS-KW), die bis 2030 nicht modernisiert werden müssen.

**Abbildung 10-2: Gegenüberstellung der nach Vollzug gültiger Gesetze verbleibenden Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS-KW mit der Kapazität in den Anlagen, bei denen bis 2030 keine Modernisierung ansteht<sup>14</sup>**



Es wird deutlich, dass die Anlagen, die nicht modernisierungsbedürftig sind, alleine nicht ausreichen, um die Abfallmenge zu verbrennen, die nach dem Vollzug der geltenden Gesetze übrig bleibt, wenn keine weitergehenden Maßnahmen zur Umsetzung der Abfallhierarchie erfolgen. Das

<sup>14</sup> Die Verteilung der 2030 verbleibenden Abfallmengen auf die Regionen erfolgte pauschal durch die Verteilung der spezifischen Abfallmengen über die entsprechenden Einwohnerzahlen. Die Gegenüberstellung stellt deshalb nur eine erste Näherung dar.

heißt, es kann bei der Auswahl der Anlagen, die modernisiert werden sollen, deren technische Ausstattung und die Absatzmöglichkeiten für Wärme berücksichtigt werden.

Regional weist der Abgleich insbesondere in den Regionen Süd und West einen großen Sanierungsbedarf aus, der alleine durch die Reduktionen infolge des konsequenten Vollzugs geltender Gesetze nicht ausgeglichen werden kann.

Insgesamt bleibt bei diesem Szenario ein „Netto-Sanierungsbedarf“ von Anlagen für das Jahr 2030 von rund 7,2 Mio. Mg/a.

## 10.2. Szenario 2: Vollzug gültiger Gesetze und weitergehende Maßnahmen

Das **zweite Szenario** berücksichtigt neben dem Vollzug von geltendem Recht auch noch zwei weitergehende Maßnahmen: zum einen wird davon ausgegangen, dass im Dualen System in Zusammenarbeit mit den kommunalen Gebietskörperschaften die Potentiale einer Ausweitung der Verpackungssammlung auf StNP ausgeschöpft werden und deren flächendeckende Sammlung mit Holsystemen erfolgt, z. T. in Ergänzung mit Bringsystemen. Unterstützt werden diese Maßnahme durch intensive Abfallberatung in Verbindung mit einer flächendeckenden Einführung von verursachergerechten Gebührensystemen und einem umfassenden Abfallmanagement in Großwohnanlagen (vgl. hierzu Kapitel 9.1 und 9.6). Zusätzlich zu den 0,25 Mio. Mg/a die recycelt werden, anstelle der Verwertung als EBS, kommen jetzt weitere 0,95 Mio. Mg/a hinzu, die zusätzlich der energetischen Verwertung entzogen werden (vgl. Kapitel 9.1).

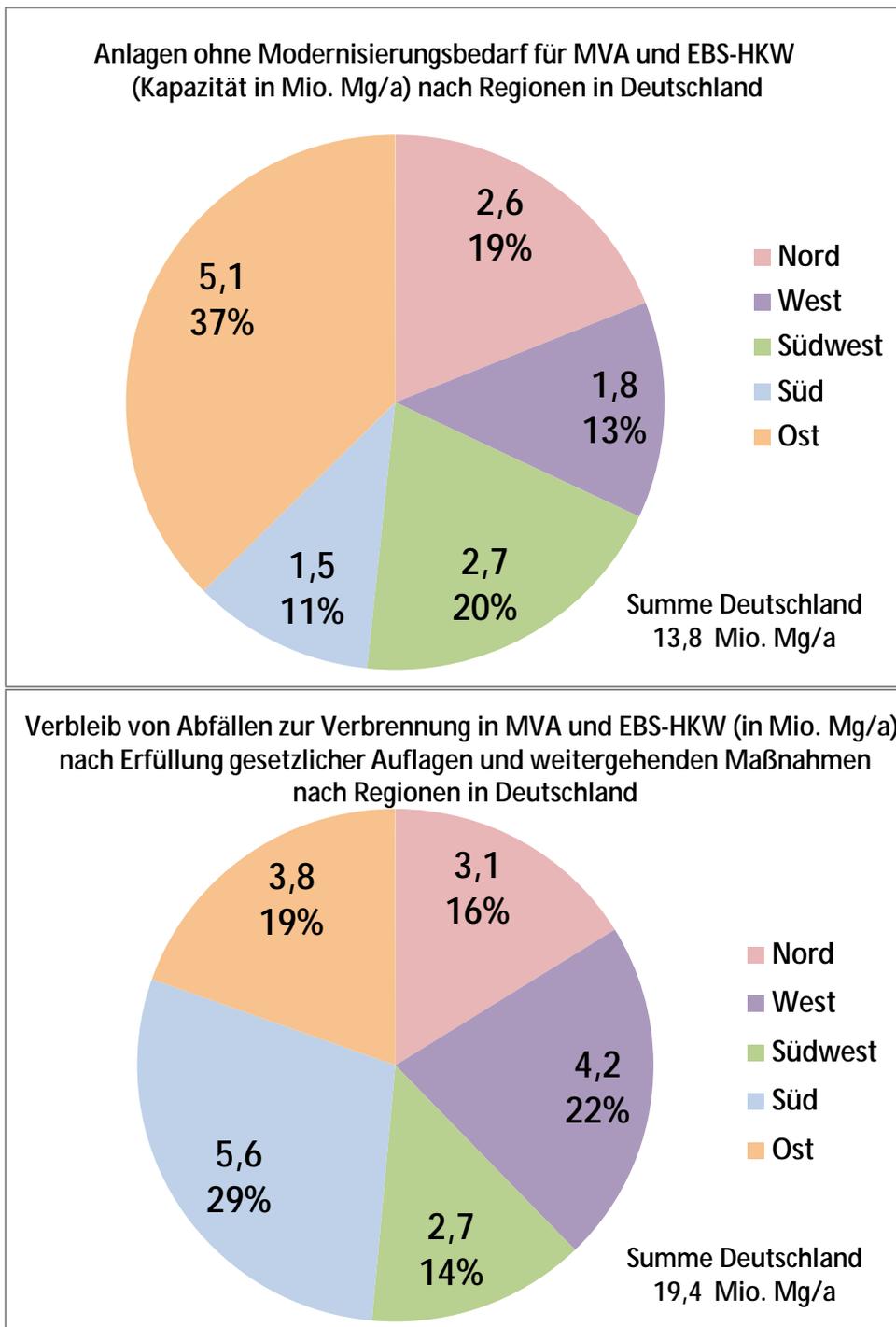
Zum anderen werden gesteigerte Bemühungen zur Wiederverwendung und zum Recycling von Sperrmüll gemäß Kapitel 9.4 berücksichtigt.

**Tabelle 10-2: Gegenüberstellung der Gesamtreduktionen und der für die energetische Verwertung in MVA und EBS-KW nach der Reduktion durch den Vollzug gültiger Gesetze und Verordnungen sowie die Umsetzung weitergehender Maßnahmen verbleibenden Mengen**

	Hausrest-abfall	Sperrmüll	hausmüll-ähnlicher Ge-werbeabfall	EBS	Sonstiges	Importe	Gesamt
	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.
<b>MVA und EBS-KW Input (2017)</b>	<b>9,9</b>	<b>1,2</b>	<b>2,3</b>	<b>9,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,5</b>	<b>26,3</b>
Reduktion durch							
<b>Vollzug gültiger Gesetze</b>							
- Bioabfall Getrennterfassung	3,7						
- Verpackungsgesetz				0,25			
- Gewerbeabfall-VO			1,4				
<b>weitergehende Maßnahmen</b>							
- Verpackungen zusätzlich	0,95						
- Sperrmüll		0,6					
<b>Erreichte Gesamtreduktion</b>	<b>4,65</b>	<b>0,6</b>	<b>1,4</b>	<b>0,25</b>			<b>6,9</b>
<b>Verbleibende Mengen für energetische Verwertung</b>	<b>5,25</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>8,85</b>	<b>2,3</b>	<b>1,5</b>	<b>19,4</b>

Dies führt zu einer zusätzlichen Vermeidung von ca. 1,6 Mio. Mg/a Restabfälle (Hausrestabfälle und Sperrmüll) für die energetische Verwertung, so dass die Gesamtreduktion knapp 7 Mio. Mg/a oder rund 26 % erreicht. Die verbleibende Menge zur energetischen Verwertung für die Anlagen (MVA und EBS-KW) sinkt auf 19,4 Mio. Mg/a.

**Abbildung 10-3: Gegenüberstellung der nach Vollzug gültiger Gesetze und weitergehender Maßnahmen, verbleibenden Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS mit der Kapazität in den Anlagen, bei denen bis 2030 keine Modernisierung ansteht**



Erwartungsgemäß zeigt die Gegenüberstellung der regionalen Verteilung von verbleibenden Mengen mit der Kapazität in Anlagen ohne Sanierungsbedarf bis zum Jahr 2030 nach wie vor eine Kapazitätslücke im Süden und Westen, die jetzt allerdings im Süden gegenüber **Szenario 1** um 0,5 Mio. Mg/a und im Westen um 0,3 Mio. Mg/a reduziert werden konnte. Dagegen nimmt die „Überkapazität“ im Osten noch leicht weiter zu. Insgesamt bleibt bei diesem **Szenario** ein „Netto-Sanierungsbedarf“ von Anlagen für das Jahr 2030 von rund 5,6 Mio. Mg/a.

### 10.3. Szenario 3: Aktive, weitergehende Kreislaufwirtschaft

Eine Prognose verbleibender Abfallmengen bis 2030 wurde in einer Studie zur Abfallwirtschaft unter Berücksichtigung der zu erwartenden demographischen Entwicklung vorgelegt [100]. Wesentliche Rahmenbedingungen für die Abfallwirtschaftsdaten sind dabei ein leichter Rückgang der Bevölkerungszahl in Deutschland, insgesamt auf ca. 80 Mio. Einwohner. Eine Zunahme der Bevölkerung in Großstädten, in denen die spezifischen Abfallmengen heute deutlich höher sind als im ländlichen Raum, steht eine Reduktion der Einwohnerzahlen im ländlichen Raum gegenüber. In den sehr dünn besiedelten Kreisen nimmt der Aufwand für die Abfallsammlung infolge der höheren Entfernungen für die Sammelfahrzeuge wieder zu. Dadurch ist ein Anstieg der Restabfallmengen gegenüber den Kreisen mit Verdichtungsansätzen zu erklären. Die Reduktion der Restabfallmengen, die 2030 noch durchschnittlich in kreisfreien Großstädten verbleiben, wurde dabei mit 153 kg/E\*a abgeschätzt. Das entspricht einer Reduktion gegenüber 2012 von 37 %. Insgesamt wird bei aktiver Umsetzung der abfallwirtschaftlichen Möglichkeiten in Deutschland ein Rückgang um 43 % prognostiziert. Dem liegen insbesondere folgende Annahmen zugrunde [100]:

- 10 % Reduktion der Gesamtabfallmenge durch Abfallvermeidung, die durch Informations- und Sensibilisierungsmaßnahmen, verbesserte flächendeckende Wiederverwendungsstrukturen, intensive Nutzung neuer Dienstleistungsmodelle, wie Sharing u.ä. erreicht werden,
- Verbesserung der getrennten Erfassung von Wertstoffen durch Information, Sensibilisierung, Wertstofftonne und Biotonne flächendeckend im Holsystem, verursachergerechte Abfallgebühren im Geschosswohnungsbau (PAYT-Systeme), Anreize/Gebote für Sekundärrohstoffeinsatz etc.

**Tabelle 10-3: Prognose des Aufkommens an Hausrest- und Sperrmüll (RM) im Jahr 2030 und Gegenüberstellung zu den Daten aus 2012, nach [100]<sup>15</sup>**

	Einheiten	Kreisfreie Großstädte	Städtische Kreise	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	Dünn besiedelte ländliche Kreise	Deutschland, gesamt
Anzahl		66	137	103	96	402
<b>2030</b>						
Einwohner	Mio. Einw.	24	32	13	11	80
RM - gesamt	Mio. Mg	3,7	3,2	1,0	0,9	8,8
RM - spezifisch	kg/E*a	153	102	75	83	110
<b>2012</b>						
Einwohner	Mio. Einw.	23	32	14	12	81
RM - gesamt	Mio. Mg	5,6	5,5	2,3	2,1	16
RM - spezifisch	kg/E*a	245	172	166	180	193

<sup>15</sup> Die in [100] nicht berücksichtigten Städte und Landkreise wurden hinzugerechnet, unter Nutzung der durchschnittlichen spezifischen Abfallmengen der entsprechenden Gebietsstrukturen. Aufgrund der Rundungen kann es zu geringfügigen Abweichungen der dargestellten Daten kommen!

Vergleicht man die Werte für 2030 mit aktuellen Werten aus 2017 für 390 örE [101], dann zeigt sich, dass von 25 Städten mit einer Einwohnerdichte von  $>2.000 \text{ E/km}^2$  nur eine Stadt mit  $157 \text{ kg/E}^*a$  in der Nähe des prognostizierten Wertes für die 66 kreisfreien Großstädte in Deutschland liegt, drei weitere liegen im Bereich zwischen 180 und  $200 \text{ kg/E}^*a$ , das gewichtete Mittel lag bei  $246,3 \text{ kg/E}^*a$ . Von 55 Städten zwischen  $1.000$  und  $2.000 \text{ E/km}^2$  erreichen den prognostizierten Wert 2017 bereits 14 Städte, der höchste Wert lag bei  $356,3 \text{ kg/E}^*a$ , der niedrigste bei  $108 \text{ kg/E}^*a$ . Das gewichtete Mittel lag bei  $200 \text{ kg/E}^*a$ . Bei den 310 ausgewerteten Kreisen und Städten unter  $1.000 \text{ E/km}^2$  lagen die Mengen für Hausrest- und Sperrmüll zwischen 60 und  $297 \text{ kg/E}^*a$ . Das gewichtete Mittel lag bei  $167 \text{ kg/E}^*a$ . Unter  $75 \text{ kg/E}^*a$ , dem Zielwert für ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen, lagen davon nur 3, unter  $83 \text{ kg/E}^*a$ , dem Zielwert für dünn besiedelte ländliche Kreise, liegt nur ein weiterer Kreis. Den Zielwert von  $102 \text{ kg/E}^*a$  für Städtische Kreise erreichen insgesamt 16 Kreise mit Einwohnerdichten zwischen 84 und  $434 \text{ E/km}^2$ .

Insgesamt zeigt die Auswertung aus 2017, dass zum Erreichen der in [100] prognostizierten Zielwerte noch eine lange Wegstrecke zurückzulegen ist. Dass dies möglich ist, zeigen zum einen die Städte und Kreise, die diese Werte heute schon erreichen, obwohl die Rahmenbedingungen in Deutschland und der EU noch reichlich Optimierungsbedarf aufweisen. Zum anderen werden durch die Umsetzung der umfangreichen Programme und Konzepte auf allen Ebenen, von der EU-Kommission bis zu den Kommunen und Betrieben (vgl. hierzu Kapitel 9.1 bis 9.7) die Voraussetzungen geschaffen, dass die derzeitigen Minimalwerte zukünftig noch unterboten werden können, wenn die abfallwirtschaftlichen Möglichkeiten ausgeschöpft werden.

Demnach wird bei aktiver Umsetzung von Maßnahmen in der Abfallwirtschaft zur Abfallvermeidung und zur Steigerung der Recyclingmengen das durchschnittliche spezifische Aufkommen an Haushaltsrestmüll und Sperrmüll von  $193 \text{ kg/E}^*a$  im Jahr 2012 auf  $110 \text{ kg/E}^*a$  im Jahr 2030 absinken. In der Summe verbleiben an Restabfall und Sperrmüll von den 15,5 Mio. Mg/a im Jahr 2012 ca. 8,8 Mio. Mg/a in 2030 (vergl. Tabelle 10-3). Die entsprechende Menge in 2017 betrug, gegenüber 2012 kaum verändert, 15,6 Mio. Mg/a, aufgrund der Zunahme der Bevölkerungszahl von 80,5 Mio. auf 82,8 Mio. Einwohner entspricht dies einem spezifischen Wert von  $188 \text{ kg/E}^*a$  [23]. Damit wird ein Rückgang von Hausrestabfall und Sperrmüll von 6,8 Mio. Mg/a bis 2030 prognostiziert. Berücksichtigt man die Relation von energetischer Verwertung in MVA und EBS-KW zu MBA von 85/15, entspricht dies einem Rückgang von 5,8 Mio. Mg/a.

Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass durch die um ca. 1 Mio. Mg/a geringere Menge an Restabfällen, die in den MBA behandelt werden, die dort produzierten EBS-Mengen um 0,4 Mio. Mg/a abnehmen. Darüber hinaus führen die Maßnahmen in der EU auch bei den Nachbarstaaten, die derzeit noch Müll zur Verbrennung nach Deutschland importieren, zur Reduktion der Abfallmengen um 1,5 Mio. Mg/a.

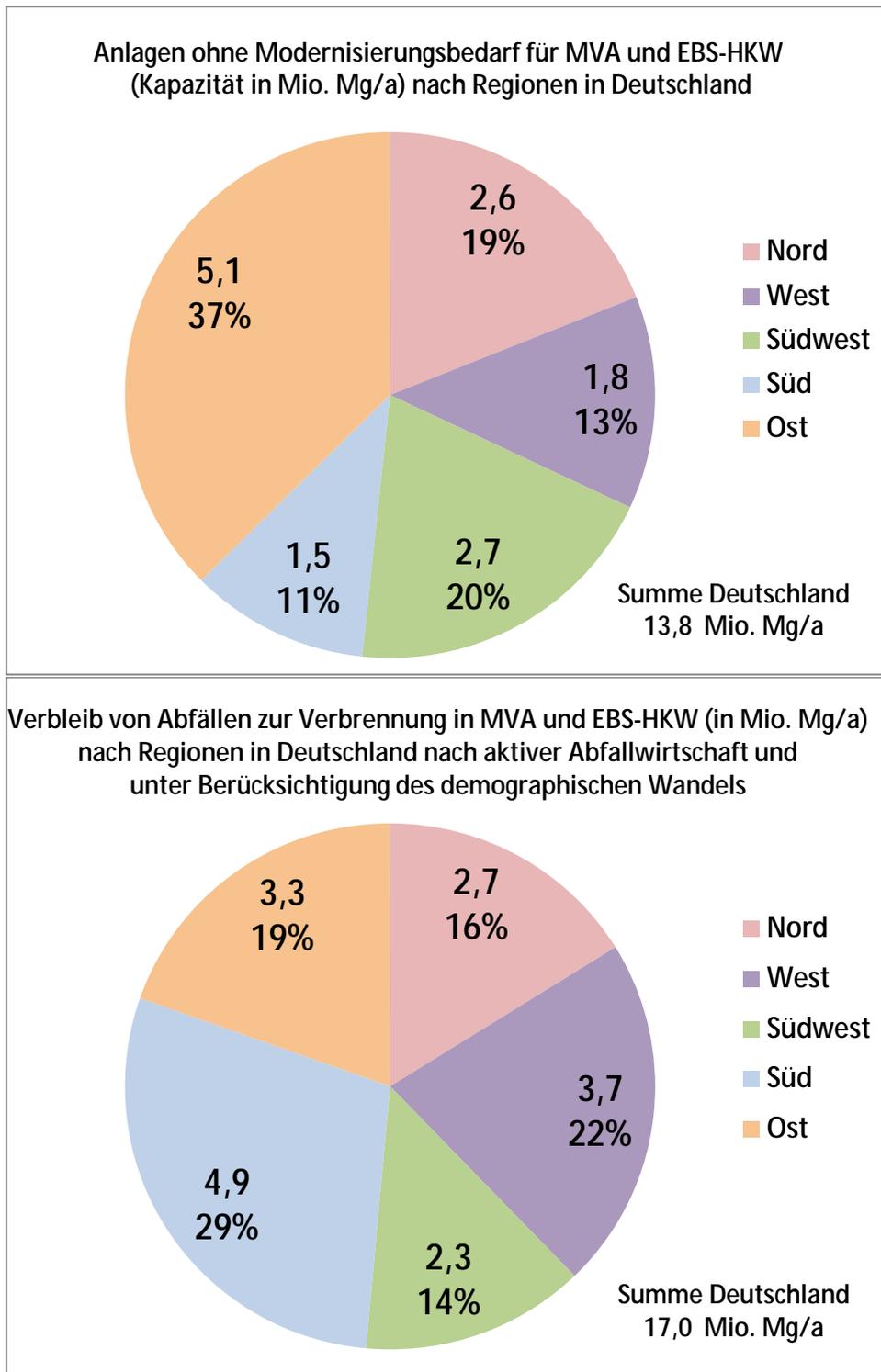
Gleichzeitig wird unterstellt, dass bis 2030 EU-weit das Autarkie- und Näheprinzip umgesetzt wird und die EU-Staaten ihre Abfälle im eigenen Land verwerten und behandeln, sodass in Deutschland keine importierten Abfälle anderer EU-Staaten mehr zu verbrennen sind. 2017 wurden aus Deutschland gemäß eigenen Berechnungen nach Angaben von EUROSTAT etwa 0,7 Mio. Mg/a Siedlungsabfälle und Abfälle aus der Abfallbehandlung bzw. -aufbereitung in Verbrennungsanlagen von Nachbarländern exportiert. Davon waren etwa 160.000 Mg/a gemischte Haushaltsabfälle. Ein großer Teil davon wurde in direkt benachbarte Regionen von Nachbarländern exportiert. Diese Exporte erfüllen das Näheprinzip. Die Exporte, die über weitere Strecken gehen, werden zukünftig auch in Deutschland zu behandeln sein. Eine genaue Bezifferung ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich, für die hier gemachten Abschätzungen aber auch nicht erforderlich. Z.B. übersteigen die Kapazitäten der geplanten Neuanlagen und Erweiterungsbauten die gesamte Exportmenge deutlich.

**Tabelle 10-4: Gegenüberstellung der Gesamtreduktionen und der für die energetische Verwertung in MVA und EBS-KW nach der Reduktion durch eine aktive, weitergehende Kreislaufwirtschaft, Demografie sowie das Autarkie- und Näheprinzip verbleibenden Mengen**

	Hausrest- und Sperrmüll	hausmüll-ähnlicher Gewerbeabfall	EBS	Sonstiges	Importe	Gesamt
	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.	Mio. Mg.
<b>MVA und EBS-KW Input (2017)</b>	<b>11,1</b>	<b>2,3</b>	<b>9,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,5</b>	<b>26,3</b>
Reduktion durch						
<b>Aktive, weitergehende Abfallwirtschaft, Demografie und Näheprinzip</b>						
- Reduktion Hausrest- und Sperrmüll	5,8					
- Gewerbe		1,4				
- Sortier- und Aufbereitungsreste LVP			0,3			
- Entsorgung im Ursprungsland					1,5	
- Indirekt MBA			0,4			
<b>Erreichte Gesamtreduktion</b>	<b>5,8</b>	<b>1,4</b>	<b>0,7</b>		<b>1,5</b>	<b>9,4</b>
<b>Verbleibende Mengen für energetische Verwertung</b>	<b>5,3</b>	<b>0,9</b>	<b>8,4</b>	<b>2,3</b>	<b>0,0</b>	<b>16,9</b>

Zunächst zeigt sich, dass die prognostizierte Reduktion für die Summe aus Hausrest- und Sperrmüll, gegenüber **Szenario 2** um 0,5 Mio. Mg/a gesteigert wurde. Damit liegen die beiden Prognosen trotz unterschiedlicher Herangehensweise in einer vergleichbaren Größenordnung. Insgesamt werden jetzt 9,45 Mio. Mg/a oder 36 % des Abfallinputs in MVA und EBS-KW vermieden. Die verbleibende Menge sinkt auf 17 Mio. Mg/a.

**Abbildung 10-4: Gegenüberstellung der nach aktiver Kreislaufwirtschaft, Demografie und Umsetzung des Autarkie- und Näheprinzips verbleibenden Mengen zur Verbrennung in MVA und EBS mit der Kapazität in den Anlagen, bei denen bis 2030 keine Modernisierung ansteht**



Die Gegenüberstellung der regionalen Verteilung von verbleibenden Mengen mit der Kapazität in Anlagen ohne Sanierungsbedarf zeigt jetzt weiter reduzierte Kapazitätslücken im Süden (3,4 Mio. Mg) und Westen (1,9 Mio. Mg/a), aber auch eine nochmals gestiegene „Überkapazität“

im Osten (1,8 Mio. Mg/a). Insgesamt bleibt bei diesem Szenario ein „Netto-Sanierungsbedarf“ von Anlagen für das Jahr 2030 von rund 3,2 Mio. Mg/a.

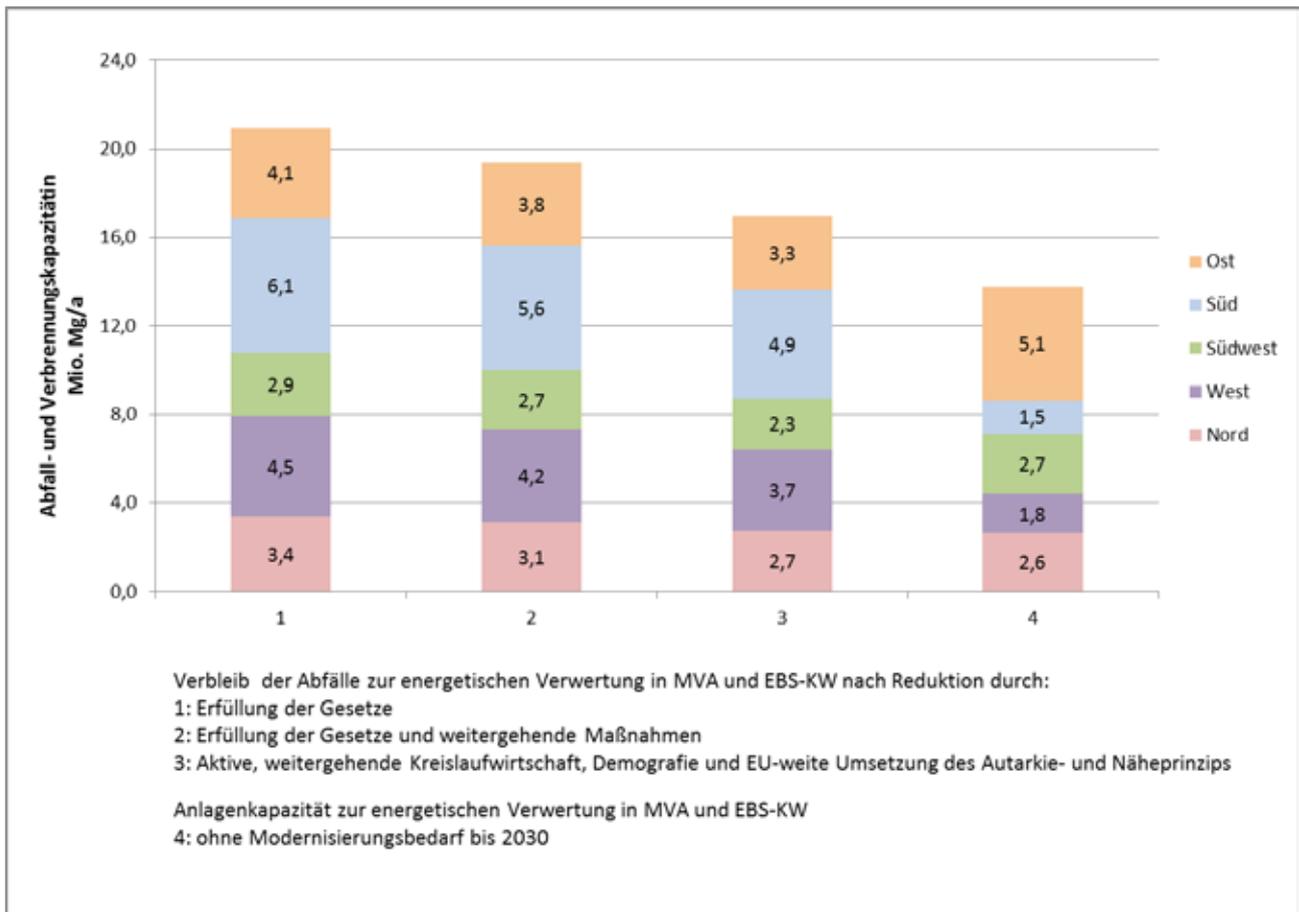
#### 10.4. Ergebnisse im Überblick

Die erheblichen Anlagenkapazitäten an Verbrennungsanlagen, die in Deutschland bis 2030 modernisiert werden müssen, geben Anlass zu prüfen, ob durch eine konsequente Umsetzung der Abfallhierarchie ein Teil der für die anstehenden Modernisierungen notwendigen Gelder eingespart und in Maßnahmen zur Abfallvermeidung, getrennten Erfassung und Recycling von Wertstofffraktionen umgelenkt werden können.

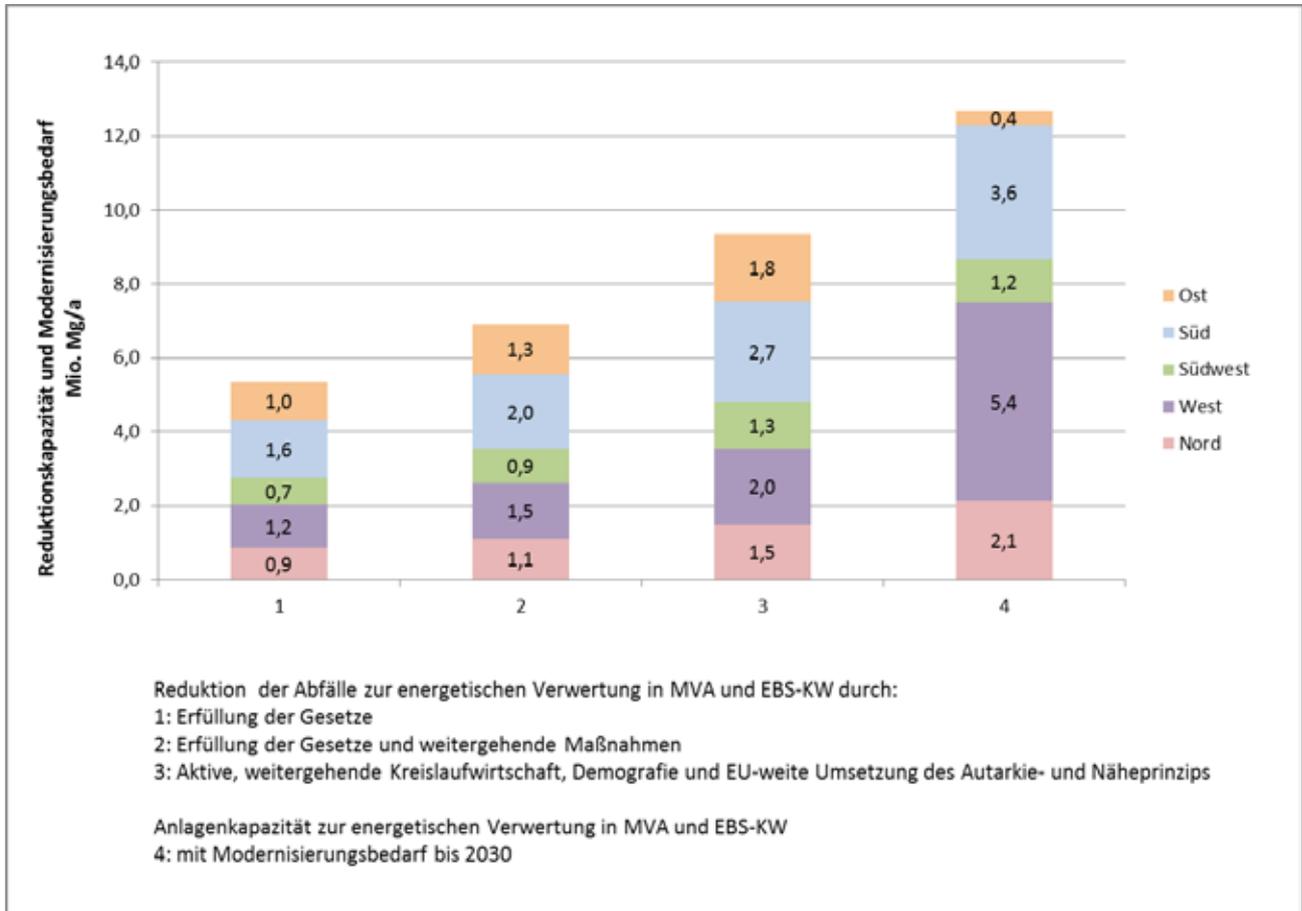
In Abbildung 10-5 sind die, nach den beschriebenen Reduktionen in den **drei Szenarien** verbleibenden Abfallmengen zur energetischen Nutzung in den MVA und den EBS-KW den Kapazitäten in Anlagen ohne Modernisierungsbedarf im Jahr 2030 gegenübergestellt. Es zeigt sich, wie oben ausgeführt, dass die verbleibenden Mengen die Kapazitäten im Jahr 2030 übersteigen, dass aber, bei einem konsequenten und flächendeckenden Vollzug geltender Gesetze und Verordnungen in Verbindung mit intensiven weitergehenden Maßnahmen, insbesondere auch der Umsetzung des Autarkie- und Näheprinzips in der EU, bis 2030 die verbleibenden Restabfallmengen Modernisierungen von MVA nur noch in einem recht geringen Umfang erforderlich machen. Wird **Szenario 3** erfolgreich umgesetzt, muss bis zum Jahr 2030 statt einer Anlagenkapazität ohne Abfallmengenreduktion von 12,7 Mio. Mg/a nur noch eine Kapazität von 3,2 Mio. Mg/a modernisiert werden. Der Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030 kann also um gut 80 % reduziert werden.

Wegen der ungleichen regionalen Verteilung der Modernisierungserfordernisse werden ausschließlich Anlagen im Süden und Westen modernisiert werden müssen. Zudem müssen Konzepte entwickelt werden, wie mit den bis zum Jahr 2030 entstehenden Überkapazitäten im Osten sinnvoll umzugehen ist.

**Abbildung 10-5: Gegenüberstellung des Verbleibs an Abfallmengen zur energetischen Verwertung in MVA und EBS-KW nach den in den Szenarien berechneten Reduktionen mit den Kapazitäten in Anlagen ohne Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030**



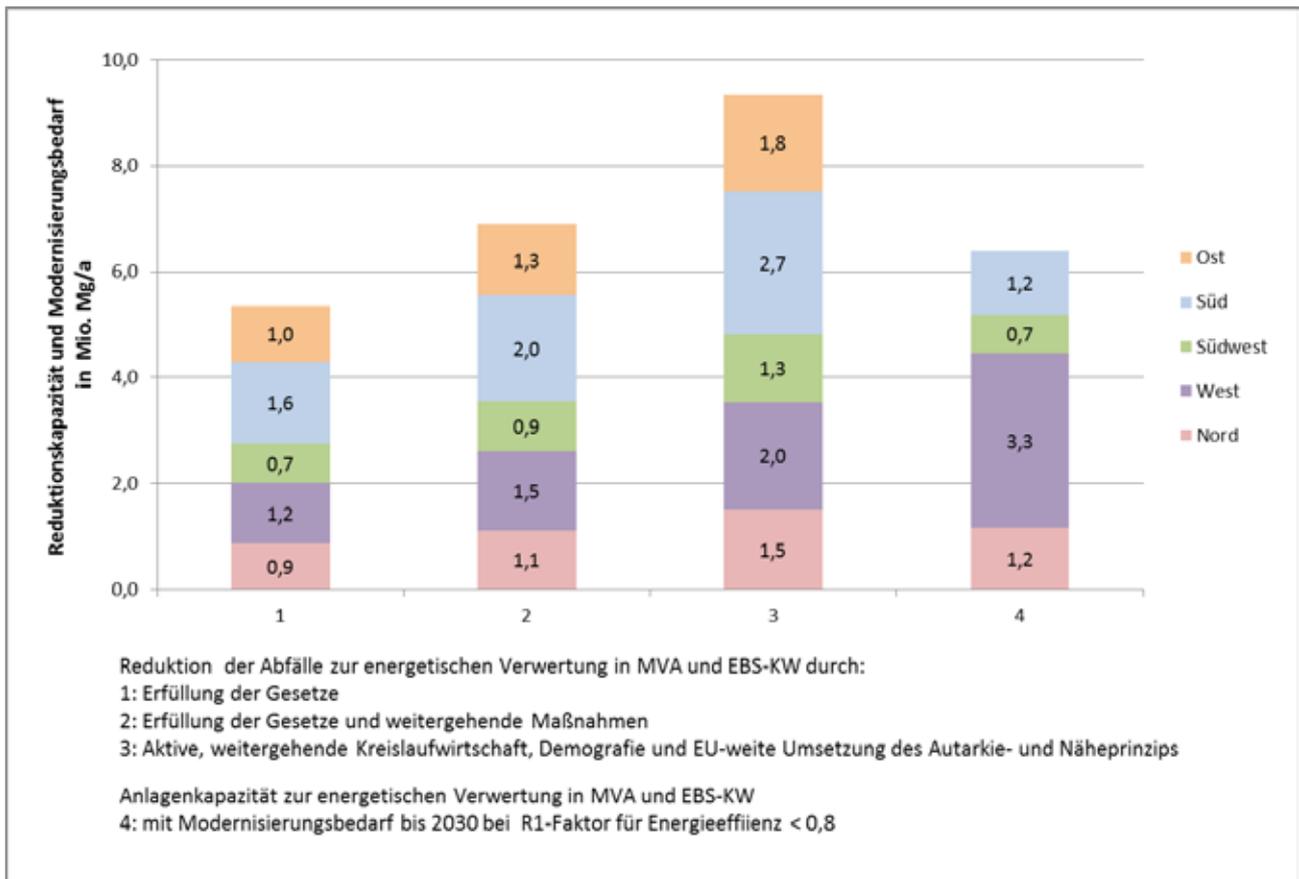
**Abbildung 10-6: Gegenüberstellung der in den Szenarien erreichten Reduktionen der Abfallmengen zur energetischen Verwertung in MVA und EBS-KW mit den Kapazitäten in Anlagen mit Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2030**



In Abbildung 10-6 wird diese Situation nochmals aus einem anderen Blickwinkel beschrieben, in dem die in den **Szenarien** reduzierten Mengen dem Sanierungsbedarf der Anlagen gegenübergestellt wird. Für die Auswahl der Anlagen, die aufgrund frei werdender Kapazitäten bis 2030 am besten stillgelegt werden sollten, ist neben der regionalen Verteilung insbesondere auch die technische Ausstattung der Anlagen von Bedeutung. Bevorzugt sollten Anlagen weiterbetrieben werden, die eine hohe Energieeffizienz aufweisen. Deshalb werden in Abbildung 10-7 den verbleibenden Abfallmengen die Kapazitäten der Anlagen gegenübergestellt, für die ein Modernisierungsbedarf ausgewiesen wurde und die gleichzeitig eine Energieeffizienz unter dem Durchschnitt aller MVAs in Deutschland aufweisen (R1-Faktor kleiner 0,8). Bei diesem Abgleich wurde der geringe Modernisierungsbedarf bei EBS-Anlagen nicht betrachtet, weil für EBS-KW keine belastbaren Angaben zur Energieeffizienz vorliegen (vgl. Kapitel 8.4).

Der Vergleich in Abbildung 10-7 zeigt, dass alle Anlagen mit Sanierungsbedarf bis zum Jahr 2030 und einer unterdurchschnittlichen Energieeffizienz geschlossen werden können, ohne dass damit die insgesamt reduzierbaren Mengen der **Szenarien 2 und 3** bereits ausgeglichen wären.

**Abbildung 10-7: Gegenüberstellung der in den Szenarien erreichten Reduktionen der Abfallmengen zur energetischen Verwertung in MVA und EBS-KW mit den Kapazitäten in Anlagen mit Modernisierungsbedarf und einem R1-Faktor für die Energieeffizienz von < 0,8**



Die Gegenüberstellungen zeigen, dass der Modernisierungsbedarf bei den MVA bis zum Jahr 2030 zum großen Teil durch die Reduktion von Restabfallmengen zur Verbrennung ausgeglichen werden könnte. Dadurch können, eine aktive, weitergehende Kreislaufwirtschaft zur Umsetzung der Abfallhierarchie unterstellt, zahlreiche Anlagen bis zum Jahr 2030 stillgelegt werden und damit erhebliche Investitionssummen für die Vermeidung und das Recycling von Abfällen freigesetzt werden.

### 10.5. Folgen für den Ressourcen- und Klimaschutz

Durch die Vermeidung von Abfällen und deren vermehrtes Recycling können erhebliche Vorteile beim Ressourcen- und Klimaschutz realisiert werden [45] [93] [94] [97] [102]. Beispielsweise können durch das hochwertige Recycling von einem Mg Kunststoff anstelle dessen Verbrennung in einer durchschnittlichen MVA etwa 2,5 bis 4 Mg CO<sub>2</sub> eingespart werden. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen setzen sich zusammen aus:

- Gutschriften für die eingesparte Neuproduktion (z. B. bei HDPE etwa 1,9 kg CO<sub>2</sub>/kg, bei PET etwa 3,2 kg CO<sub>2</sub>/kg),
- Emissionen bei der nicht mehr erforderlichen Verbrennung (etwa 2 bis 2,5 kg CO<sub>2</sub>/kg, in Abhängigkeit der genauen Zusammensetzung der Kunststoffe),

von denen die

- CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Aufwendungen für das Recycling (z. B. bei HDPE etwa 0,3 kg CO<sub>2</sub>/kg, bei PET etwa 0,6 kg CO<sub>2</sub>/kg) und
- aus der entgangenen Strom- und Wärmeproduktion in durchschnittlichen MVA oder EBS-KW (ca. 1 kg CO<sub>2</sub>/kg, in Abhängigkeit des Heizwertes des Kunststoffes und des energetischen Wirkungsgrades der Anlage sowie dem anzusetzenden Strom- und Wärmemix, mit der zunehmenden Nutzung regenerativer Energiequellen im Rahmen der Energiewende nimmt dieser Beitrag ab und geht schließlich gegen Null)

abgezogen werden [94].

Für die Maßnahmen des Szenarios 1 ist ein Einsparungspotential von etwa 3,6 Mio. Mg/a, CO<sub>2</sub>, für Szenario 2 etwa 8 Mio. Mg/a CO<sub>2</sub> und das Szenario 3 mehr als 8 Mio. Mg/a CO<sub>2</sub> anzusetzen [45] [47].

## 10.6. Auswirkungen der Energiewende und des Kohleausstiegs

Am 26. Januar 2019 legte die von der Bundesregierung eingesetzte Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ (die sog. „Kohlekommission“) ihren Abschlussbericht mit einem Bündel von Empfehlungen für die Bereiche Regionalwirtschaft, Arbeitsmarkt- sowie Energie- und Klimaschutzpolitik vor. Den zentralen Hintergrund für die Einsetzung der Kohlekommission und deren Empfehlungen bildet das Erreichen der klimapolitischen Ziele, die mit dem Klimaschutzplan 2050 für den Sektor Energiewirtschaft gesetzt wurden. Um diese Ziele einzuhalten, hat die Kohlekommission einen Plan zur schrittweisen Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung, einschließlich eines Abschlussdatums empfohlen. Bis zum Jahr 2030 sollen die Kraftwerkskapazitäten für Braunkohle auf 9 GW und für Steinkohle auf 8 GW reduziert werden. Bis spätestens 2038 soll die Stromerzeugung aus Kohle in Deutschland komplett beendet werden. Im Jahr 2032 soll überprüft werden, ob das Enddatum der Kohle-Verstromung auf 2035 vorgezogen werden kann.

Parallel zum Kohleausstieg soll der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf 65 % im Jahr 2030 ausgebaut werden, bei einem aktuellen Beitrag von etwa 40 % [106]. Für Strom aus der Verbrennung von Abfällen wird es bis 2050 immer weniger Energiegutschriften geben, insbesondere wenn Strom in der Grundlast erzeugt wird.

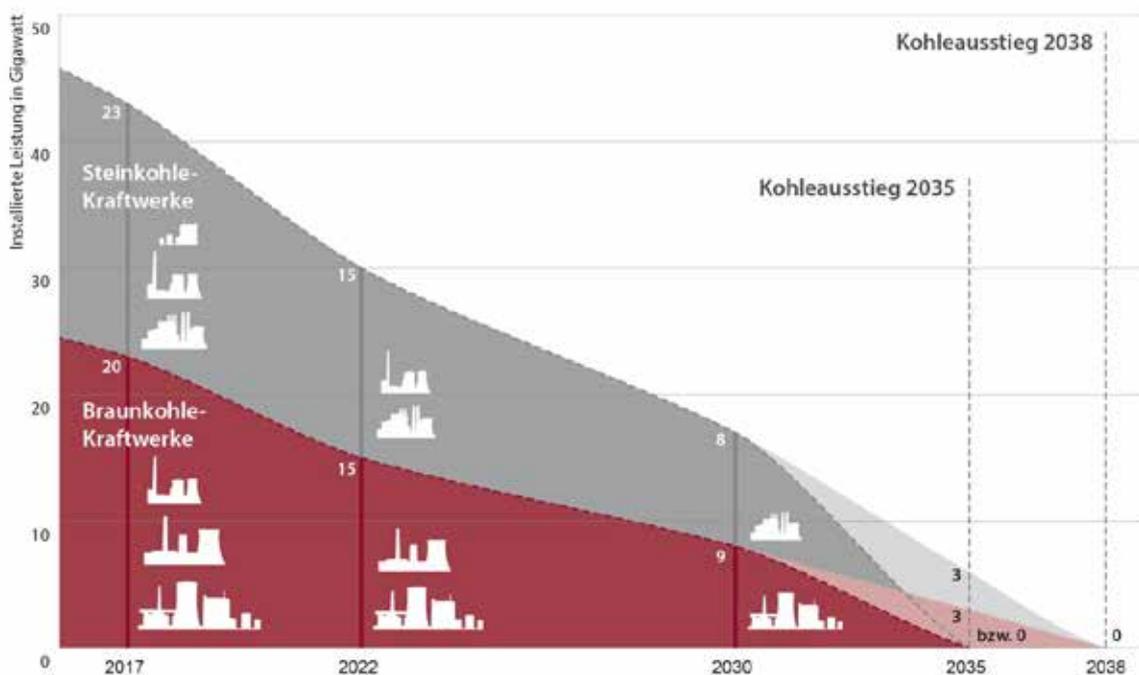
Im Bereich der Fernwärmeerzeugung liegt der Anteil an erneuerbaren Energien derzeit bei etwa 15 % [108]. Zur Erreichung der o.g. Klimaziele der Energiewende ist bis 2050 eine Steigerung auf nahezu 100 % notwendig. Einen Anteil von ca. 22 % an der KWK-Wärmebereitstellung bzw. etwa 3,5 % an der gesamten Wärmeproduktion leistet derzeit die Kraft-Wärme-Kopplung aus Kohlekraftwerken mit knapp 50 TWh. Der größte Teil der KWK-Wärme stammt heute bereits aus Gasheizkraftwerken [107] [108].

Solange das Stromsystem noch durch Kohlekraftwerke geprägt war, die in der Grundlast betrieben wurden, war es sinnvoll, KWK-Anlagen auch möglichst in der Grundlast zu betreiben. Auf diese Weise konnte viel Kohlestrom verdrängt werden und eine hohe Emissionseinsparung erzielt werden.

Durch den kontinuierlichen Ausbau der erneuerbaren Energien hat sich dies jedoch kontinuierlich geändert. Spätestens mit dem Beschluss zum Kohleausstieg (vgl. Abbildung 10-8) ändert sich das Referenzsystem für die KWK deutlich. Nicht mehr Kohlekraftwerke sind zukünftig das prägende Element des Stromsystems, sondern diese werden Schritt für Schritt durch erneuerbare Energien ersetzt werden. Aktuell beträgt der Anteil der erneuerbaren Energien am Brutto-Stromverbrauch bereits etwa 40 % und soll bis zum Jahr 2030 auf 65 % steigen. Für die KWK-Anlagen führt dies zu zwei Herausforderungen:

1. KWK-Anlagen müssen sich immer stärker an den erneuerbaren Energien ausrichten. Dies bedeutet, dass KWK-Anlagen flexibler betrieben werden müssen. Denn KWK-Anlagen, die in der Grundlast betrieben werden, erhöhen die Stromexporte, verstärken die Redispatch-Probleme<sup>16</sup> im deutschen Stromnetz und führen letztendlich auch dazu, dass erneuerbare Energien nicht in die Stromnetze integriert werden können.
2. Auch KWK-Anlagen müssen zu Emissionsminderungen beitragen. Da die Möglichkeiten Kohlestrom zu substituieren kontinuierlich zurückgehen, rücken die Emissionen der KWK-Anlagen stärker in den Fokus. Die Fernwärme muss also CO<sub>2</sub>-arm werden. Dies bedeutet, dass eine Umstellung auf eine CO<sub>2</sub>-neutrale Wärmeerzeugung auf Basis von erneuerbaren Energien erforderlich wird.

**Abbildung 10-8: Geplante Stilllegungen von Kohlekraftwerken in Deutschland [103]**



QUELLE: ABSCHLUSSBERICHT DER KOMMISSION 'WACHSTUM, STRUKTURWANDEL UND BESCHÄFTIGUNG', DARSTELLUNG: ÖKO-INSTITUT 2019, CC BY-SA 3.0

Um die Transformation der KWK-Wärmeversorgung in den nächsten Jahren möglich zu machen, müssen eine Reihe von Rahmenbedingungen angepasst werden. Dabei sind u. a. die folgenden Aspekte/ Fragen zu berücksichtigen:

- Wie hoch die Emissionen der KWK-Wärmeerzeugung sind, muss transparent ausgewiesen werden. Bisher werden nur Primärenergiefaktoren angegeben. Die Kennzeichnung von Fernwärme sollte daher weiterentwickelt werden, damit erkennbar wird, wie klimafreundlich die Fernwärmenetze in den einzelnen deutschen Städten sind.
- Für eine Übergangszeit können fossile Neuanlagen weiterhin gefördert werden, wenn sie einen Kohleersatz ermöglichen und wenn sie in Kombination mit dem Ausbau erneuerbarer Energieträger gebaut werden.

<sup>16</sup> Redispatch bezeichnet die kurzfristige Änderung des Kraftwerkseinsatzes auf Geheiß der Übertragungsnetzbetreiber zur Vermeidung von Netzengpässen.

- Die Abfallverbrennung wird bisher weder vom Emissionshandel noch von der Energiesteuer erfasst. Daher gibt es eine Regelungslücke bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von Abfall. Diese Lücke wird ab 2021 geschlossen werden: am 20.09.2019 wurden vom Klimakabinet der Bundesregierung Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030 beschlossen. Dies umfasst auch eine Bepreisung für alle Emittenten, die nicht vom EU-Emissionshandel erfasst werden („**Dabei umfasst das System im Sektor Wärme die Emissionen der Wärmeerzeugung des Gebäudesektors und der Energie- und Industrieanlagen außerhalb des EU-Emissionshandelssystems (EU ETS).**“ [119]). Ab 2021 beträgt der Festpreis 10 €/ t CO<sub>2</sub>. Bis 2025 steigt der Preis auf 35 €/ t CO<sub>2</sub> [119]. In der Umsetzung ist darauf zu achten, dass auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Abfallverbrennungsanlagen von diesem neuen System erfasst werden. Dadurch würden die Anreize für mehr Recycling steigen.
- Die Einstufung von Fernwärme aus Abfall erfolgt derzeit in der Energieeinsparverordnung (EnEV) einzig nach dem Primärenergiefaktor (PEF). Mit der Begründung, dass die Primärenergie, die eingesetzt wurde, um die zu Abfall gewordenen Produkte herzustellen, ausschließlich den Produkten zuzuordnen sei, wird für Wärme aus Abfall ein PEF von 0 angesetzt. Diese Betrachtungsweise ist umstritten [118]. Unabhängig davon, sollte zur Bewertung von Fernwärme der PEF gestrichen und durch die bei der Wärmegewinnung verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen ersetzt werden. Dabei sind alle CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von fossilen Abfällen vollumfänglich in Ansatz zu bringen.

Die Wärmeerzeugung soll zukünftig durch moderne und flexible Strom-Wärme-Systeme übernommen werden. Dazu gehören neben KWK-Anlagen auch Speicher, Fernwärmenetze, Wärmepumpen, Power-to-Heat-Anlagen sowie solar- oder geothermische Anlagen. Um die Kohle-KWK-Kraftwerke zu ersetzen ist es auch notwendig neue Erdgas-KWK-Anlagen zu errichten. Dies ist aber nur sinnvoll, wenn die Ersatzanlagen in Zukunft zunehmend flexibel betrieben werden. Je stärker der Ausbau der erneuerbaren Energien voranschreitet, desto flexibler müssen diese Ersatzanlagen werden. Neue Grundlast-KWK-Anlagen werden nicht mehr benötigt, weil sie den Ausbau der erneuerbaren Energien behindern würden.

Für die energetische Verwertung von nicht recycelbaren regenerativen Abfällen, wie bestimmte Althölzer (z. B. infolge der Schadstoffbelastungen) oder regenerative Fraktionen aus der mechanischen bzw. mechanisch-biologischen Aufbereitung von Hausrestabfall, heißt das, dass sie langfristig einen Anteil der Fernwärmeversorgung sicherstellen können. Für die Übergangszeit kann auch durch die Verbrennung von gemischten Abfällen mit mehr oder weniger hohen fossilen Anteilen die KWK-Lücke geschlossen werden, die infolge der Stilllegung von Kohlekraftwerken entstehen wird, bis die regenerativen Wärmequellen den soweit wie möglich reduzierten Bedarf an Wärme abdecken können. Dazu sind jedoch Prüfungen im Einzelfall notwendig, in denen geklärt wird, ob unter den konkreten Rahmenbedingungen der Einzelstandorte eine klimaschonendere Alternative ausgeschlossen ist.

Die Kapazitäten, die durch mehr Vermeidung und Recycling freigesetzt werden, können zumindest zum Teil dazu genutzt werden, entweder

- Anlagen im Sommer abzuschalten und lagerfähige Ersatzbrennstoffe aus Restmüll nur während der Heizperiode zu verbrennen, wenn eine weitgehende Einspeisung der bereitgestellten Energie in ein Fernwärmenetz möglich ist oder
- ausschließlich regenerative Abfallfraktionen zu verbrennen und die gewonnene Energie als Prozessdampf abzugeben oder vorwiegend im Winter in ein Fernwärmenetz einzuspeisen.

Würde die im **Szenario 3** verbleibende Kapazität (MVA und EBS-KW) von 17 Mio. Mg/a in den etwa 7 Monaten der Heizperiode genutzt werden und die Anlagen auf eine maximale Wärmeleis-

tung ausgelegt, könnten etwa 15 der 17 Mio. Mg/a energetisch zu nutzender Abfälle ausschließlich im Winter verbrannt werden. Damit könnte die auskoppelbare Wärmeleistung der energetischen Verwertung von Abfällen von heute etwa 9 TWh<sup>17</sup> [42], trotz der erheblichen Reduktion der gesamten Verbrennungsmenge und bei Reduktion der wenig rentablen Stromproduktion, mittelfristig noch gesteigert werden.

Durch den Kohleausstieg werden auch die Kapazitäten zur Mitverbrennung von Abfällen in den Kohlekraftwerken sukzessive bis zum Jahr 2030 oder darüber hinaus abgebaut. Dabei handelt es sich um 742.000 Mg/a (vgl. Tabelle 3-3), von denen 500.000 Mg/a als EBS-Kraftwerk in Jänschwalde direkt ersetzt werden sollen. Insgesamt werden auch die restlichen 242.000 Mg/a durch die geplanten Neubauten (ca. 1,2 Mio. Mg/a), Ersatzinvestitionen und Erweiterungen (zusammen ca. 1,5 Mio. Mg/a) mehr als ausgeglichen (vgl. Tabelle 7-1)!

---

<sup>17</sup> Unter der Annahme, dass die Auskopplung von Prozessdampf auf dem heutigen Niveau von etwa 12 TWh bleibt.

## 11. Fazit und Handlungsempfehlungen

Es ist unumstritten, dass die Müllverbrennung eine wichtige und unentbehrliche Funktion in einer modernen Abfallwirtschaft innehat. Insbesondere mit der Zerstörung von Schadstoffen oder deren Konzentration in den Rauchgasreinigungsrückständen und eine sichere Ausschleusung aus dem Wirtschaftskreislauf leistet die Müllverbrennung dabei wichtige Beiträge für eine umweltverträgliche Abfallentsorgung. Der Beitrag der dabei anfallenden Energie spielt zukünftig allerdings nur noch eine untergeordnete Rolle. In Bezug auf die Bereitstellung von Strom trifft das z. T. heute schon zu und macht sich in geringen Strompreisen bemerkbar. Für die Bereitstellung von Prozessdampf und Wärme werden die Klimaziele: Reduktion des Wärme- und Dampfbedarfs und Umstellung auf regenerative Quellen einige Jahre später erreicht werden als im Strombereich.

In Kapitel 9.7 wurde gezeigt, dass eine konsequente Umsetzung der Abfallhierarchie zu einer deutlichen Reduktion von Restabfallmengen und damit zu einer Freisetzung von Verbrennungskapazitäten bis zu gut 9 Mio. Mg/a führen würde. Das bietet den Verantwortlichen in den Kommunen, in denen Müllverbrennungsanlagen betrieben werden, für die in den nächsten Jahren eine Modernisierung ansteht, die Möglichkeit, intensiv zu prüfen, ob die dafür notwendigen Mittel nicht besser in Maßnahmen zur Reduktion der Abfallmengen investiert werden sollten.

Mit den in den folgenden Abschnitten genannten Handlungsempfehlungen soll die Umsetzung der Abfallhierarchie unterstützt werden.

### 11.1. Handlungsempfehlungen zur Förderung von Abfallvermeidung

#### 11.1.1. Festschreibung von quantitativen Vermeidungszielen

In dem nationalen Abfallvermeidungsprogramm sollen konkrete und ambitionierte Abfallvermeidungsziele aufgenommen werden. Hierzu sind Produktmengen geeignet, die für die Wiederverwendung (Re-Use) vorbereitet, bereitgestellt bzw. die wiederverwendet werden sollen. Ergänzend soll die Reduktion einzelner Abfallfraktionen vorgegeben werden, wie Lebensmittelabfälle, Verpackungsabfälle, Einwegprodukte aus Kunststoffen sowie des Anfalls von Abfall insgesamt (inklusive der verwerteten Anteile). Die Reduktionsziele können in Bezug auf den Gesamtanfall und auf die spezifischen Abfallmengen je Einwohner bezogen werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, das BMU, das das nationale Abfallvermeidungsprogramm in Zusammenarbeit mit den Bundesländern überarbeiten wird und ist an Abfallerzeuger und Akteure der Abfallwirtschaft auf allen Ebenen adressiert.

#### 11.1.2. Förderung und Finanzierung von Re-Use

Nach den Beispielen von Flandern und mehreren Bundesländern in Österreich soll eine Zusammenarbeit der öRE und privaten Abfallentsorger mit Betrieben des Gebrauchtwarenhandels durch die Bundesländer initiiert und gefördert werden. Im Idealfall arbeiten die Bundesländer bundesweit zusammen und schaffen eine starke Marke für Re-Use, die den nötigen Bekanntheitsgrad erreicht, um die Re-Use-Potentiale auszuschöpfen. Die Umweltministerien und Abfallfachstellen der Länder sollen die beteiligten Stakeholder aus der Abfallwirtschaft und den (Sozial-)Betrieben zusammenbringen und zur notwendigen Anfangsfinanzierung beitragen.

Darüber hinaus soll in dem KrWG und in den Landesabfallgesetzen eine Finanzierung der Maßnahmen zu Re-Use aus den Abfallgebühren festgeschrieben werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, das BMU und die Umweltministerien der Bundesländer. Adressaten sind die öRE und die (Sozial-)Betriebe, die mit Gebrauchsgütern handeln.

### **11.1.3. Förderung von langlebigen Produkten und Reparaturbetrieben**

Die Reparatur von defekten Geräten scheitert häufig daran, dass Ersatzteile nur begrenzt und häufig zu überhöhten Preisen zur Verfügung gestellt werden und viele Produkte in einer schlechten Qualität produziert werden, die eine Reparatur unrentabel erscheinen lässt. Davon abgesehen sind die Reparaturkosten oft auch infolge der Arbeitskosten gegenüber „billiger“ Neuware nicht konkurrenzfähig. Um dies zu ändern, sollte die Reparatur defekter Geräte von der Mehrwertsteuer befreit werden. Die Konkurrenzfähigkeit der Reparatur gegenüber „Billigprodukten“ soll gleichzeitig dadurch verbessert werden, dass durch Normierung der Qualität, Funktionalität und Reparaturfreundlichkeit der wichtigsten Produkte, insbesondere Elektro(nik)-Geräte, Fahrzeuge, Möbel, Spiel- und Sportgeräte, Werkzeuge etc., diese „werthaltiger“, aber auch teurer werden. Neben der Rentabilität der Reparatur steigt durch höhere Qualitäten bei Neuprodukten auch die Lebensdauer.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, das Finanz-, Wirtschafts- und Verbraucherschutzministerium. Adressaten sind Produzenten, Inverkehrbringer und Reparaturbetriebe.

### **11.1.4. Anhebung von Garantie- und Gewährleistungsfristen**

Neben der Festschreibung konkreter Normen für die Qualität von Produkten kann die Ausrichtung auf Produkte von langer Lebensdauer durch die Erhöhung von Garantie- und Gewährleistungsfristen unterstützt werden. Neben der Erhöhung der allgemeinen Garantiezeit, der alle Produkte unterliegen, können für einzelne Produktionsgruppen an deren durchschnittlicher Lebensdauer angepasste Garantiezeiten festgelegt werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an das Wirtschaftsministerium. Adressaten sind Produzenten und Inverkehrbringer.

### **11.1.5. Festschreibung einer abfallvermeidenden Beschaffung**

In den Verwaltungsvorschriften der Länder zur Beschaffung sollen als Umsetzung und Konkretisierung von § 45 KrWG nach dem Beispiel von Berlin [72] eine abfallvermeidende Beschaffung verbindlich und konkret vorgegeben und durchgesetzt werden. Schwerpunkte sollen die Beschaffung von gebrauchten Produkten, Produkten, die auf eine lange Lebensdauer ausgelegt sind sowie der Einsatz von Rezyklaten und die Vermeidung von Schadstoffen sein.

Die Empfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, die Umwelt- und Finanzministerien der Bundesländer sowie die Landesbeschaffungsämter und -stellen.

## **11.2. Handlungsempfehlungen zur Förderung von Recycling**

### **11.2.1. Verbindliche Einführung von verursachergerechten Abfallgebührensyste-men mit Mindestanforderungen an ein begleitendes Abfallmanagement und Abfallberatung**

Die Gestaltung von verursachergerechten Abfallgebühren ist ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der Getrennterfassung von Wertstoffen aus Abfällen und damit auch zur Steigerung des Recyclings. Erfahrungen zeigen, dass die Einführung von verursachergerechten Abfallgebühren auch die Abfallvermeidung unterstützt.

Es sollte geprüft werden, ob und wie der Bund rechtlich eine solche Vorgabe für die Kommunen vorschreiben kann. Dabei sollte nach Möglichkeit auch festgeschrieben werden, dass Systeme anzuwenden sind, die entsprechende Gebühren für die Einzelhaushalte in Mehrfamilienhäusern und Großwohnanlagen ermöglichen. Zudem sollten konkrete Vorgaben für ein begleitendes Abfallmanagement sowie Abfallberatung zur Unterstützung und Sensibilisierung der Verbraucher soweit möglich festgeschrieben werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker und das BMU. Adressaten sind die öRE und Gebietskörperschaften.

#### **11.2.2. Beibehaltung der Recyclingquote für Wertstoffe aus Haushaltabfällen von 65 % ab 2020**

In dem vorgelegten Referentenentwurf zum KrWG [44] ist vorgesehen, die Umsetzung von Recyclingquoten von 65 % aus der derzeit gültigen Fassung des KrWG von 2020 auf 2035 zu verschieben und dabei die Staffelung der ARRL zu übernehmen. Die Recyclingquote aus der gültigen Fassung des KrWG sollte aber beibehalten werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker und das BMU. Adressaten sind die öRE und Gebietskörperschaften.

#### **11.2.3. Ausnahmslose, flächendeckende Umsetzung der Getrennthaltungspflichten für Wertstoffe aus Haushaltsabfällen**

Die im KrWG enthaltene getrennte Erfassung von Abfällen soll für alle wesentlichen Wertstofffraktionen, insbesondere Bio- und Grünabfälle, Papier, Glas, Verpackungen und StNVP, aber auch für weitere Wertstoffe aus dem Sperrmüll, wie Möbel, Matratzen und ähnliche (vgl. auch Kapitel 9.4) festgeschrieben und konkretisiert werden. Ausnahmen sollen nicht zugelassen werden. Neben einer verpflichtenden Bereitstellung von entsprechenden Behältnissen für Bio- und Grünabfälle, Papier, Verpackungen im Holsystem sollen auch ergänzende Sammlungen bzw. Sammelstellen im Bringsystem, insbesondere für Grünabfälle, schadstoffhaltige Abfallfraktionen etc., angeboten werden. Durch konkrete Vorgaben für ein begleitendes Abfallmanagement sowie Abfallberatung zur Unterstützung und Sensibilisierung der Verbraucher soll sichergestellt werden, dass die getrennte Erfassung der Wertstoffe in möglichst guter Qualität erfolgt.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker und das BMU. Adressaten sind die öRE und Gebietskörperschaften.

#### **11.2.4. Verpflichtende Einführung eines Sammelsystems für Elektrokleingeräte**

Elektrokleingeräte werden häufig noch mit dem Restmüll entsorgt, weil eine haushaltsnahe Sammlung fehlt. Im KrWG soll mindestens viermal im Jahr eine haushaltsnahe Sammlung von Elektrokleingeräten festgeschrieben werden. Die Übergangszeit bis zur Einrichtung soll zwei Jahre nicht überschreiten.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker und das BMU. Adressaten sind die öRE und Gebietskörperschaften.

### **11.2.5. Verbindliche Vorgaben für den Rezyklateinsatz in Kunststoffverpackungen und Einwegprodukten**

Zur Förderung des Kunststoffrecyclings und der Verringerung der Verschmutzung von Luft, Boden und Wasser, und insbesondere der Meere durch Kunststoffabfälle und Mikrokunststoffe, soll der Einsatz von recycelten Kunststoffen in Verpackungen und Einwegprodukten aus Kunststoffen verbindlich festgeschrieben werden. Die Rezyklateinsatzquote soll zunächst einheitlich für alle Verpackungen und betroffenen Produkte mit 25 % festgelegt werden und in den nächsten Jahren kontinuierlich angehoben werden. Im Sinne dieser Vorgabe zählen nur die Recyclingprodukte aus Abfällen, die im Handel oder beim Verbraucher anfallen, als Rezyklat. Nach und nach sollen aus technischer Sicht maximale Rezyklatquoten in Abhängigkeit der Verpackungsart festgelegt werden. Ausnahmen sollen nur gegen Antrag z.B. für Lebensmittelverpackungen, zugelassen werden, wenn nachgewiesen wird, dass die Einhaltung der jeweiligen Quote technisch nicht möglich ist und Alternativen aus ökologischer Sicht nachteilig wären.

Die Vorschrift zum Rezyklateinsatz soll durch eine Kennzeichnungspflicht und eine Abgabe auf den Anteil der Verpackungen, die noch aus Primärmaterial besehen, ergänzt werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, das Finanz-, Wirtschafts- und Verbraucherschutzministerium. Adressaten sind Produzenten und Inverkehrbringer von Verpackungen und Einwegprodukten aus Kunststoff.

### **11.2.6. Konkretisierung von § 21 Verpackungsgesetz zur ökologischen Steuerung durch Beteiligungsentgelte**

Die aktuellen Formulierungen in § 21 Verpackungsgesetz lassen sich unter den heutigen Rahmenbedingungen des Verpackungsrecyclings kaum effizient umsetzen. In einer Neufassung sollte ein konkretes Vorgehen vorgeschrieben werden, dass eine Lenkung in Richtung ökologischere Verpackungen für einen relevanten Teil der Beteiligungsentgelte oder eine andere geeignete Lösung (z. B. ein Fondmodell) konkret vorgibt.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker und das BMU. Adressaten sind die dualen Systeme und indirekt die Inverkehrbringer der Verpackungen.

## **11.3. Umgang mit den frei werdenden Verbrennungskapazitäten**

In einer Akteurskooperation, initiiert durch das BMU und die Landesministerien, sollen die Betreiber der Müllverbrennungsanlagen zusammen mit den zuständigen politischen Vertretern der Standortkommunen, Experten der Energiewirtschaft, Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden v. a. nach regionalen Lösungen suchen, mit denen die Verbrennungskapazitäten in der nächsten Dekade optimal an die zukünftigen Restabfallmengen und die sich stetig weiter wandelnden energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen angepasst werden können.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, das BMU und Landesministerien. Adressaten sind die Betreiber von Müllverbrennungsanlagen und die zuständigen Kommunalpolitiker.

## **11.4. Stärkung des Vollzugs von Umweltgesetzen**

Seit Jahren herrscht in den Vollzugsbehörden der Länder und Kommunen ein erheblicher Personalmangel, der dazu führt, dass der Vollzug von Umwelt- und hier insbesondere Abfallgesetze und -verordnungen, wie beispielsweise die Gewerbeverordnung nicht in der nötigen Intensität erfolgen

kann. Dies führt neben den direkten Umweltschäden auch zu Marktnachteilen bei den Firmen, die sich an die Vorschriften halten.

Deshalb sollten die für den Vollzug von Umwelt- und insbesondere Abfallrecht zuständigen Behörden personell besser ausgestattet werden.

Die Handlungsempfehlung richtet sich an Umweltpolitiker, die Finanzministerien des Bundes und der Länder. Adressaten sind die Vollzugsbehörden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Prognos AG: Der Abfallmarkt in Deutschland und Perspektive bis 2020 einschließlich des Anhangs zur Studie, im Auftrag des NABU e.V., veröffentlicht vom NABU im Jahr 2009  
[https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/nabu-studie\\_muellverbrennungskapazitaeten.pdf](https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/abfallpolitik/nabu-studie_muellverbrennungskapazitaeten.pdf)
- [2] Carsten Spohn: Thermische Behandlungsanlagen in Deutschland – aktueller Stand und Ausblick, Vortrag auf der 30. Fachkonferenz „Thermische Abfallbehandlung“ in Würzburg, 10./11. Oktober 2018
- [3] Sabine Flamme, Peter Quicker, Jörg Hanewinkel, Kathrin Weber: Energieerzeugung aus Abfällen – Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, UBA-Texte 51/2018, Umweltbundesamt, Dessau
- [4] Janis Bennen: Recycling Katzenstreu aus Windeln, Süddeutsche Zeitung vom 5. Januar 2019
- [5] Verpackungsgesetz: „Gesetz zur Fortentwicklung der haushaltsnahen Getrennterfassung von wertstoffhaltigen Abfällen“, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 45, ausgegeben am 12. Juli 2017
- [6] Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV): „Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen“, vom 18. April 2017, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2017 Teil I Nr. 22, ausgegeben am 21. April 2017
- [7] Günter Dehoust: Der steinige Weg zur „Circular Economy“, Müll und Abfall September 2018
- [8] Holger Alwast: Ersatzbrennstoffmarkt in Deutschland, Recycling Almanach 2009, S. 150 – 153, ([www.recycling-almanach.de](http://www.recycling-almanach.de))
- [9] Martin Treder: Zukunftsvisionen für die thermische Abfallbehandlung, Vortrag auf dem VDI-/ITAD-Spezialtag zur Tagung „Thermische Abfallbehandlung“ in Würzburg, 9. Oktober 2018
- [10] MULNV: Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2016 ([www.umwelt.nrw.de](http://www.umwelt.nrw.de))
- [11] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Hausmüll in Bayern - Bilanzen 2017 ([www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de))
- [12] Prognos AG: Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft 2018 – Einblicke und Aussichten
- [13] VDZ – Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2017, August 2018 sowie Anlagendaten für die Jahre 2001 bis 2016
- [14] BMWI: Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“ (Kohlekommission der Bundesregierung) - Abschlussbericht mit Stand von Januar 2019
- [15] Destatis (2009): Abfallentsorgung 2009, erschienen im Jahr 2011
- [16] Destatis (2010): Abfallentsorgung 2010, erschienen im Jahr 2012
- [17] Destatis (2011): Abfallentsorgung 2011, erschienen im Jahr 2013
- [18] Destatis (2012): Abfallentsorgung 2012, erschienen im Jahr 2014
- [19] Destatis (2013): Abfallentsorgung 2013, erschienen im Jahr 2015
- [20] Destatis (2014): Abfallentsorgung 2014, erschienen im Jahr 2016
- [21] Destatis (2015): Abfallentsorgung 2015, erschienen im Jahr 2017
- [22] Destatis (2016): Abfallentsorgung 2016, erschienen im Jahr 2018
- [23] Destatis (2017): Abfallentsorgung 2017, erschienen im Jahr 2019
- [24] ITAD: Anlagensteckbriefe der Mitglieds-MVA (Download von [www.itad.de](http://www.itad.de) vom 01.02.2019)

- [25] Öko-Institut e.V.: Ökologische Implikationen von thermischen Abfallbehandlungsanlagen - Aspekte der geplanten MVA Wiesbaden, Berlin, 02.07.2018
- [26] EUWID (2019): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2019 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2019
- [27] EUWID (2018): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2018 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2018
- [28] EUWID (2017): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2017 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2017
- [29] EUWID (2016): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2016 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2016
- [30] EUWID (2015): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2015 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2015
- [31] EUWID (2014): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2014 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2014
- [32] EUWID (2013): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2013 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2013
- [33] EUWID (2012): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2012 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2012
- [34] EUWID (2011): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2011 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2011
- [35] EUWID (2010): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2010 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2010
- [36] EUWID (2009): EUWID Recycling und Entsorgung – Entsorgungsmarkt für Siedlungsabfälle, Marktbericht 2009 mit Behandlungspreisen für Siedlungs- und Gewerbeabfälle in MVA 2009
- [37] IFEU Institut: Vollständige Darstellung einer hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz; UFOPLAN-Forschungsbericht 205 33 311, UBA-Texte 16/08, Umweltbundesamt, Oktober 2007
- [38] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle; ABL. EU vom 22.11.2008 L 312/3
- [39] Referenzdokument zu den besten verfügbaren Techniken für die Abfallverbrennung (BREF Abfallverbrennung), bezeichnet als BVT-Merkblatt Abfallverbrennung; veröffentlicht im ABl. der EU im August 2006
- [40] Höchstmengen nicht eingehalten Die BSR verbrennt zu viel Müll in Berlin, Berliner Zeitung vom 12. März 2019
- [41] Berliner Stadtreinigung verklagt den Senat, Berliner Morgenpost vom 12. Juni 2019
- [42] ITAD-Jahresbericht 2018, erschienen im Jahr 2019
- [43] EUWID: Destatis-Zahlen: 7 aktuelle Trends in der Siedlungsabfall-Entsorgung, Ausgabe: 30/2019 vom 23. Juli 2019
- [44] EUWID: Entwurf für neues KrWG konkretisiert Vorgaben zur Produktverantwortung, Ausgabe: 30/2019 vom 23. Juli 2019
- [45] Dehoust et al.: Umweltpotenziale der getrennten Erfassung und des Recyclings von Wertstoffen im Dualen System, Bilanz der Umweltwirkungen; Berlin, September 2016
- [46] Christiani: Recyclinggerechtes Design, Vortrag auf dem Wissensforum „Biobasierte Kunststoff-Verpackungen“ Nürnberg; 25. September 2018

- [47] Dehne et al.: Stoffstromorientierte Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen, UBA Texte 18/2015; Dessau-Roßlau, März 2015
- [48] NABU: Mehr Biotonne braucht das Land, <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/abfall-und-recycling/bioabfall/biomuell.html>, 08.08.2019
- [49] Destatis: Bevölkerung, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/inhalt.html>, 20.07.2019
- [50] Hüttner et al.: Leitfaden zur hochwertigen Behandlung und Verwertung von Bio- und Grüngut im Freistaat Thüringen – Materialband -, Witzenhausen, Juni 2019
- [51] Knappe et al.: Hochwertige Verwertung von Bioabfällen – Ein Leitfaden, Baden Württemberg, Stuttgart, 205
- [52] Hahnenkamp & Tuminski: Untersuchung zur optimierten stofflichen Verwertung von Sperrmüll- insbesondere Matratzen, Teppiche/Teppichböden und Kunststoffe – aus Haushaltungen unter Berücksichtigung der gemeinsamen Behandlung mit gewerblichen Sperrmüllanteilen, Osnabrücker Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH, Januar 2017; <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-31221.pdf> 08.07.2019
- [53] De Kringwinkel: „Wie kringt die Wint“ - De Kringwinkelsector 2017
- [54] EU-Kommission: Einweg-Kunststoff-Richtlinie (Richtlinie 2019/904/EU)
- [55] cyclos-htp: Wie gut lässt sich Ihre Verpackung recyceln? Klassifizieren, Begutachten, Testieren, Optimieren, [http://cyclos-htp.de/fileadmin/templates/pdf/flyer\\_cyclos\\_htp2014\\_deutsch.pdf](http://cyclos-htp.de/fileadmin/templates/pdf/flyer_cyclos_htp2014_deutsch.pdf) 13.05.2019
- [56] Abfallwirtschaftsbetrieb München (AWM): Abfallvermeidungskonzept 2017 - Sitzungsvorlage Nr. 14-20 / V 08731, Kurzübersicht zum Beschluss des Kommunalausschusses als Werkausschuss für den Abfallwirtschaftsbetrieb München vom 23.05.2017 (SB + VB)
- [57] Berlin: Mehrwegbecher-to-go, <https://betterworldcup.de/die-karte/n> 08.07.2019
- [58] Bürgerhaushalt Stuttgart: Stuttgarter Kaffeebecher-Mehrwegsystem einführen, <https://www.buergerhaushalt-stuttgart.de/vorschlag/42631> 08.07.2019
- [59] Starbucks: Recycling der Starbucks Becher und Müllvermeidung, <https://www.starbucks.de/responsibility/environment/recycling> 08.07.2019
- [60] Merkur.de: Bereits in zwei deutschen Städten: McDonald's nimmt gravierende Änderung vor, 30.08.2018, <https://www.merkur.de/wirtschaft/heidelberg-mcdonalds-hilft-mehrweg-kampagne-fuehrt-recup-system-zr-10182903.html> 08.07.2019
- [62] Utopia: McDonalds: Kaffeebecher aus Porzellan und Glas statt Pappe, 10.08.2017, <https://utopia.de/mcdonalds-becher-verpackung-pappe-porzellan-glas-einweg-60285/> 08.07.2019
- [63] Hamburger Abendblatt: So funktioniert Hamburgs neues Pfandsystem für Kaffeebecher, 13.04.2018, <https://www.abendblatt.de/hamburg/article214002795/So-funktioniert-Hamburgs-neues-Pfandsystem-fuer-Kaffeebecher.html> 08.07.2019
- [64] Österreichisches Umweltzeichen: Coffee to go in circles- Wiener Walzer für Kaffeebecher!, <https://www.umweltzeichen.at/de/produkte/haushalt-reinigung/coffee-to-go-in-circles-wiener-walzer-fuer-kaffeebecher> 08.07.2019
- [65] Rall: Stuttgarter Kaffee-Kreisel, Konzept zum Aufbau und Betrieb eines Mehrwegbecher-Systems für „Coffee-to-go“ in ein soziales, lokales Ökosystem der Kreislaufwirtschaft in Stuttgart, Duale Hochschule Baden-Württemberg, 2017
- [66] Der Standard: Coffee to go - Wien stellt Rückgabeautomaten für Mehrwegbecher auf, 13.12.2018, <https://www.derstandard.at/story/2000093861966/kaffee-im-mehrwegbecher-wien-stellt-rueckgabeautomaten-auf>, 09.07.2019

- [67] Deutsche Umwelthilfe: Coffee to go-Einwegbecher – Umweltauswirkungen und Alternativen - Hintergrundpapier der Deutschen Umwelthilfe, 01.09.2015, [https://www.duh.de/uploads/tx\\_duhdownloads/DUH\\_Coffee-to-go\\_Hintergrund\\_01.pdf](https://www.duh.de/uploads/tx_duhdownloads/DUH_Coffee-to-go_Hintergrund_01.pdf) 09.07.2019
- [68] Dehoust et al.: Möglichkeiten der Ökologisierung der Siedlungsabfallentsorgung im Regierungsbezirk Düsseldorf, Freiburg/Darmstadt 2000
- [69] Hoeß et al.: Entwicklung illegaler Ablagerungen bei Einführung eines Identensystems – Eine Fallstudie Landkreis Kitzingen, Müll und Abfall, 09.2014, [https://www.abfallwelt.de/fileadmin/Abfallwelt/Dokumente/Abfallwirtschaftskonzept/pro2010\\_Ident-System/2014\\_Fachartikel\\_Entwicklung\\_illegaler\\_Ablagerungen\\_bei\\_Einfuehrung\\_eines\\_Ident-systems\\_Muell\\_und\\_Abfall.pdf](https://www.abfallwelt.de/fileadmin/Abfallwelt/Dokumente/Abfallwirtschaftskonzept/pro2010_Ident-System/2014_Fachartikel_Entwicklung_illegaler_Ablagerungen_bei_Einfuehrung_eines_Ident-systems_Muell_und_Abfall.pdf), 15.07.2019
- [70] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Abfallvermeidungsprogramm des Bundes unter Beteiligung der Länder, Bonn/Berlin, Juli 2013; [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/abfallvermeidungsprogramm\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/abfallvermeidungsprogramm_bf.pdf) 15.07.2019
- [71] Senatsverwaltung Berlin: Abfallwirtschaftskonzept für Siedlungs- und Bauabfälle sowie Klärschlämme, Planungszeitraum 2020 bis 2030, Stand Januar 2019
- [72] Senat Berlin: Erste Verwaltungsvorschrift zur Änderung der Verwaltungsvorschrift für die Anwendung von Umweltschutzanforderungen bei der Beschaffung von Liefer-, Bau- und Dienstleistungen (Verwaltungsvorschrift Beschaffung und Umwelt – VwVBU) Vom 23. Februar 2016
- [73] Landeshauptstadt München: Abfallwirtschaftskonzept 2017 – 2026 Landeshauptstadt München, April 2017, [https://www.awm-muenchen.de/fileadmin/PDF-Dokumente/awm/2017\\_AWM\\_Abfallwirtschaftskonzept.pdf](https://www.awm-muenchen.de/fileadmin/PDF-Dokumente/awm/2017_AWM_Abfallwirtschaftskonzept.pdf), 15.07.2019
- [74] Verband kommunaler Unternehmen e.V. (VKU): VKS-News – Schwerpunkt: Abfallvermeidung, März, 2019
- [75] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Nationales Programm für nachhaltigen Konsum Gesellschaftlicher Wandel durch einen nachhaltigen Lebensstil, Januar 2019, [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/nachhaltiger\\_konsum\\_broschuer\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nachhaltiger_konsum_broschuer_bf.pdf), 16.07.2019
- [76] Umweltbundesamt (UBA): Nachhaltiger Konsum in Deutschland, <https://www.k-n-k.de>, 16.07.2019
- [77] Freie und Hansestadt Hamburg (FHH): Abfallwirtschaftsplan Siedlungsabfälle 2017 - Fortschreibung des Abfallwirtschaftsplans Siedlungsabfälle 2007, November 2017, [https://www.hamburg.de/contentblob/8069992/d5304cfd9435bdf6caddff6024af0b8b/data/d-awp-siedlungsabfaelle-2017\).pdf](https://www.hamburg.de/contentblob/8069992/d5304cfd9435bdf6caddff6024af0b8b/data/d-awp-siedlungsabfaelle-2017).pdf), 16.07.2019
- [78] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und Umweltbundesamt (UBA): EcoDesignKit, <https://www.ecodesignkit.de>, 16.07.2019
- [79] Beschaffungsamt des BMI: Kompetenzstelle für nachhaltige Beschaffung, <http://www.nachhaltige-beschaffung.info>; 20.07.2019
- [80] Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ): Kompass Nachhaltigkeit, <https://www.kompass-nachhaltigkeit.de>, 20.07.2019
- [81] Umweltbundesamt (UBA): Strategien gegen Obsoleszenz - Sicherung einer Produktmindestlebensdauer sowie Verbesserung der Produktnutzungsdauer und der Verbraucherinformation, Position, November 2017, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017\\_11\\_17\\_uba\\_position\\_obsoleszenz\\_dt\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017_11_17_uba_position_obsoleszenz_dt_bf.pdf), 20.07.2019

- [82] Siddharth et al.: Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“, Öko-Institut e.V., Universität Bonn, UBA-Texte 11/2016, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte\\_11\\_2016\\_einfluss\\_der\\_nutzungsdauer\\_von\\_produkten\\_obsoleszenz.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf); 20.11.2018
- [83] A.R.T.: Verursachergerechte Abfallgebühren ab 2020, 09.08.2019, <https://art-trier.de/eo/cms?sprache=de&bereich=artikel&aktion=detail&idartikel=308424>, 10.08.2019
- [84] Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU): Abfallberatung bei Geschoßwohnanlagen Fachtagung am 17. Juli 2000, <https://www.abfallratgeber.bayern.de/publikationen/abfallberatung/doc/wohnanl.pdf>, und Ergebnisse der Diskussion in den Arbeitsgruppen, [https://www.abfallratgeber.bayern.de/publikationen/abfallberatung/doc/wohnanl\\_ag.pdf](https://www.abfallratgeber.bayern.de/publikationen/abfallberatung/doc/wohnanl_ag.pdf), 20.07.2019
- [85] Schneider: Bioabfallsammlung in Ballungsräumen – Flächendeckung sinnvoll?; Müll und Abfall, März 2011; [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/75191/mua\\_20110304.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/75191/mua_20110304.pdf), 02.08.2019
- [86] Bilitewski/Kügler: Altpapier vom Abfall zum Rohstoff; Müll und Abfall, April 2010; [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/13558/mua\\_20100403.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/13558/mua_20100403.pdf), 02.08.2019
- [87] Lebesorger: Abfallwirtschaft in Mehrfamilienhäusern Rahmenbedingungen und deren Wirkungsweise, Dezember 2008; [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/13313/mua\\_20081207.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/13313/mua_20081207.pdf), 02.08.2019
- [88] Geißler/Kügler: Abfall vermeiden – Gebühren sparen? Möglichkeiten verursachergerechter Abfallgebühren, Müll und Abfall, Oktober 2004, [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/12800/mua\\_20041001.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/12800/mua_20041001.pdf), 02.08.2019
- [89] Müll und Abfall: AFU-Studie zeigt: Viele Wertstoffe landen im Abfall statt in der Sammelstelle; Mai, 2014, [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/115799/mua\\_20140511.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/115799/mua_20140511.pdf), 03.08.2019
- [90] Verbücheln/Pichl: Auswirkungen des demografischen Wandels auf die kommunale Kreislaufwirtschaft, Müll und Abfall, April 2018, [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/142414/mua\\_20180405.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/142414/mua_20180405.pdf), 03.08.2019
- [91] Einzmann et al.: Lenkungsfunktion der Abfall- und Abfallgebührensatzungen, Müll und Abfall, August 2001, [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/12602/mua\\_20010805.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/12602/mua_20010805.pdf), 03.08.2019
- [92] Werle/Schmidt: Behälteridentifikation und Gebührentransparenz, Müll und Abfall, Juli 2014, [https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/116761/mua\\_20140709.pdf](https://www.muellundabfall.de/download/sid/VTIL-094502-liVO/116761/mua_20140709.pdf), 03.08.2019
- [93] Vogt et al.: Maßnahmenplan zur Umsetzung einer vorbildhaften klimafreundlichen Abfallentsorgung im Land Berlin, Heidelberg, September 2012; [https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfall/entsorgung/download/studie\\_langfassung.pdf](https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/abfall/entsorgung/download/studie_langfassung.pdf), 28.06.2019
- [94] Dehoust et al.: Beitrag der Kreislaufwirtschaft zur Energiewende - Klimaschutzpotenziale auch unter geänderten Rahmenbedingungen optimal nutzen, Berlin, Januar 2014; <https://www.oeko.de/oekodoc/1857/2014-004-de.pdf>, 30.08.2018
- [95] Dehoust/Möck: Abfallmanagement Brunnenviertel – Vergleich des Abfallaufkommens vor der Einführung des Abfallmanagements mit Müllschleusen 2009 und danach 2012, unveröffentlichter Bericht des Öko-Institut; 2019

- [96] Dehoust: Recycling ist Zukunft - Ökologische Leistungen und Potenziale des dualen Systems am Beispiel des Klimaschutzes, Vortrag auf der Konferenz: „Umwelt- und umfeldgerechte Kunststoffverpackungen“, Würzburg, April 2017
- [97] Dehoust et al.: Optimierung der Abfallwirtschaft in Hamburg unter dem besonderen Aspekt des Klimaschutzes, Darmstadt, Oktober 2008
- [98] Kern et al.: „Wissenschaftliche Begleitung der Einführung von Müllschleusen in der Stadt Erfurt“; Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Witzenhausen, September 2007
- [99] ATUS GmbH: „Müllschleusen in Hamburg“, Hamburg, Juli 2007
- [100] Buchert et al.: Demografischer Wandel und Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft - Ermittlung der Auswirkungen des demografischen Wandels auf Abfallanfall, Logistik und Behandlung und Erarbeitung von ressourcenschonenden Handlungsansätzen, UBA-Texte 32/2018, [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz\\_3715\\_33\\_328\\_demografischer\\_wandel\\_abfallwirtschaft\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3715_33_328_demografischer_wandel_abfallwirtschaft_bf.pdf); 16.01.2019
- [101] Abfallbilanzen der Bundesländer: Auswertung der öR-scharfen Abfallbilanzen der Länder von 2017 und ersatzweise vereinzelt 2016, in Bezug auf Abfalldaten, Einwohnerzahlen und Flächengröße von 309 öR (unveröffentlicht)
- [102] Steger et al.: Stoffstromorientierte Ermittlung des Beitrags der Sekundärrohstoffwirtschaft zur Schonung von Primärrohstoffen und Steigerung der Ressourcenproduktivität, Wuppertalinstitut/Öko-Institut/u.e.c.; UBA Texte 34/2019
- [103] Timpe: Wege zum Klimaschutz, Ringvorlesung „Identifying the Blind Spots“, Freiburg, Juni 2019
- [104] Bundesregierung: Das Energiekonzept der Bundesregierung 2010 und die Energiewende 2011; Stand: Oktober 2011; [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept\\_bundesregierung.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf)
- [105] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erneuerbare Energien in Zahlen, Berlin, Juli 2012
- [106] Hermann: Kohleausstieg und Kraft-Wärme-Kopplung? Eine besondere Herausforderung?!, Berliner Energietage, Berlin, Mai 2019; <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/BET2019-Hermann2.pdf>, 05.08.2019
- [107] DIW, Wuppertal-Institut, Ecologic, DIE BEENDIGUNG DER ENERGETISCHEN NUTZUNG VON KOHLE IN DEUTSCHLAND, Berlin 2018
- [108] Falkenberg et al.: EVALUIERUNG DER KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG, Analysen zur Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung in einem Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien, Berlin, April 2019; [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-der-kraft-waerme-kopplung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluierung-der-kraft-waerme-kopplung.pdf?__blob=publicationFile&v=4), 20.08.2019
- [109] Thomann-Busse: Ex und hopp - Das ist unser Müll; <https://www.zdf.de/nachrichten/heute/ex-und-hopp-100.html>, 05.08.2019
- [110] Richter: Ökologisch Wickeln - Die Windeln und der lästige Müll; [https://www.deutschlandfunkkultur.de/oekologisch-wickeln-die-windeln-und-der-laestige-muell.976.de.html?dram:article\\_id=426049](https://www.deutschlandfunkkultur.de/oekologisch-wickeln-die-windeln-und-der-laestige-muell.976.de.html?dram:article_id=426049), 05.08.2019
- [111] Recycling Industrie: Diaper recycling technology works on an industrial scale for the first time, Oktober 2017, <https://www.recyclind.com/eng/2163/diaperrecyclingtechnologyworksonanindustrialscalefortheirsttime/>, 12.08.2019

- [112] P&G: New Era in Circular Economy: Launching a Unique Recycling Technology "Made in the EU" that Upcycles Nearly 100 % of Used Diapers, <https://www.pgnewsroom.co.uk/press-release/uk-news-releases/new-era-circular-economy-launching-unique-recycling-technology-made-e>, 12.08.2019
- [113] Knappe et al.: Optimierung der Verwertung organischer Abfälle, UBA Texte 31/2012, Dessau-Roßlau, Juli 2012, <http://www.uba.de/uba-info-medien/4310.html>, 13.08.2019
- [114] Glaz und Sander: Glaz T., Sander I.: Von Vorbehalten bis zur Vorreiterrolle. In: Müll und Abfall (2) 2019
- [115] Werner & Mertz: Werner und Mertz GmbH: Wir für Recyclat, 2018 <https://www.wir-fuer-recyclat.de/de/mehr-erfahren/pe-recyclat.html> (abgerufen am 05.04.2019)
- [116] Werner & Mertz: Frosch Verpackung macht einen großen Sprung vorwärts in der Kreislaufwirtschaft, 10.09.2019, [https://werner-mertz.de/Pressecenter/Presstexte/Detail\\_6336.html](https://werner-mertz.de/Pressecenter/Presstexte/Detail_6336.html) (abgerufen am 13.08.2019)
- [117] Handelsblatt: Putzmittelmarke Frosch ist Vorreiter beim Plastikrecycling, 23.03.2019, <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/mittelstand/familienunternehmer/reinhard-schneider-putzmittelmarke-frosch-ist-vorreiter-beim-plastikrecycling/24134248.html?ticket=ST-6257323-7UVekLd3utBecmOIN4DJ-ap3> (abgerufen am 13.08.2019)
- [118] Pehnt et al.: 7-03-17 Untersuchung zu Primärenergiefaktoren - Endbericht - Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWi, Heidelberg, Berlin, 23. April 2018, <https://www.gih.de/wp-content/uploads/2019/05/Untersuchung-zu-Prim%C3%A4renergiefaktoren.pdf> (abgerufen am 04.09.2019)
- [119] Die Bundesregierung: Eckpunkte für das Klimaschutzprogramm 2030, Fassung nach Klimakabinett, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975202/1673502/768b67ba939c098c994b71c0b7d6e636/2019-09-20-klimaschutzprogramm-data.pdf?download=1> (abgerufen am 20.09.2019)

**Tabelle 11-1: Ausgewählte Strukturdaten der 66 Müllverbrennungsanlagen in Deutschland**

lfd. Nr.	Bundesland	Region	Anlagenname/ Ort	Inbetriebnahme- jahr	Anzahl Linien	Anlagenkapazität (Mg/a)	Eigentümer <sup>1</sup>	Betreiber <sup>2</sup>	FWL (MW) <sup>3</sup>	Energieabgabe <sup>4</sup>	let. Mod. Linie 1 <sup>5</sup>	let. Mod. Linie 2 <sup>6</sup>	let. Mod. Linie 3 <sup>7</sup>	let. Mod. Linie 4 <sup>8</sup>	let. Mod. Linie 5 <sup>9</sup>	let. Mod. Linie 6 <sup>10</sup>	näch. Mod. 30a <sup>11</sup>	betroffene Anlagenkapazität (Mg/a)
1	HB	Nord	MHW Bremen	1969	4	550.000	K	K	221	KWK	2007	2005	2003	2001	-	-	2031	-
2	HB	Nord	MHKW Bremerhaven	1977	4	401.000	PPP	PPP	140	KWK	1977	1977	1977	-	-	-	2007	401.000
3	HH	Nord	MVA Borsigstraße	1994	2	320.000	P	P	115	KWK	1994	1994	-	-	-	-	2024	320.000
4	HH	Nord	MVA Rugenberger Damm	1999	2	320.000	PPP	PPP	120	KWK	1999	1999	-	-	-	-	2029	320.000
5	NI	Nord	MVA Hameln	1977	4	350.000	P	P	171	KWK	2009	2006	1993	1984	-	-	2023	116.667
6	NI	Nord	TRV Buschhaus - Helmstedt	1998	3	525.000	P	P	173	S	2005	1998	1998	-	-	-	2028	350.000
7	NI	Nord	MVA Salzbergen	2004	1	130.000	P	P	47	KWK	2004	-	-	-	-	-	2034	-
8	NI	Nord	MVA Hannover	2005	2	280.000	P	P	105	S	2005	2005	-	-	-	-	2035	-
9	NI	Nord	MVA Emlichheim/ Coevorden	2008	2	454.176	P	P	152	S	2008	2008	-	-	-	-	2038	-
10	SH	Nord	MHKW Tormesch	1974	2	80.000	PPP	PPP	29	KWK	1987	1987	-	-	-	-	2017	80.000
11	SH	Nord	MVA Stapelfeld	1979	2	350.000	P	P	116	KWK	1998	1979	-	-	-	-	2028	350.000
12	SH	Nord	MVA Neustadt	1984	1	56.000	PPP	PPP	24	KWK	1984	-	-	-	-	-	2014	56.000
13	SH	Nord	MHKW Kiel	1996	2	140.000	K	?	44	KWK	1996	1996	-	-	-	-	2026	140.000
14	NW	West	MVA Düsseldorf	1965	6	450.000	PPP	PPP	139	KWK	1995	1991	1991	1990	1989	1989	2019	450.000
15	NW	West	MVA Hagen	1966	3	157.680	PPP	PPP	-	KWK	1996	1996	1996	-	-	-	2026	157.680
16	NW	West	MVA Solingen	1969	2	175.000	K	K	67	KWK	2004	1993	-	-	-	-	2023	87.500
17	NW	West	MHKW Iserlohn	1970	3	295.000	K	K	102	KWK	1996	1989	1988	-	-	-	2018	196.667
18	NW	West	MHKW Leverkusen	1970	3	280.320	K	K	84	KWK	2011	1986	1970	-	-	-	2016	186.880
19	NW	West	GMVA Niederrhein (Oberhausen)	1972	4	700.000	PPP	PPP	267	KWK	2005	1997	1996	1984	-	-	2026	525.000
20	NW	West	MKVA Krefeld	1975	2	375.000	K	K	163	KWK	2010	1997	-	-	-	-	2027	187.500
21	NW	West	MVA Wuppertal	1976	5	400.000	K	K	186	KWK	2012	2006	1998	1997	1995	-	2025	250.000
22	NW	West	MVA Bielefeld-Herford	1981	3	400.000	PPP	PPP	180	KWK	1996	1996	1996	-	-	-	2026	400.000
23	NW	West	RZR Herten	1982	4	600.000	K	K	208	KWK	2009	2009	1990	1982	-	-	2015	150.000
24	NW	West	MVA Hamm	1985	4	295.000	K	PPP	-	KWK	1985	1985	1985	1985	-	-	2015	295.000
25	NW	West	MHKW Essen	1987	4	745.000	P	P	-	KWK	1993	1987	1987	1987	-	-	2017	745.000
26	NW	West	MVA Bonn	1992	3	315.000	K	K	86	KWK	1992	1992	1992	-	-	-	2022	315.000
27	NW	West	MVA Weisweiler - Eschweiler	1996	3	360.000	K	K	-	KWK	1996	1996	1996	-	-	-	2026	360.000
28	NW	West	MVA Kamp-Lintfort - Wesel	1997	2	270.000	K	K	99	KWK	1997	1997	-	-	-	-	2027	270.000
29	NW	West	RMVA Köln	1998	4	780.000	PPP	PPP	224	KWK	1998	1998	1998	1998	-	-	2028	780.000

lfd. Nr.	Bundesland	Region	Anlagenname/ Ort	Inbetriebnahme- jahr	Anzahl Linien	Anlagenkapazität (Mg/a)	Eigentümer <sup>1</sup>	Betreiber <sup>2</sup>	FWL (MW) <sup>3</sup>	Energieabgabe <sup>4</sup>	let. Mod. Linie 1 <sup>5</sup>	let. Mod. Linie 2 <sup>6</sup>	let. Mod. Linie 3 <sup>7</sup>	let. Mod. Linie 4 <sup>8</sup>	let. Mod. Linie 5 <sup>9</sup>	let. Mod. Linie 6 <sup>10</sup>	näch. Mod. 30a <sup>11</sup>	betroffene Anlagenkapazität (Mg/a)
30	HE	Südwest	AVA Frankfurt	1965	4	525.600	PPP	PPP	154	KWK	2009	2009	2006	2006	-	-	2036	-
31	HE	Südwest	MHKW Darmstadt	1967	3	212.000	K	PPP	77	KWK	1998	1991	1990	-	-	-	2021	141.333
32	HE	Südwest	MHKW Kassel	1968	2	201.250	K	K	31	KWK	1999	1997	-	-	-	-	2027	201.250
33	HE	Südwest	MHKW Offenbach	1970	3	250.000	PPP	PPP	84	KWK	1997	1996	1996	-	-	-	2026	250.000
34	RP	Südwest	MHKW Ludwigshafen	1967	3	210.000	K	K	90	KWK	1996	1989	1988	-	-	-	2018	140.000
35	RP	Südwest	MHKW Pirmasens	1998	2	180.000	P	P	70	KWK	1998	1998	-	-	-	-	2028	180.000
36	RP	Südwest	AVA Ingelheimer Aue - Mainz	2004	3	350.000	PPP	PPP	-	KWK	2009	2004	2004	-	-	-	2034	-
37	SL	Südwest	MVA Neunkirchen	1969	2	150.000	P	P	55	KWK	2001	2001	-	-	-	-	2031	-
38	SL	Südwest	AVA Velsen - Saarbrücken	1997	2	255.000	K	PPP	83	S	1997	1997	-	-	-	-	2027	255.000
39	BW	Süd	MVA Mannheim	1965	3	650.000	P	P	263	KWK	2009	2003	1997	-	-	-	2027	216.667
40	BW	Süd	RMHKW Stuttgart	1965	3	420.000	P	P	193	KWK	2007	2007	1994	-	-	-	2024	140.000
41	BW	Süd	MHKW Göppingen	1975	1	157.680	P	P	57	KWK	1998	-	-	-	-	-	2028	157.680
42	BW	Süd	MHKW Ulm	1997	2	165.000	K	K	-	KWK	1997	1997	-	-	-	-	2027	165.000
43	BW	Süd	RMHKW Böblingen	1999	2	157.000	P	K	58	KWK	1999	1999	-	-	-	-	2029	157.000
44	BW	Süd	TREA Breisgau - Freiburg	2005	1	185.000	P	P	61	KWK	2005	-	-	-	-	-	2035	-
45	BY	Süd	MHKW Rosenheim	1964	1	100.000	K	K	28	KWK	1989	-	-	-	-	-	2019	100.000
46	BY	Süd	MVA Geiselbullach - Olching	1975	3	120.000	K	K	44	KWK	1985	1985	1975	-	-	-	2015	120.000
47	BY	Süd	MVA Ingolstadt	1977	3	225.000	K	K	99	KWK	1996	1996	2002	-	-	-	2026	150.000
48	BY	Süd	MHKW Bamberg	1978	3	145.000	K	K	53	KWK	2009	2008	2007	-	-	-	2037	-
49	BY	Süd	MKW Schwandorf	1982	4	450.000	K	K	205	KWK	1994	1982	1982	1982	-	-	2012	450.000
50	BY	Süd	MHKW München-Nord	1983	4	685.000	K	K	172	KWK	1992	1992	1983	1983	-	-	2022	685.000
51	BY	Süd	MHKW Würzburg	1984	3	200.000	K	K	102	KWK	1998	1984	1984	-	-	-	2014	200.000
52	BY	Süd	MHKW Coburg	1988	2	142.000	K	K	52	KWK	1988	1988	-	-	-	-	2018	142.000
53	BY	Süd	MKW Weißenhorn - Neu Ulm	1991	2	105.000	K	K	48	S	1991	1991	-	-	-	-	2021	105.000
54	BY	Süd	AVA Augsburg	1994	3	255.000	PPP	PPP	75	KWK	1994	1994	1994	-	-	-	2024	255.000
55	BY	Süd	MHKW Burgkirchen	1994	2	230.000	K	K	-	KWK	1994	1994	-	-	-	-	2024	230.000

lfd. Nr.	Bundesland	Region	Anlagenname/ Ort	Inbetriebnahme- jahr	Anzahl Linien	Anlagenkapazität (Mg/a)	Eigentümer <sup>1</sup>	Betreiber <sup>2</sup>	FWL (MW) <sup>3</sup>	Energieabgabe <sup>4</sup>	let. Mod. Linie 1 <sup>5</sup>	let. Mod. Linie 2 <sup>6</sup>	let. Mod. Linie 3 <sup>7</sup>	let. Mod. Linie 4 <sup>8</sup>	let. Mod. Linie 5 <sup>9</sup>	let. Mod. Linie 6 <sup>10</sup>	näch. Mod. 30a <sup>11</sup>	betroffene Anlagenkapazität (Mg/a)
56	BY	Süd	GKW Schweinfurt	1994	3	196.806	PPP	PPP	62	KWK	1994	1994	1994	-	-	-	2024	196.806
57	BY	Süd	MVA Kempten	1996	1	160.000	P	K	53	KWK	1996	-	-	-	-	-	2026	160.000
58	BY	Süd	MVA Nürnberg	2001	3	230.000	K	K	105	KWK	2001	2001	2001	-	-	-	2031	-
59	BE	Ost	MVA Ruhleben - Berlin	1967	5	520.000	K	K	208	KWK	2012	1997	1997	1997	1997	-	2027	260.000
60	MV	Ost	MVA Ludwigslust	2005	1	50.000	P	P	16	S	2005	-	-	-	-	-	2035	-
61	SN	Ost	TA Lauta	2004	2	225.000	PPP	PPP	87	KWK	2004	2004	-	-	-	-	2034	-
62	ST	Ost	MHKW Magdeburg	2005	4	650.000	PPP	PPP	267	KWK	2006	2006	2005	2005	-	-	2035	-
63	ST	Ost	TREA Leuna	2005	2	420.000	P	P	153	KWK	2007	2005	-	-	-	-	2035	-
64	ST	Ost	MVA Zorbau	2005	2	338.000	P	P	107	KWK	2005	2005	-	-	-	-	2035	-
65	ST	Ost	EVZA Staßfurt	2008	2	380.000	P	P	111	KWK	2008	2008	-	-	-	-	2038	-
66	TH	Ost	Zella-Mehlis (RABA)	2008	1	160.000	K	K	60	KWK	2008	-	-	-	-	-	2038	-

1: P: privat, K: kommunal, PPP: Public -Private-Partnership

2: P: privat, K: kommunal, PPP: Public -Private-Partnership

3: FWL: Feuerungswärmeleistung der Anlage in MegaWatt (MW); -: keine Angaben oder keine Begrenzung vorhanden

4: S: Stromabgabe, KWK: Kraft-Wärmekoppelung

5: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

6: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

7: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

8: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

9: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

10: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

11: nächste Modernisierung einer oder mehrerer Kessellinien nach rechnerisch angenommenen 30 Jahren Betriebszeit der Kessellinie(n); rot: liegt schon in der Vergangenheit

Tabelle 11-2: Ausgewählte Strukturdaten der 32 Ersatzbrennstoffkraftwerke in Deutschland

lfd. Nr.	Bundesland	Region	Anlagenname/ Ort	Inbetriebnahme- jahr	Anzahl Linien	Anlagenkapazität (Mg/a)	Eigentümer <sup>1</sup>	Betreiber <sup>2</sup>	FWL (MW) <sup>3</sup>	Energieabgabe <sup>4</sup>	let. Mod. Linie 1 <sup>5</sup>	let. Mod. Linie 2 <sup>6</sup>	let. Mod. Linie 3 <sup>7</sup>	let. Mod. Linie 4 <sup>8</sup>	let. Mod. Linie 5 <sup>9</sup>	let. Mod. Linie 6 <sup>10</sup>	näch. Mod. 30a <sup>11</sup>	betroffene Anlagenkapazität (Mg/a)	
1	HB	Nord	EBS-KW Bremen-Blumenthal	2005	1	60.000	PPP	P	31	KWK	2005	-	-	-	-	-	-	2035	-
2	HB	Nord	MKK Bremen (Heizkraftwerk Hafen)	2009	1	330.000	PPP	K	121	KWK	2009	-	-	-	-	-	-	2039	-
3	NI	Nord	Weener/ Leer (KW Papierfabrik)	2008	1	120.000	P	P	-	KWK	2008	-	-	-	-	-	-	2038	-
4	SH	Nord	TEV Neumünster	2005	1	150.000	K	P	83	KWK	2005	-	-	-	-	-	-	2035	-
5	SH	Nord	Glückstadt (Papierfabrik Steinbeis)	2009	1	150.000	P	P	95	KWK	2009	-	-	-	-	-	-	2039	-
6	NW	West	Heizkraftwerk Minden	2002	1	35.000	K	P	15	KWK	2002	-	-	-	-	-	-	2032	-
7	NW	West	Lünen / WBF	2005	1	165.000	P	P	-	KWK	2005	-	-	-	-	-	-	2035	-
8	NW	West	Hürth (KW InfraServ Knapsack)	2008	2	320.000	P	P	130	KWK	2008	2008	-	-	-	-	-	2038	-
9	HE	Südwest	EBS-KW Korbach	2008	1	75.000	P	P	36	KWK	2008	-	-	-	-	-	-	2038	-
10	HE	Südwest	EBS-KW SCA Witzenhausen	2008	1	330.000	P	P	124	KWK	2008	-	-	-	-	-	-	2038	-
11	HE	Südwest	TREA Gießen	2009	1	25.000	K	K	10	KWK	2009	-	-	-	-	-	-	2039	-
12	HE	Südwest	EBS-KW Heringen	2010	2	297.600	P	P	128	KWK	2010	2010	-	-	-	-	-	2040	-
13	HE	Südwest	T2C - Industriepark FF-Höchst	2012	3	700.000	P	P	-	KWK	2012	2012	2012	-	-	-	-	2042	-
14	RP	Südwest	Andernach (KW Rasselstein)	2008	1	114.000	P	P	-	KWK	2008	-	-	-	-	-	-	2038	-
15	BW	Süd	Karlsruhe (Stora Enso-Maxau)	2012	1	100.000	P	P	-	KWK	2012	-	-	-	-	-	-	2042	-
16	BY	Süd	Augsburg (Industriepark Gersthofen)	2009	1	90.000	P	P	35	KWK	2009	-	-	-	-	-	-	2039	-

lfd. Nr.	Bundesland	Region	Anlagenname/ Ort	Inbetriebnahme- jahr	Anzahl Linien	Anlagenkapazität (Mg/a)	Eigentümer <sup>1</sup>	Betreiber <sup>2</sup>	FWL (MW) <sup>3</sup>	Energieabgabe <sup>4</sup>	let. Mod. Linie 1 <sup>5</sup>	let. Mod. Linie 2 <sup>6</sup>	let. Mod. Linie 3 <sup>7</sup>	let. Mod. Linie 4 <sup>8</sup>	let. Mod. Linie 5 <sup>9</sup>	let. Mod. Linie 6 <sup>10</sup>	näch. Mod. 30a <sup>11</sup>	betroffene Anlagenkapazität (Mg/a)
17	MV	Ost	EBS-KW Stavenhagen	2007	1	90.000	P	P	49	KWK	2007	-	-	-	-	-	2037	-
18	MV	Ost	EBS-KW Hagenow	2009	1	80.000	P	P	35	KWK	2009	-	-	-	-	-	2039	-
19	MV	Ost	Rostock	2010	1	230.000	P	P	87	KWK	2010	-	-	-	-	-	2040	-
20	BB	Ost	Industrieheizkraftwerk Premnitz I	2001	1	152.680	P	P	56	KWK	2001	-	-	-	-	-	2022	152.680
21	BB	Ost	Rüdersdorf (IKW)	2008	1	226.000	P	P	110	S	2008	-	-	-	-	-	2038	-
22	BB	Ost	Großräschen (KW Sonne)	2008	1	258.750	P	P	102	KWK	2008	-	-	-	-	-	2038	-
23	BB	Ost	Schwedt (KW Leipa)	2011	1	200.000	P	P	136	KWK	2011	-	-	-	-	-	2041	-
24	BB	Ost	Eisenhüttenstadt	2011	1	225.000	P	P	150	KWK	2011	-	-	-	-	-	2041	-
25	BB	Ost	Industrieheizkraftwerk Premnitz II	2008	1	150.000	P	P	48	KWK	2008	-	-	-	-	-	2038	-
26	SN	Ost	Spremberg (KW Schwarze Pumpe)	2012	1	240.000	P	P	110	KWK	2012	-	-	-	-	-	2042	-
27	ST	Ost	EBS-KW Amsdorf	2004	2	120.000	P	P	-	KWK	2004	2004	-	-	-	-	2034	-
28	ST	Ost	EBS-KW Bernburg	2009	3	480.000	P	P	210	KWK	2009	2009	2009	-	-	-	2039	-
29	ST	Ost	EBS-KW Bitterfeld	2010	1	130.000	PPP	P	56	KWK	2010	-	-	-	-	-	2040	-
30	ST	Ost	HKW Braunsbedra	2000	1	60.000	P	P	-	-	2000	-	-	-	-	-	2030	-
31	TH	Ost	Erfurt-Ost	2006	1	80.000	K	P	26	KWK	2006	-	-	-	-	-	2036	-
32	TH	Ost	Rudolstadt (KW Jass Papier)	2007	1	60.000	P	P	29	D	2007	-	-	-	-	-	2037	-

1: P: privat, K: kommunal, PPP: Public –Private-Partnership

2: P: privat, K: kommunal, PPP: Public -Private-Partnership

3: FWL: Feuerungswärmeleistung der Anlage in MegaWatt (MW) ; -: keine Angaben oder keine Begrenzung vorhanden

4: S: Stromabgabe, D: Dampf, KWK: Kraft-Wärmekoppelung

5: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

6: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

7: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

8: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

9: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

10: letzte Modernisierung (Generalinstandsetzung) der kompletten Kessellinie

11: nächste Modernisierung einer oder mehrerer Kessellinien nach rechnerisch angenommenen 30 Jahren Betriebszeit der Kessellinie(n); rot: liegt schon in der Vergangenheit.