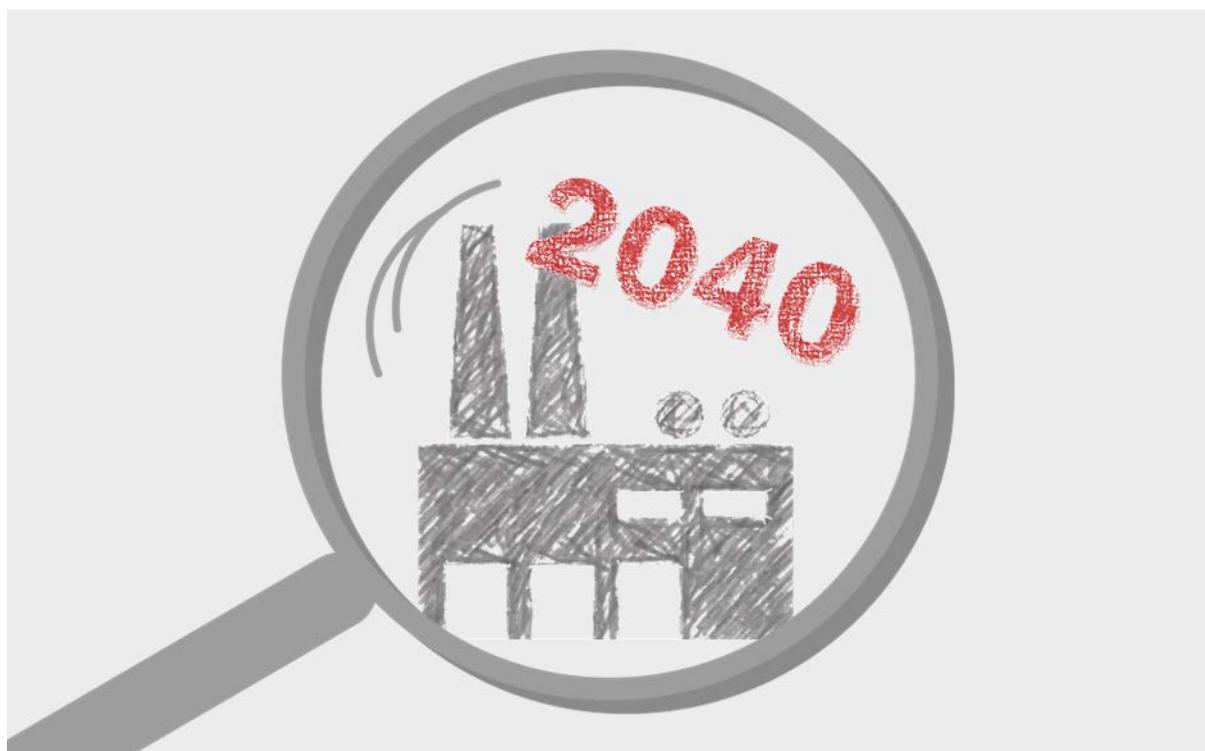


Studie

---

# Perspektiven der thermischen Abfallbehandlung - Roadmap 2040 -

---



Studie

---

# Perspektiven der thermischen Abfallbehandlung - Roadmap 2040 -

---

**Von**

Dr. Jochen Hoffmeister (Prognos AG)  
Dr. Bärbel Birnstengel (Prognos AG)  
Arno Häusler (Prognos AG)

Prof. Martin Faulstich (TU Dortmund)

**Im Auftrag der**

ITAD – Interessengemeinschaft der  
Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in  
Deutschland e.V.

**Abschlussdatum**

August 2020

## Das Unternehmen im Überblick

### Prognos – wir geben Orientierung.

Wer heute die richtigen Entscheidungen für morgen treffen will, benötigt gesicherte Grundlagen. Prognos liefert sie – unabhängig, wissenschaftlich fundiert und praxisnah. Seit 1959 erarbeiten wir Analysen für Unternehmen, Verbände, Stiftungen und öffentliche Auftraggeber. Nah an ihrer Seite verschaffen wir unseren Kunden den nötigen Gestaltungsspielraum für die Zukunft – durch Forschung, Beratung und Begleitung. Die bewährten Modelle der Prognos AG liefern die Basis für belastbare Prognosen und Szenarien. Mit rund 150 Experten ist das Unternehmen an acht Standorten vertreten: Basel, Berlin, Bremen, Brüssel, Düsseldorf, Freiburg, München und Stuttgart. Die Projektteams arbeiten interdisziplinär, verbinden Theorie und Praxis, Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Unser Ziel ist stets das eine: Ihnen einen Vorsprung zu verschaffen, im Wissen, im Wettbewerb, in der Zeit.

**Geschäftsführer**  
 Christian Böllhoff

**Präsident des Verwaltungsrates**  
 Dr. Jan Giller

**Handelsregisternummer**  
 Berlin HRB 87447 B

**Umsatzsteuer-Identifikationsnummer**  
 DE 122787052

**Rechtsform**  
 Aktiengesellschaft nach schweizerischem  
 Recht; Sitz der Gesellschaft: Basel  
 Handelsregisternummer  
 CH-270.3.003.262-6

**Gründungsjahr**  
 1959

**Arbeitsprachen**  
 Deutsch, Englisch, Französisch

**Hauptsitz**  
**Prognos AG**  
 St. Alban-Vorstadt 24  
 4052 Basel | Schweiz  
 Tel.: +41 61 3273-310  
 Fax: +41 61 3273-300

**Weitere Standorte**  
**Prognos AG**  
 Goethestr. 85  
 10623 Berlin | Deutschland  
 Tel.: +49 30 5200 59-210  
 Fax: +49 30 5200 59-201

**Prognos AG**  
 Domshof 21  
 28195 Bremen | Deutschland  
 Tel.: +49 421 845 16-410  
 Fax: +49 421 845 16-428

**Prognos AG**  
 Résidence Palace, Block C  
 Rue de la Loi 155  
 1040 Brüssel | Belgien  
 Tel: +32 280 89-947

**Prognos AG**  
 Werdener Straße 4  
 40227 Düsseldorf | Deutschland  
 Tel.: +49 211 913 16-110  
 Fax: +49 211 913 16-141

**Prognos AG**  
 Heinrich-von-Stephan-Str. 23  
 79100 Freiburg | Deutschland  
 Tel.: +49 761 766 1164-810  
 Fax: +49 761 766 1164-820

**Prognos AG**  
 Nymphenburger Str. 14  
 80335 München | Deutschland  
 Tel.: +49 89 954 1586-710  
 Fax: +49 89 954 1586-719

**Prognos AG**  
 Eberhardstr. 12  
 70173 Stuttgart | Deutschland  
 Tel.: +49 711 3209-610  
 Fax: +49 711 3209-609

info@prognos.com | www.prognos.com | www.twitter.com/prognos\_ag

---

## Inhaltsverzeichnis

---

Tabellenverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XII
<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>XV</b>
<b>1 Aufgaben und Ziele der „Roadmap TAB 2040“</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Untersuchungsansatz	1
1.2 Einbindung der TAB in die Kreislaufwirtschaft	3
1.2.1 Status quo der TAB im Jahr 2017	3
1.2.2 Einbindung der TAB in die Circular Economy	6
1.2.3 Nachhaltige Entwicklung der TAB	7
1.3 Ziele und Inhalte der Roadmap	8
<b>2 Ausgangssituation der TAB im Jahr 2019</b>	<b>10</b>
2.1 Kapazitäten in MVA und EBS-Kraftwerke in Deutschland	10
2.1.1 Aktuelle Kapazitäten und absehbare Entwicklungen	10
2.1.2 In MVA und EBS-Kraftwerken behandelte Mengen	15
2.1.3 Importe und Exporte brennbarer Abfälle	17
2.2 Erzeugung von Strom und Wärme	19
2.3 Zusätzliche Systemdienstleistungen der TAB für die Energiewirtschaft	25
2.4 Mitverbrennung in Zement- und Kohlekraftwerken	26
2.5 Sonderabfall-, Klärschlamm- und Altholzverbrennung	30
2.6 Aktuelle Wettbewerbssituation zur TAB	33
<b>3 Status quo Prognose zur Mengenentwicklung für die TAB</b>	<b>37</b>
3.1 Überblick über die Einflussfaktoren für die Mengenentwicklung	37

3.1.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	38
3.1.2	Demografische Einflussfaktoren	40
3.1.3	Wirtschaftliche Einflussfaktoren	42
3.1.4	Zusammenhang von Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen	44
3.2	Methodische Vorgehensweise	45
3.3	Ergebnisse der Status quo Prognose	47
<b>4</b>	<b>Veränderungen in den Mengenströmen durch die Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen</b>	<b>53</b>
4.1.1	Szenario 1: Umsetzung des Verpackungsgesetzes	53
4.1.2	Szenario 2: Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung für gemischte Gewerbeabfälle	58
4.1.3	Szenario 3: Umsetzung der getrennten Bioabfallerfassung aus Haushalten	64
4.1.4	Zusammenfassung der Szenarien zur Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen	67
<b>5</b>	<b>Bewertung weiterer Potenziale für die Behandlung in TAB</b>	<b>73</b>
5.1	Potenziale zur thermischen Behandlung aus der Stilllegung von Kohlekraftwerken	73
5.2	Potenzielle Auswirkungen durch M(B)A-Stilllegungen / Umwidmungen	76
5.3	Einfluss der Heizwerte und des Anlagenbetriebes auf den Durchsatz der TAB	78
5.4	Zusätzliche Stoffströme zur Behandlung in den TAB	80
5.4.1	Klärschlämme aus der Abwasserbehandlung	81
5.4.2	Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugaufbereitung	84
5.4.3	Feinfraktionen aus gemischten Bau- und Abbruchabfällen	86
5.4.4	POP-haltige Abfälle	87
5.5	Auswirkungen von zu erwartenden Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen	88
5.5.1	Veränderung und Erhöhung der Recyclingquoten sowie Umstellung der Berechnungsmethodik	88
5.5.2	Potenziale aus der Europäischen Arbeitsteilung	93

5.6	Ausgewählte Einflussfaktoren auf die Kosten und Erlöse der TAB	96
5.7	Zusammenfassung der Ergebnisse und Abgleich mit der Status Quo Prognose	98
<b>6</b>	<b>Künftige abfallwirtschaftliche, infrastrukturelle und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für den Betrieb der TAB - Roadmap 2040</b>	<b>103</b>
6.1	Erweiterung des Aufgabenspektrums der TAB	103
6.1.1	Rückblick	103
6.1.2	Status quo	104
6.1.3	Künftige Marktentwicklungen	105
6.1.4	Bilanzierung der marktseitigen Rahmenbedingungen	107
6.1.5	Aktuelle Entwicklungen für die Erweiterung des künftigen Aufgabenspektrums der TAB	108
6.1.6	Veränderungen im urbanen Umfeld der TAB	110
6.2	Wirtschaftlichkeit und Perspektiven der TAB	112
6.2.1	Ausgangssituation	112
6.2.2	Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2040	112
6.2.3	Gründe für die kontinuierliche Modernisierung der TAB	114
	Weitergehende Erläuterungen zu den wesentlichen Grundlagen und Ergebnissen der Untersuchung	117
	Quellenverzeichnis	126

---

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1	Summe der in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle aus dem In- und Ausland im Jahr 2017	5
Tabelle 2:	Zusammenfassung der Annahmen für die Kapazitätsentwicklung	15
Tabelle 3:	In thermischen Anlagen im Jahr 2017 behandelte Abfälle	33
Tabelle 4:	Annahmen für die Status quo Prognose	48
Tabelle 5:	Aufkommen und Verwertungswege für Verpackungsabfälle im Jahr 2017*	54
Tabelle 6:	Annahmen für Szenario 1 - Umsetzung des Verpackungsgesetzes („VerpackG“)	55
Tabelle 7:	Inlandsaufkommen* gemischter Gewerbeabfälle im Jahr 2017	59
Tabelle 8:	Annahmen für Szenario 2 - Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung („GewAbfV“)	61
Tabelle 9:	Annahmen für das Szenario 3 - Umsetzung der getrennten Bioabfallerefassung aus Haushalten („Bioabfall“)	65
Tabelle 10:	Zusammenfassende Übersicht des Aufkommens an Abfallmengen für die TAB und Kapazitäten unter Berücksichtigung der primären Wettbewerbssituation	71
Tabelle 11:	Entwicklung der genehmigten Mitverbrennungskapazitäten in Kohlekraftwerken	73
Tabelle 12:	Entwicklung der genehmigten Kapazitäten in mechanisch-(biologischen) Abfallbehandlungsanlagen*	77
Tabelle 13:	Annahmen für das Szenario 4 - Umsetzung der Output-basierten Berechnungs- methodik für Siedlungsabfälle unter Berücksichtigung der Umsetzung der GewAbfV und des VerpackG	91
Tabelle 14:	Zusammenfassung der Ergebnisse und Abgleich mit der Status Quo Prognose	102
Tabelle 15:	Modernisierungsbedarf in Mio. t Kapazität	113

Tabelle 16:	Ergebnis der Status quo Prognose 2040	120
Tabelle 17:	Ergebnis der Szenarien zum Recycling	121
Tabelle 18:	Ergebnis der Szenarien zur Verlagerung von Abfallmengen aus anderen Entsorgungswegen	122
Tabelle 19:	Ergebnis der Kapazitätsentwicklung	123
Tabelle 20:	Ergebnis der Prognose der tatsächlich verfügbaren Kapazitäten	124

---

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Ergebnisvergleich der Abfallmengenprognosen und Kapazitätsbetrachtungen	XVII
Abbildung 2:	Abgrenzung des Gesamtmarktes und der Teilmärkte für (potenziell) thermisch zu verwertende Abfälle (illustrativ)	2
Abbildung 3:	Einbindung der TAB in die Stoffkreisläufe	4
Abbildung 4:	Grundzüge und Akteure der Circular Economy	6
Abbildung 5:	Standorte von thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland	11
Abbildung 6:	Entwicklung der TAB-Kapazitäten 1990 - 2019	12
Abbildung 7:	Zusammensetzung der in MVA und EBS-Kraftwerken 2017 behandelten Abfälle*	16
Abbildung 8:	Entwicklung der in TAB thermisch verwerteten Mengen 2011 - 2017	16
Abbildung 9:	Importe und Exporte der relevanten AVV-Nr. zur direkten thermischen Behandlung*	18
Abbildung 10:	Energieproduktion und Energieexport der ITAD Mitgliedsanlagen	21
Abbildung 11:	Entwicklung der in Zementwerken thermisch behandelten Abfälle	28
Abbildung 12:	Standorte und Planungen von Klärschlammmonoverbrennungsanlagen in Deutschland	31
Abbildung 13:	Übersicht über die Wettbewerbssituation und die Teilmärkte der TAB	34
Abbildung 14:	Übersicht der Haupteinflussfaktoren	37
Abbildung 15:	Bevölkerungsentwicklung bis 2040	41
Abbildung 16:	Entwicklung und Zusammensetzung der privaten Konsumausgaben	42
Abbildung 17:	Entwicklung der Bruttowertschöpfung bis 2040	43

Abbildung 18:	Zusammenhang von Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen	44
Abbildung 19:	Methodische Vorgehensweise	46
Abbildung 20:	Ergebnisse Status quo Prognose	49
Abbildung 21:	Auswirkungen des Szenario 1 - Umsetzung des Verpackungsgesetzes („VerpackG“) auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle	56
Abbildung 22:	Auswirkungen des Szenario 2 - Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung („GewAbfV“) auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle	63
Abbildung 23:	Auswirkungen des Szenario 3 - Umsetzung der getrennten Bioabfallerrfassung aus Haushalten auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle	66
Abbildung 24:	Zusammenfassung: Auswirkungen der Szenarien zur Umsetzung der gesetzlichen Rahmenbedingungen auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle	68
Abbildung 25:	Abhängigkeit zwischen Kapazität der Anlage und Heizwert der Abfälle	79
Abbildung 26:	Entwicklung des thermischen Behandlungsbedarfs für Klärschlämme aus der kommunalen Abwasserbehandlung (Trockenmasse)	82
Abbildung 27:	Auswirkungen des Szenario 4 - Umsetzung der Output-basierten Berechnungs- methodik für Siedlungsabfälle unter Berücksichtigung der Umsetzung der GewAbfV und des VerpackG auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle	92
Abbildung 28:	Anteil der Deponierung von Siedlungsabfällen in den EU-Mitgliedsstaaten 2018	94
Abbildung 29:	Hauptherkunftsländer für Abfallimporte an brennbaren Abfällen* 2010 bis 2018	95
Abbildung 30:	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Status quo Prognose und den Mengen-Szenarien sowie Abgleich mit den zur Verfügung stehenden Kapazitäten	101
Abbildung 31:	Modernisierungskosten für die TAB bis zum Jahr 2040 in Mrd. € (Mittelwert)	113

Abbildung 32:	Übersicht über die Wettbewerbssituation und die Teilmärkte der TAB	118
Abbildung 33:	Zusammensetzung der in MVA und EBS-Kraftwerken 2017 behandelten Abfälle*	119

---

## Abkürzungsverzeichnis

---

AbfKlärV	Klärschlammverordnung
AbfRRL	EU-Abfallrahmenrichtlinie
AVV	Abfallverzeichnisverordnung
AzB	Abfälle zur Beseitigung
AzV	Abfälle zur Verwertung
BattG	Batteriegelgesetz
BEHB	Bundes-Emissionshandelsgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BioAbfV	Bioabfallverordnung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BREF	Best Available Techniques Reference
bzw.	beziehungsweise
CCU	Carbon Capture and Utilization (CO <sub>2</sub> -Abscheidung und Verwendung)
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> Äquivalente
d.h.	das heißt
DüMV	Düngemittelverordnung
E/km <sup>2</sup>	Einwohner je Quadratkilometer
EBS-KW	Ersatzbrennstoff-Kraftwerk
EEG	Erneuerbare Energie Gesetz
EHS	Europäisches Emissionshandelsgesetz
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
EU	Europäische Union
GewAbfV	Gewerbeabfallverordnung

GJ	Gigajoule
GWh	Gigawattstunde
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
i. d. R.	in der Regel
kg/E	Kilogramm je Einwohner
kg/E*a	Kilogramm je Einwohner pro Jahr
kJ/kg	Kilojoule je Kilogramm
KKW	Kohlekraftwerk
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
KVA	Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
M(B)A	Mechanisch-(biologische) Abfallbehandlungsanlage
MVA/MHKW	Müllverbrennungsanlage/ Müllheizkraftwerk
Mrd. €	Milliarden Euro
MWh	Megawattstunde
NRW	Nordrhein-Westfalen
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
örE	Öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger
POP	Persistente organische Schadstoffe
PPK	Papier, Pappe, Kartonagen
SAV	Sonderabfallbehandlungsanlage
t	Tonnen
t <sub>TM</sub>	Tonnen Trockenmasse
t/a	Tonnen pro Jahr
t <sub>TM</sub> /a	Tonnen Trockenmasse pro Jahr (Trockenmasse ist die Masse des Klärschlammes ohne Wasseranteil)

TAB	Thermische Abfallbehandlungsanlage <i>(im Rahmen dieser Studie für die Behandlung von Abfällen in MVA und EBS-Kraftwerken verwendet)</i>
TASi	Technische Anleitung Siedlungsabfälle
THG	Treibhausgase
Tsd.	Tausend
UBA	Umweltbundesamt
VerpackG	Verpackungsgesetz
z. T.	zum Teil

---

## Zusammenfassung der Ergebnisse

---

In den nächsten Jahren stehen bei vielen kommunalen und privaten Eigentümern von **Thermischen Abfallbehandlungsanlagen**<sup>1</sup> (TAB) **Entscheidungen** über den **Ersatz** bzw. die **Modernisierung** von einzelnen **Verbrennungslinien** bzw. ganzer **Anlagen** an. Vor dem Hintergrund der hohen **Investitionskosten** und der **Langfristigkeit** der Entscheidungen werden an vielen einzelnen Standorten, aber auch in Form von bundesweiten Betrachtungen, schon seit längerem Diskussionen über die Frage geführt, wie viele **Kapazitäten** bzw. Anlagen künftig in Deutschland notwendig sein werden, um dauerhaft die **Sicherheit** für die Entsorgung von Siedlungsabfall sowie von Gewerbe- und Industrieabfällen gewährleisten zu können.

Vor diesem Hintergrund hat die **Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.** (ITAD) die Prognos AG in Zusammenarbeit mit Prof. Martin Faulstich mit der Erstellung der vorliegenden Untersuchung „Perspektiven der thermischen Abfallbehandlung - Roadmap 2040“ beauftragt<sup>2</sup>. Die Roadmap beschreibt die Entwicklung der Auslastung der Anlagen bis zum Jahr 2040 und betrachtet die absehbaren Veränderungen des Aufgabenspektrums der thermischen Abfallbehandlung aus unterschiedlichen Perspektiven.

Die erzielten **Untersuchungsergebnisse** lassen sich zu den nachfolgend dargestellten **9 Thesen** zusammenfassen. Um den Umfang der Zusammenfassung komprimiert zu halten, finden sich weitergehende Informationen und Erläuterungen in einem gesonderten Kapitel am Ende des Berichtes.

1.

**Die Thermische Abfallbehandlungsanlagen  
→ werden bis zum Jahr 2040 weiterhin ausgelastet sein.**

Die Analysen und Prognosen der Mengen- und Kapazitätsentwicklungen für den Zeitraum bis zum Jahr 2040 unterliegen naturgemäß gewissen **Schwankungsbreiten**. Unsicherheiten ergeben sich beispielsweise durch **unvorhergesehene Entwicklungen**, die zu einem signifikanten Absinken der Wirtschaftsleistung führen. Ein deutlich verringertes Aufkommen an Gewerbe- und Industrieabfällen konnte als Folge der **Weltwirtschaftskrise** im Jahr 2008 beobachtet werden und ist auch jetzt in der **Corona-Krise** erkennbar. Nach solchen Ereignissen steigt das Abfallaufkommen in der Regel aber wieder auf das „vor Krisen-Niveau“, so dass die Auswirkungen auf die **langfristigen Entwicklungen** voraussichtlich gering bzw. nicht nachhaltig sind.

In dieser Studie werden nur die Abfallarten betrachtet, die für den **primären Wettbewerbsmarkt der TAB** von Relevanz sind. Das in den zum primären Wettbewerbsmarkt gehörenden Anlagen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Unter diesen Begriff fallen im Rahmen dieser Studie die Müllverbrennungsanlagen (MVA) und Ersatzbrennstoff-Kraftwerke (EBS)

<sup>2</sup> Die vorliegende Studie berücksichtigt auf Grund der langfristigen Perspektive nicht die kurz- und mittelfristigen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Effekte der Corona-Krise. Derzeit ist zudem noch nicht absehbar, welche Auswirkungen insgesamt auf die Abfallwirtschaft zukommen werden.

<sup>3</sup> Der primäre Wettbewerbsmarkt der TAB umfasst neben den TAB auch anteilig Kapazitäten der Zement- und Kohlekraftwerke (sofern vergleichbare Abfallfraktionen wie in den TAB mitverbrannt werden) und M(B)A, die noch über Restabfallverträge verfügen.

behandelte Aufkommen dieser Abfallarten betrug im Jahr 2017 insgesamt **34,51 Mio. t**, davon wurden **26,17 Mio. t** in TAB energetisch verwertet und zu einem kleinen Teil auch beseitigt.

Die **konservativ durchgeführte Bilanzierung** der relevanten Abfallarten und der zur Verfügung stehenden Kapazitäten kommt zu dem Ergebnis, dass im Jahr 2040 **mindestens** mit einer **Vollauslastung der TAB** zu rechnen sein wird. Die Prognose der relevanten Abfallarten zeigt einen Rückgang der Abfallmengen von 34,51 Mio. t. auf **33,44 Mio. t** im Jahr 2040. Dieses Ergebnis resultiert aus den nachfolgenden **drei Entwicklungen**, die auf der Zeitachse parallel zueinander verlaufen werden:

- Die Menge an thermisch zu behandelndem Siedlungsabfall sowie Gewerbe- und Industrieabfall wird in der Status quo Prognose **allein** auf Grund der **demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung** bis zum Jahr 2040 von 34,51 Mio. auf **36,76 Mio. t** ansteigen. Die Fortschreibung des Status quo des Jahres 2017 berücksichtigt keine Auswirkungen etwaiger abfallwirtschaftlicher Maßnahmen.
- Die **Umsetzung verschiedener abfallwirtschaftlicher Vorgaben** lässt bis zu Jahr 2040 einen Rückgang der relevanten Abfallmengen um **6,28 Mio. t** erwarten. Durch ein wesentlich umfassenderes Recycling wird das Mengenpotential für die TAB bis zum Jahr 2040 von 36,76 Mio. t auf **30,48 Mio. t** absinken.
- Aus der **veränderten rechtlichen Einstufung von Abfällen** und aus der **Verlagerung von Stoffströmen aus anderen Entsorgungswegen** werden bis zum Jahr 2040 **zusätzliche Abfallmengen** in Höhe von **mindestens 2,96 Mio. t** für die TAB zur Verfügung stehen. Für dieses Mengenpotenzial besteht zur thermischen Verwertung keine Alternative. Damit erhöht sich die gesamte Menge an energetisch zu verwertenden Abfällen auf eine Größenordnung von **33,44 Mio. t** im Jahr 2040.

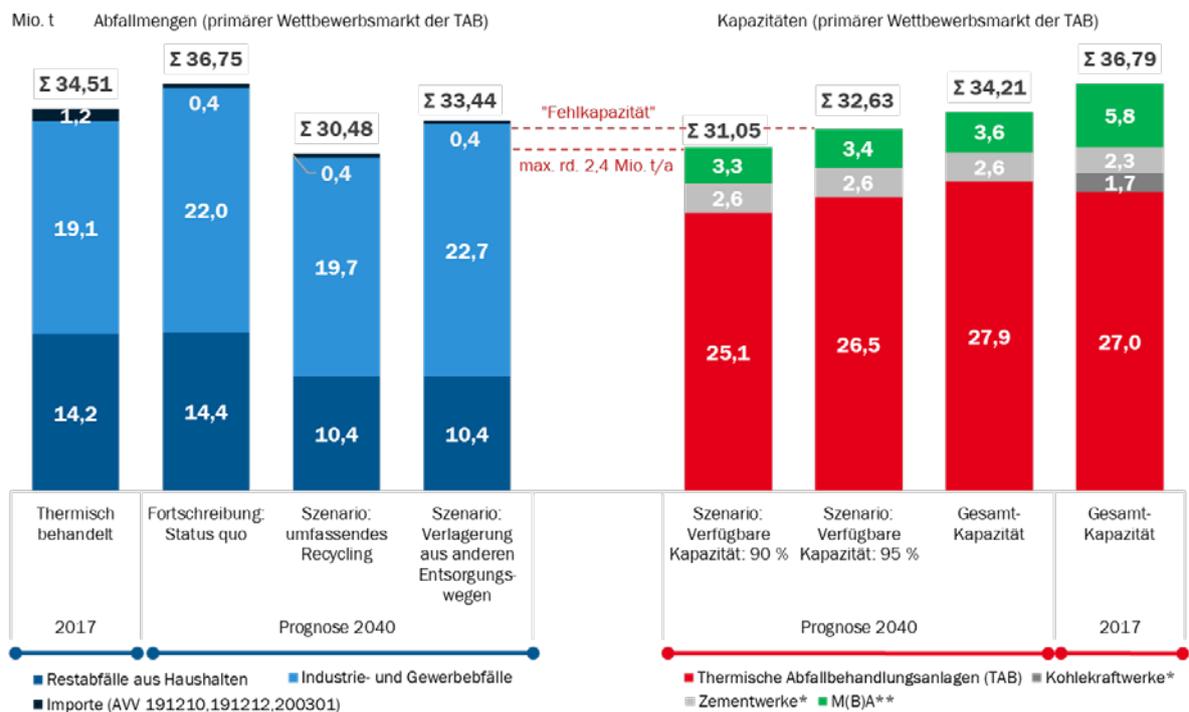
Das Potenzial der **relevanten Abfallmengen** für die TAB **verringert** sich in Folge der dargestellten Entwicklungen bis zum Jahr 2040 um insgesamt **1,07 Mio. t**.

Die Größenordnung der **Gesamtkapazität** für die Verwertung der für die TAB **relevanten Abfallmengen** wird sich bis zum Jahr 2040 von **36,79 Mio. t/a** um insgesamt 2,58 Mio. t/a auf **34,21 Mio. t/a** reduzieren. Während die thermischen Behandlungskapazitäten voraussichtlich noch leicht zunehmen werden, resultiert der **Rückgang** im Wesentlichen aus dem Wegfall der Kapazitäten für die Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen in **Kohlekraftwerken** und der Schließung/Umrüstung von **mechanisch-(biologischen) Anlagen** (M(B)A).

Bezogen auf die **betrachteten Gesamtkapazitäten** ergeben sich somit **geringe freie Kapazitäten** von **0,77 Mio. t/a** im Vergleich zu dem Aufkommen relevanter Abfallmengen von **33,44 Mio. t**. Dabei handelt es sich jedoch um eine nur **theoretisch verfügbare Größenordnung**. Berücksichtigt man für die Kapazitätsanalysen szenarisch eine **Kapazitätsreserve** zur Gewährleistung der **Entsorgungssicherheit** von nur **5 %** für Wartungs- und Revisionszeiten, Heizwertschwankungen etc., resultiert daraus bereits eine **fehlende Kapazität** von **0,81 Mio. t/a**. Realistischerweise ist auf der Grundlage jahrzehntelanger Betriebserfahrungen für die Reserve jedoch eine Größenordnung von **10 % der Gesamtkapazität** anzusetzen, um auch für kurzfristige Sondereffekte aus unvorhergesehenen Wetterereignissen oder durch einen überdurchschnittlichen Anfall an Gesundheitsabfällen Vorsorge tragen zu können. In diesem Fall würde das **rechnerische Kapazitätsdefizit** auf **2,39 Mio. t/a** im Jahr 2040 steigen.

Im Gesamtergebnis resultiert aus den unterschiedlichen Betrachtungen **mindestens eine Vollauslastung im Jahr 2040**, wahrscheinlicher ist aus heutiger Sicht jedoch ein **Fehlen von Kapazitäten**, sofern über die heute bereits bekannten Planungen **kein weiterer Zubau** erfolgt.

**Abbildung 1: Ergebnisvergleich der Abfallmengenprognosen und Kapazitätsbetrachtungen**



\* Berücksichtigung anteiliger Kapazitäten für vergleichbare Abfallfraktionen, die typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden  
 \*\* Berücksichtigung der Kapazitäten von mechanisch-biologischen, mechanisch-physikalischen sowie mechanischen Aufbereitungsanlagen, die aktuell noch Verträge für kommunale Restabfallmengen haben

## 2.

### Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen → garantieren Entsorgungssicherheit.

Derzeit garantieren insgesamt **rund 100 TAB** in Deutschland die **Entsorgungssicherheit** für Haushalte, Industrie und Gewerbe. Dies ist ein sehr wichtiger Aspekt, der durch die Gewöhnung an die kontinuierlich verfügbaren Kapazitäten und einer funktionierenden Logistik seit mehr als 15 Jahren **keine besondere Rolle** mehr in den öffentlichen Diskussionen gespielt hat. Eine wichtige Funktion der TAB ist die der **Schadstoffsenke** – ein hochwertiges Recycling ist nur möglich, wenn Schadstoffe aus den Stoffkreisläufen ausgeschleust werden können.

Im Rahmen der Gewährleistung der Entsorgungssicherheit wird auch die **Systemrelevanz der TAB** deutlich. Dies bedeutet, dass die Anlagen grundsätzlich, aber insbesondere auch in kritischen Situationen für qualifizierte **(Sonder-)Entsorgungsmaßnahmen** für ein bestimmtes, unter Umständen auch temporär höheres Abfallaufkommen zur Verfügung stehen. Dazu können kurzfristig entstehende Abfälle aus dem Gesundheitswesen (Hygienisierung), Abfälle aus extremen Wetterereignissen oder auch die Beseitigung von gefährlichen Schädlingen zählen. Lokale Entscheidungen über die Entwicklung der künftigen Kapazitäten haben vor diesem Hintergrund auch einen großen Einfluss auf die spezifische Entsorgungssicherheit der **umliegenden Regionen**.

**3.**

**Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen  
 → sorgen für Sicherheit in der Energieversorgung.**

Damit die Städte und Regionen in Zukunft weitgehend **klimaneutral** sein können, werden TAB einen **wichtigen Beitrag** in Form der Bereitstellung von Strom, Fernwärme, Prozessdampf und - je nach Entwicklung - auch Wasserstoff leisten müssen. Zu diesem Beitrag gehören auch **Energiesystemdienstleistungen**, beispielsweise zur Netzstabilität, die im Rahmen der Energiewende erforderlich werden.

Darüber hinaus gewährleisten die TAB auch die Versorgungssicherheit von **Industrieparks** und **energieintensiven Betrieben durch die Abwärmenutzung**. Die Einspeisung in lokale Fernwärmenetze wird in dem Maße **wichtiger**, wie innerstädtische oder stadtnahe Kohlekraftwerke vom Netz gehen. Insgesamt liegt die Energiebereitstellung der TAB an Strom, Fernwärme und Prozessdampf bei über 30 Mio. MWh p. a.

Die intensive **Nutzung der Abwärme** der TAB und die Substitution von fossilen Energieträgern führt nicht nur zu positiven Effekten für die **Klimabilanz**, sondern durch die Einhaltung höchster Umweltstandards bei der Abgasreinigung auch insgesamt zur **Reduzierung** der wichtigsten **Luftschadstoffe** (Feinstaub, Stickoxide, etc.).

**4.**

**Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen  
 → werden kontinuierlich modernisiert.**

Die rund **100 TAB** in Deutschland bestehen aus über 200 Verbrennungslinien. Das durchschnittliche Liniener<sup>4</sup> der Anlagen liegt bei rund 23 Jahren, das der Ersatzbrennstoff-Kraftwerke bei rund 11 Jahren. Bezogen auf ein angenommenes Alter für eine **grundlegende Sanierung** von 35 Jahren ergibt sich bis zum Jahr 2040 ein theoretischer **Modernisierungsbedarf für rund 14,7 Mio. t** TAB-Kapazitäten, dies entspricht rund **55 %** der **Gesamtkapazität**.

<sup>4</sup> bezogen auf die letzte Kesselmodernisierung

Der unterstellte Modernisierungszeitraum von 35 Jahren erlaubt jedoch **keinen direkten** Rückschluss vom Alter einzelner Anlagen auf deren **tatsächlichen Modernisierungsbedarf**. Bis zu dem Zeitpunkt einer **umfangreichen Sanierung** werden die TAB permanent gewartet, optimiert und an den aktuellen Stand der Technik und des Umweltrechtes angepasst. Erst wenn die **Grundsubstanz** (z. B. der Kessel oder die Rauchgasreinigung) ein bestimmtes Alter erreicht hat, wird ein Austausch vorgenommen. Somit ist der **Anlagenpark** der TAB in Deutschland durchgängig in einem **sehr guten Zustand**.

Entscheidend für die Frage, wie sich in den nächsten Jahren die vorhandenen Kapazitäten an TAB entwickeln, sind nicht zuletzt die **Kosten** für den **Erhalt der (Verbrennungs-) Infrastrukturen**. Auf der Grundlage von aktuellen Informationen über die jeweiligen Modernisierungskosten nach Liniengrößen ergibt sich eine **durchschnittliche Größenordnung** von aktuell **etwa 75 Mio. €** bezogen auf eine durchschnittliche Kapazität von 100.000 t/a. Aus diesen Durchschnittswerten resultiert bis zum Jahr 2040 ein **rechnerischer Investitionsbedarf** von insgesamt rund **11 Mrd. €**.

## 5.

### **Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen → unterstützen das Recycling von Haushalts- und Gewerbeabfällen.**

Ein **hochwertigeres Recycling** und die weitere Entwicklung hin zu **geschlossenen Wertstoffkreisläufen** wird nur dann möglich sein, wenn auch gesicherte **Schadstoffsenken** in Form von TAB vorhanden sind. Darüber hinaus hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass auch nachhaltige Recyclingstrukturen in Deutschland von **externen Einflüssen** kurzfristig beeinflusst werden können, so zum Beispiel **durch die Importeinschränkungen** für Kunststoffe und Kunststoffabfälle durch China, **fehlende Recyclingkapazitäten** in der EU oder **Marktverwerfungen** auf Basis volatiler Rohstoffpreise.

Ein intensiveres Recycling von **Haushalts- und Gewerbeabfällen** bedeutet auch **die Notwendigkeit von mehr Entsorgungssicherheit** für Abfallfraktionen, für die künftig nur noch die energetische Verwertung in Frage kommen wird. Daher sind auch aus Sicht der TAB-Betreiber Anstrengungen für ein nachhaltigeres Recycling sinnvoll und notwendig, um mittel- und langfristig **freie Kapazitäten** für die **zusätzlich** thermisch zu behandelnden Abfälle aus Umweltschutzmaßnahmen, veränderten Gefährdungseinstufungen, Schadstoffentfrachtungen und aus der Hygienisierung zu schaffen.

Die TAB leisten auch einen direkten Beitrag zur stofflichen Verwertung. Im Rahmen der **Aufbereitung der Schlacken** sind schon heute die Möglichkeiten gegeben, mit **innovativen Technologien** Eisen- und Nichteisen-Metalle, die **nicht getrennt** gesammelt wurden (u. a. Fehlwürfe, Metalle in Sortierresten) oder die nicht ohne weiteres aus Materialverbunden abgetrennt werden können (u. a. Metalle in Verbundstoffen), zu erfassen und auch in kleinsten Korngrößen zurückzugewinnen. Darüber hinaus wird auch die mineralische Fraktion aufbereitet und kann in technischen Bauwerken als Ersatzbaustoff genutzt werden.

## 6.

### Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen → leisten einen Beitrag zum Klimaschutz.

Die innerhalb der ITAD organisierten TAB haben im Jahr 2019 durch die Verbrennung von rund 24,1 Mio. t Siedlungs-, Industrie und Gewerbeabfällen und dem Einsatz von geringen Mengen an fossilen Energien (z. B. Gas und Öl für Zünd- und Stützbrenner) rund **9,5 Mio. t CO<sub>2eq</sub> emittiert**. Durch die Substitution von Strom, Prozessdampf und Fernwärme aus fossilen Primärenergieträgern in einer Größenordnung von **rund 32 Mio. MWh** wurden rund **13,5 Mio. t an CO<sub>2eq</sub> eingespart**. Hinzu kommen noch rund **1,2 Mio. t CO<sub>2eq</sub>**, die durch das Recycling von Metallen eingespart worden sind. Im Saldo entspricht dies einer Einsparung von **rund 5,2 Mio. t an CO<sub>2eq</sub>** durch den Betrieb allein der ITAD Mitgliedsanlagen.

Als Basis einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft sorgen die TAB ferner dafür, dass auch in **anderen Bereichen** der Kreislaufwirtschaft erhebliche **Potenziale an CO<sub>2eq</sub>** eingespart werden können. So war die Errichtung ausreichender Kapazitäten von Thermische Behandlungsanlagen beispielsweise die Voraussetzung für die Möglichkeit zur **Schließung der Deponien** für unvorbehandelte Abfälle. Dies führte nicht nur zu einem **Technologiesprung** in der Abfallwirtschaft, sondern mittlerweile auch zu einer Einsparung von rund **30 Mio. t CO<sub>2eq</sub>** gegenüber dem Jahr 1993. Auch für den Betrieb der **mechanisch- biologischen Behandlungsanlagen** sind die TAB **unerlässlich**, um die Reste und die heizwertreichen Fraktionen aus der Sortierung energetisch verwerten zu können.

## 7.

### Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen → erweitern die kommunalen Handlungsspielräume.

Für die Herbeiführung von positiven **Investitionsentscheidungen** in den nächsten Jahren wird es wichtig sein, **das heutige und künftige Aufgabenspektrum** der TAB für die Öffentlichkeit, Politik und die Entscheidungsträger nachvollziehbar aufzubereiten. Die Verantwortung für die **Modernisierung** und den **Erhalt** der vorhandenen Infrastruktur an TAB gilt nicht nur für den **engeren Bereich** der Abfallentsorgung und Energieversorgung, sondern liegt beispielsweise durch die Bereitstellung von **Systemdienstleistungen** auch im **Gesamtinteresse** der Kommunen und der Wirtschaft.

Der Erhalt und die Modernisierung der vorhandenen Kapazitäten sind aus **unterschiedlichen Gründen** notwendig. Wo **perspektivisch ohne Kapazitäten** an Thermischen Behandlungsanlagen geplant wird, gibt es auch **weniger Handlungsoptionen** im Hinblick auf die **Optimierung**

- der regionalen Kreislaufwirtschaft und der Entsorgungssicherheit,
- der örtlichen Energieversorgung und der Versorgungssicherheit,
- der Recyclingwirtschaft sowie
- einer zukunftsfähigen Infrastrukturentwicklung.

Die TAB sind zudem ein wichtiger **Arbeitgeber und Steuerzahler** in den Städten und Regionen. Im **gesamten** Marktsegment der **energetischen Verwertung** von Abfällen finden aktuell rund 18.500 Beschäftigte unterschiedlichster Qualifikationen einen sicheren und nachhaltigen Arbeitsplatz. Weitere positive **Effekte** entstehen auch durch Investitionen und die Vergabe von Dienstleistungen für die örtliche Wirtschaft und das Handwerk.

8.

**Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen  
 → sind wichtiger Teil des Green Deals in der europäischen Kreislaufwirtschaft.**

Im Hinblick auf den aktuellen „**Green Deal**“ der EU wird es voraussichtlich **neue Initiativen** zur **frühzeitigeren Schließung von Deponien** in Europa geben (müssen), da die **Reduktion** von klimarelevanten Emissionen aus der Deponierung von Abfällen und durch ein sinnvolles Recycling deutlich **günstiger** zu finanzieren ist, als Maßnahmen in vielen anderen Wirtschaftsbranchen (deutlich geringere Vermeidungskosten für CO<sub>2eq</sub>).

In der Übergangszeit bis zum Aufbau von geordneten stofflichen und energetischen Verwertungsstrukturen, insbesondere in Ost- und Südeuropa, werden im Rahmen der **Europäischen Arbeitsteilung** auch die deutschen TAB für die energetische Verwertung zur **Verfügung** stehen können, soweit freie Kapazitäten vorhanden und die Maßnahmen wirtschaftlich tragfähig sind.

Die **deutsche Kreislaufwirtschaft** kann hier für andere europäische und außereuropäische Länder Perspektiven aufzeigen und damit auch Impulse für den Export von Produkten des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus und Dienstleistungen setzen.

9.

**Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen  
 → unterstützen den Weg zu einem klimaneutralen Deutschland.**

Die Idee der **Circular Economy** geht von dem Ideal geschlossener Rohstoffkreisläufe aus, durch den geringeren Einsatz von Rohstoffen für die **Güter- und Energieproduktion** entstehen in der Folge auch deutlich **positive Effekte** für den **Klimaschutz**. Bei zunehmender Fokussierung der Politik und Wirtschaft auf die Circular Economy als neuem Leitbild der Umwelt- und Wirtschaftspolitik sind Überlegungen zur **Integration** der Thermischen Behandlungsanlagen in die komplexe Systematik der Rohstoffeinsparung ein wichtiger Schritt zur künftigen **Klimaneutralität**.

Heute leisten die TAB einen **positiven Beitrag** von 5,2 Mio. t (nur ITAD Mitgliedsanlagen) vermiedenen CO<sub>2eq</sub>-Emissionen, der in erster Linie aus den **Stromgutschriften** resultiert. Mit einem zunehmenden Anteil von **Erneuerbaren Energien** am Strommix in Deutschland werden die Gutschriften allerdings geringer, so dass im Betrachtungszeitraum sogar mit einer Belastung zu rechnen ist. Dies hängt aber auch maßgeblich von der Entwicklung der Wärmeversorgung (Gutschrift für Fernwärme und Prozessdampf) und der langfristigen Zusammensetzung des Abfalls (biogene Kunststoffe,

Kreislaufführung des Kohlenstoffs, etc.) ab. Die **wesentliche Ursache** für die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den TAB liegt in der Verbrennung von **Kunststoffanteilen**, die sich im Siedlungs- und Gewerbeabfall sowie in den Sortierresten befinden. Die Möglichkeit, den Beitrag der TAB zum Klimaschutz weiter zu steigern, wird u. a. auch davon abhängen, in welchem Maß es der Wirtschaft (z. B. der Lebensmittelindustrie, aber auch insbesondere der chemischen Industrie) gelingt, ihren Kohlenstoffbedarf durch **nicht fossile Quellen** zu substituieren<sup>5</sup>. oder durch im Kreislauf geführten Kohlenstoff zu decken. Die **Abscheidung** von CO<sub>2</sub> aus dem Reingas der thermischen Anlagen und die weitere **Nutzung des Kohlenstoffs** (CCU)<sup>6</sup> kann bzw. wird somit perspektivisch einen **positiven Beitrag** zur Kohlenstoffbewirtschaftung leisten und die klimarelevanten Emissionen aus der thermischen Behandlung von Abfällen werden weiter sinken.

Zusätzlich können die Thermischen Behandlungsanlagen neben der Erzeugung von Strom und (Fern-)Wärme auch den sich abzeichnenden Weg zur **Wasserstoff-Wirtschaft** (H<sub>2</sub>) unterstützen. Fast alle Betreiber von Thermischen Behandlungsanlagen beschäftigen sich mit dem Thema Elektrolyse. Bei **veränderten Rahmenbedingungen** kann die **Einspeisung von Wasserstoff** in separate H<sub>2</sub>-Netze<sup>7</sup> oder die direkte Nutzung durch Wasserstoff-Fahrzeuge wirtschaftlich interessant werden.

**i**

Die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen haben ihre Aufgaben innerhalb der Daseinsvorsorge in den letzten 125 Jahren kontinuierlich verändert, ihre Daseinsberechtigung dabei aber stets unter Beweis gestellt. Heute sind Investitionen in Thermischen Abfallbehandlungsanlagen nicht einfach „nur“ Investitionen in die Abfallentsorgung, sondern vielmehr in **multifunktionale technische Infrastruktureinrichtungen**.

Die Betreiber der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen werden im Rahmen ihrer unternehmerischen Verantwortung auch über die nächsten 20 Jahre hinaus sicherstellen, dass sie die unterschiedlichen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Anforderungen an die Abfallentsorgung, die Energieversorgung, den Ressourcenschutz und den Klimaschutz erfüllen können.

<sup>5</sup> DECHEMA 2019

<sup>6</sup> Carbon Capture and Utilization (CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Verwendung)

<sup>7</sup> GET 2020

---

# 1 Aufgaben und Ziele der „Roadmap TAB 2040“

---

In den nächsten Jahren müssen an vielen Standorten von Thermischen Behandlungsanlagen (TAB) auf Grund des Alters der Anlagen **Entscheidungen** über die **Stilllegung**, die **Modernisierung** oder auch den **Neubau** von Anlagen bzw. von einzelnen Linien getroffen werden. Diese Entscheidungen brauchen vor dem Hintergrund des anstehenden **Investitionsvolumens** und der **Langlebigkeit** der Infrastrukturen eine **fundierte Basis**, welche insbesondere den kommunalen Entscheidungsträgern die notwendige **Transparenz** über die absehbaren Entwicklungen im Abfallmarkt liefert.

Ein **Bewertungs- und Entscheidungsansatz für die zukünftige Notwendigkeit von TAB**, welcher sich ausschließlich auf den Vergleich von Mengen und Kapazitäten und damit rein auf die **rechnerische Auslastung** bezieht, ist für Investitionsentscheidungen zwar grundsätzlich erforderlich, wird aber alleine den **unterschiedlichen Funktionen** der TAB in der Gegenwart und in der Zukunft nicht ausreichend gerecht. Wirtschaft und Gesellschaft verändern sich, ebenso die Städte, ihr Umland sowie die Gesetzgebung und die wichtigen Infrastrukturen. Ein **erweiterter Ansatz** für die Bewertung der Notwendigkeit von TAB bis zum Jahr 2040 muss daher **zusätzlich** auch Einschätzungen zu den relevanten Entwicklungen im betrieblichen Umfeld der TAB und damit über das **Aufgabenspektrum der Zukunft** beinhalten.

## 1.1 Ausgangssituation und Untersuchungsansatz

Die „**Roadmap TAB 2040**“ verfolgt das **Ziel**, für die **Diskussion** über die Notwendigkeit und Zukunftsaufgaben der TAB eine transparenten Daten- und Informationsbasis **zur Verfügung zu stellen**. Die Roadmap

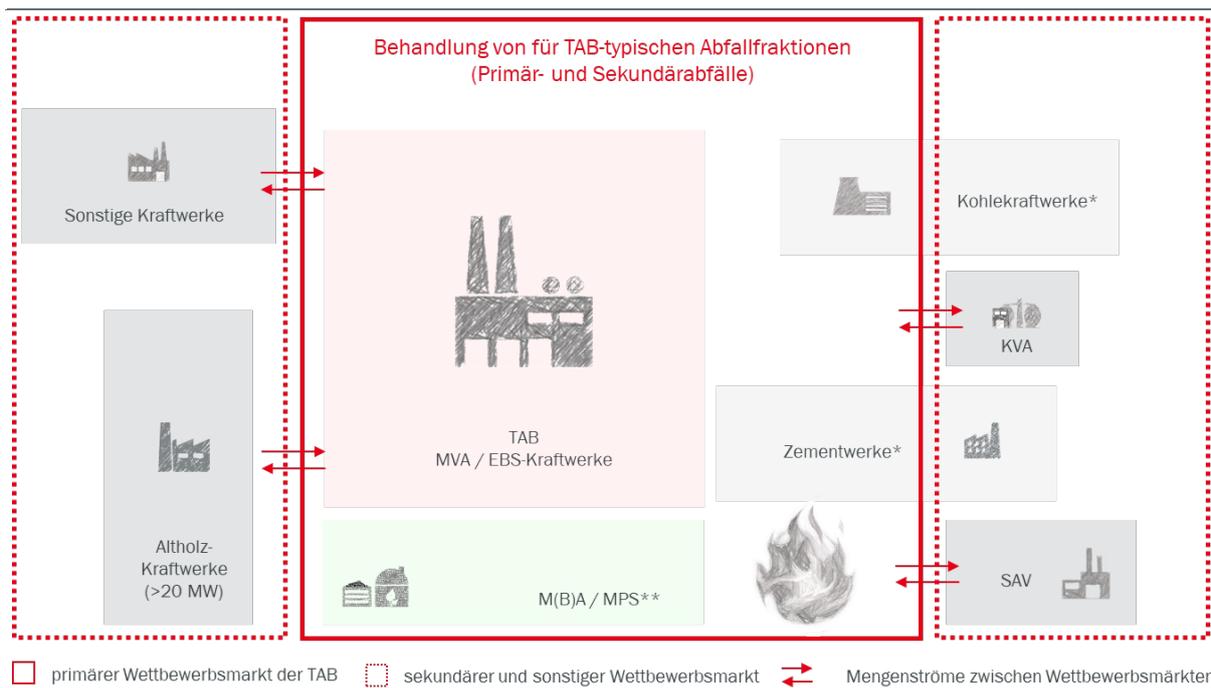
- fasst die wichtigsten abfallwirtschaftlichen Daten zusammen,
- bilanziert die künftigen Mengen und Kapazitäten,
- zeigt die wesentlichen Schnittstellen zur Energiewirtschaft auf und
- liefert abschließend einen Orientierungsrahmen für die erforderlichen Investitionen in die thermische Abfallbehandlung in den kommenden 20 Jahren.

Für diese Studie wurde ein **erweiterter Bilanzkreis** des zu untersuchenden **Abfallmarktes** gewählt, der den langjährig zu beobachten Entwicklungen Rechnung trägt. Vor gut 25 Jahren waren die Abfallmengen für die MVA noch relativ einfach zu bestimmen. Alle Abfälle waren den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern (örE) zu überlassen und die Konkurrenz bestand aus den noch laufenden Deponien. Durch die Liberalisierung der Gewerbeabfälle im Jahr 1996 entstand ein zusätzlicher Markt in privater Regie, der statistisch zwar nicht mehr über die örE erfasst wurde, aber für eine volatile Auslastung der MVA sorgte. Mit dem Bau der ersten mechanisch-biologischen Anlagen kam seit etwa dem Jahr 2000 ein neuer Mitbewerber im Hinblick auf die Entsorgungsverträge mit den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern hinzu.

Der nach Schließung der Deponien für unvorbehandelte Siedlungsabfälle für längere Zeit angespannte Abfallmarkt führte zum Bau von so genannten „Ersatzbrennstoff-Kraftwerken“, die vornehmlich Industrieunternehmen und -parks mit Energie versorgen. Die zunehmende Aufbereitung von Haushalts- und Gewerbeabfällen zu Ersatz- und Sekundärbrennstoffen führte wiederum dazu, dass sich die Teilnehmer am Abfallmarkt zusätzlich um Zementwerke und Kohlekraftwerke erweiterten. Stoffstrombeziehungen bestehen aber ebenso zu Klärschlammverbrennungs- (KVA), Altholz- und Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV).

Vor diesem Hintergrund verfolgt die Studie im Rahmen der Marktanalysen und -prognosen einen **umfassenden Ansatz**. Das bedeutet, dass **alle Beziehungen und Wechselwirkungen** der TAB mit den Kapazitäten und Mengen anderer **Marktteilnehmer** (siehe Abbildung 1) im Hinblick auf die Frage untersucht werden, welche **positiven und negativen Effekte** sich für die Auslastung der TAB durch Entwicklungen in anderen Teilmärkten ergeben. Dieser Untersuchungsansatz gewährleistet, dass alle relevanten Einflussfaktoren auf die künftige Marktentwicklung erfasst und auch in ihren gegenseitigen Wirkungen beurteilt werden können.

**Abbildung 2: Abgrenzung des Gesamtmarktes und der Teilmärkte für (potenziell) thermisch zu verwertende Abfälle (illustrativ)**



\* Berücksichtigung anteiliger Mengen und Kapazitäten für vergleichbare Abfallfraktionen, die typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden

\*\* Berücksichtigung der Kapazitäten von mechanisch-biologischen, mechanisch-physikalischen sowie mechanischen Aufbereitungsanlagen, die aktuell noch Verträge für kommunale Restabfallmengen haben.

## 1.2 Einbindung der TAB in die Kreislaufwirtschaft

### 1.2.1 Status quo der TAB im Jahr 2017

Die Funktionsfähigkeit der Kreislaufwirtschaft in Deutschland beruht auf der Arbeitsteilung unterschiedlicher Anlagen für die Sortierung, die Aufbereitung sowie die stoffliche und energetische Verwertung von Abfällen. Innerhalb dieser Arbeitsteilung und des dafür notwendigen Stoffstrommanagements nehmen die TAB eine zentrale Rolle ein.

Im Jahr 2017 wurden insgesamt **417 Mio. t Abfälle** in deutschen Abfallbehandlungsanlagen entsorgt<sup>8</sup>. Die behandelten Abfälle setzten sich aus den folgenden **Hauptherkunftsbereichen** zusammen:

- rund 221 Mio. t Bau- und Abbruchabfälle (Kapitel 17, AVV),
- rund 65 Mio. t Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen (inkl. Abfälle aus der Abwasserbehandlung, Kapitel 19, AVV),
- rund 47 Mio. t an Produktions- und Gewerbeabfällen (Kapitel 2 bis 14 und 16, AVV),
- rund 40 Mio. t Siedlungsabfälle, ohne Verpackungen (Kapitel 20, AVV),
- rund 31 Mio. t aus der Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen (Kapitel 1, AVV) und
- rund 12 Mio. t an Verpackungsabfällen aus Haushalten und Gewerbe (Kapitel 17, AVV).

Der Markt für die thermische Abfallbehandlung setzt sich im Wesentlichen aus Teilfraktionen der Siedlungsabfälle, der Produktions- und Gewerbeabfälle sowie der Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen zusammen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die differenzierten Stoffströme aus diesen drei Marktsegmenten sowie die unterschiedlichen Entsorgungswege. Die Menge von 47,9 Mio. t für die thermische Behandlung setzt sich nach unseren Analysen<sup>9</sup> zusammen aus

- rund 12,9 Mio. t an überlassungspflichtigen Abfällen aus Haushalten
- rund 2,0 Mio. t an überlassenen Abfälle
- rund 30,1 Mio. t. an Abfällen aus den frei handelbaren Industrie- und Gewerbeabfällen sowie
- rund 2,9 Mio. t an Importen.

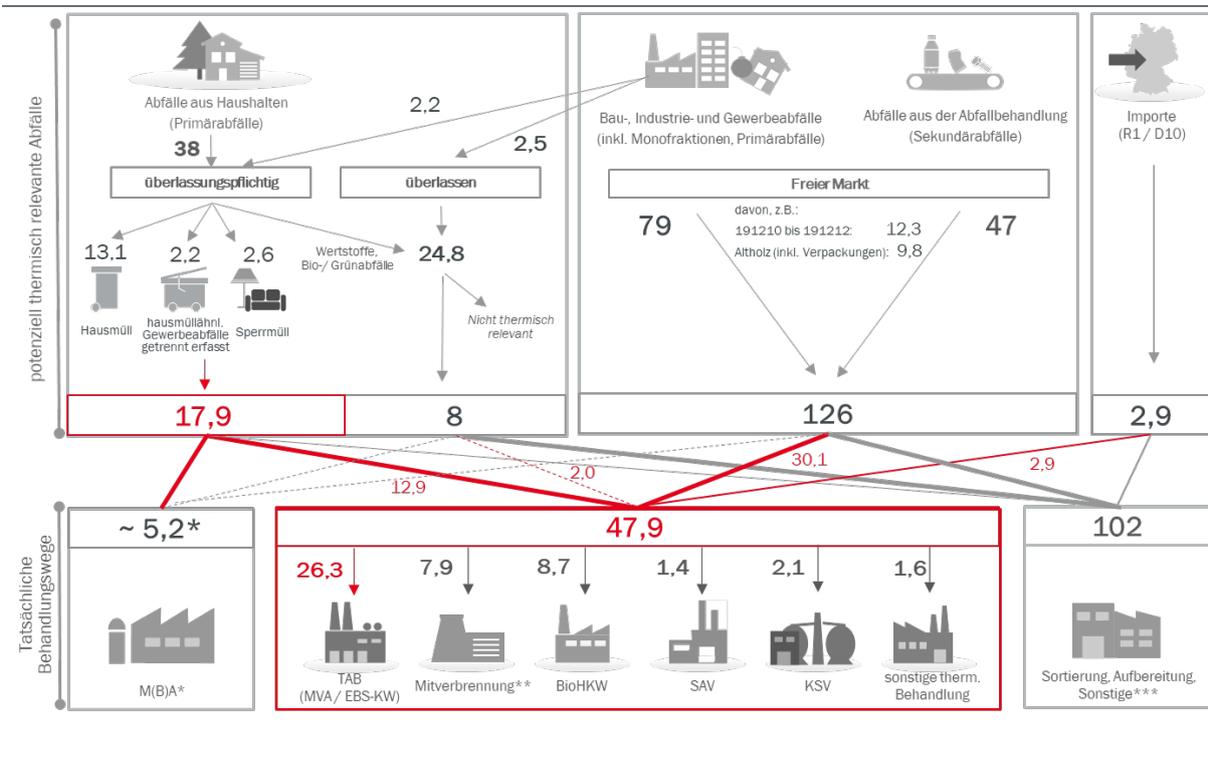
Die den **öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern** überlassenen Abfälle aus privaten Haushalten sowie aus Gewerbe und Industrie<sup>10</sup> belaufen sich in Deutschland auf rund 38 Mio. t. Aus dem gewerblichen und industriellen Bereich kommen dazu noch einmal rund 2,2 Mio. t an überlassungspflichtigen Abfällen sowie rund 2,5 Mio. t, die den örE freiwillig überlassen worden sind. Damit befinden sich im öffentlichen Regime insgesamt rund 42,7 Mio. t. Abfälle.

<sup>8</sup> Destatis 2019a; das Jahr 2017 ist das aktuelle Bezugsjahr

<sup>9</sup> auf der Grundlage von Destatis 2019a

<sup>10</sup> über die Restmüll- bzw. Pflichttonne

Abbildung 3: Einbindung der TAB in die Stoffkreisläufe



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich  
 Bilanzkreis für Abfallschlüssel, die im Jahr 2017 anteilig (tw. auch in Kleinstmengen) thermisch behandelt wurden.  
 \* berücksichtigt in Summe die MBA, MPS sowie MA, die aktuell kommunale Restabfälle behandeln  
 \*\* z. B. Kohlekraftwerke und Zementwerke  
 \*\*\* ohne MA, die kommunale Restabfälle vorbehandeln.

Quellen: eigene Darstellung Prognos AG, 2020 auf Basis Siedlungsabfallbilanzen und Destatis 2019a © Prognos 2020

Davon werden 17,9 Mio. t (= 42 %) in **M(B)A und TAB** entsorgt:

- rund 5,0 Mio. t in mechanisch-(biologischen) Behandlungsanlagen (M(B)A und
- **rund 12,9 Mio. t überwiegend in TAB**

Im so genannten „freien“ Markt der Bau-, Industrie- und Gewerbeabfälle sowie der Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, also den Abfällen, die nicht den öRE zu überlassen sind, befinden sich rund 126 Mio. t, die bezogen auf die einzelnen Abfallschlüssel mindestens anteilig thermisch behandelt wurden. Bezogen auf die Gesamtsumme wird der überwiegende Teil davon mit rund 56,1 Mio. t stofflich verwertet. Auf die **energetische Abfallverwertung** entfallen rund **30,1 Mio. t**.

Der **gesamte Markt** für die **thermische Behandlung** von Abfällen hatte im Jahr 2017 eine Größenordnung von **47,9 Mio. t**, davon entfielen rund **26,3 Mio. t** auf die **TAB**. Die restliche Menge von rund 21,6 Mio. t wurde von verschiedenen, spezialisierten Verbrennungsanlagen thermisch verwertet bzw. beseitigt.

Die Zusammensetzung und die genauen Mengen der thermisch verwerteten und beseitigten Abfälle sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

**Tabelle 1** Summe der in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle aus dem In- und Ausland im Jahr 2017

	Summe	Thermische Behandlung	
	Mio. t	Mio. t	%
<b>Input in Abfallbehandlungsanlagen insgesamt</b>	<b>417,34</b>	<b>47,87</b>	<b>11,5%</b>
<i>davon:</i>			
Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen (Kapitel 1 AVV)	31,08	< 0,01	0,0%
Bau- und Abbruchabfälle (Kapitel 17, AVV)	221,03	1,12	0,5%
Produktions- und Gewerbeabfälle (Kapitel 2 bis 14 und 16, AVV)	47,38	11,49	24,2%
Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen (Kapitel 19, AVV)	65,03	22,89	35,2%
Verpackungsabfälle (Kapitel 15, AVV)	12,34	0,76	6,1%
Siedlungsabfälle (Kapitel 20, AVV)	40,48	13,86	34,2%
<i>davon:</i>			
<i>gemischte Siedlungsabfälle (AVV 20 03 01)</i>	22,36	12,50	55,9%
<i>Sperrmüll (AVV 20 03 07)</i>	2,61	0,93	35,5%
<i>Sonstige Siedlungsabfälle</i>	15,51	0,43	2,8%

**Hinweis:**

Die Angaben beziehen sich auf die Erhebungsdaten zur Abfallbehandlung des Statistischen Bundesamtes, die alle in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Abfälle berücksichtigt (inkl. in Deutschland behandelten Abfällen aus dem Ausland). Darüber hinaus veröffentlicht das Statistische Bundesamt noch eine jährliche Abfallbilanz, die auf das inländische Abfallaufkommen nach Abfallkategorien (Abfallströmen) und Verwertungs- bzw. Beseitigungspfaden abzielt. Diese berücksichtigt neben dem Input der Inlandsmenge aller Abfallentsorgungsanlagen auch die Exporte notifizierungspflichtiger Abfälle. Da im Rahmen dieser Studie auf die im Inland behandelten Abfälle fokussiert wird, werden die Daten der Fachserie 19, Reihe 1 als Bezugsgröße herangezogen.

Quelle: Destatis 2019a

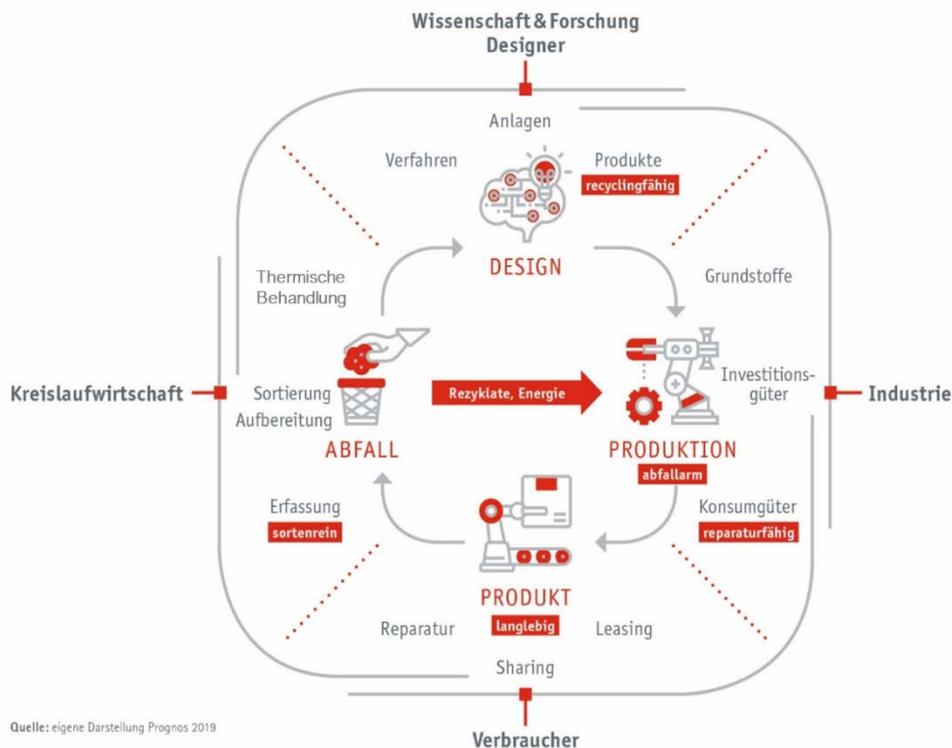
© Prognos 2020

Zusammenfassend wird deutlich, dass für die rund **153 Mio. t** an Siedlungsabfällen, Produktions- und Gewerbeabfällen sowie den Abfällen aus Abfallbehandlungsanlagen die energetische Verwertung mit einer Größenordnung von nahezu **48 Mio. t** eine wichtige Rolle im gesamten Entsorgungssystem einnimmt. Diese gilt für primär die Entsorgung der Siedlungsabfälle, aber auch maßgeblich für die Produktions- und Gewerbeabfälle sowie die nicht mehr weiter verwertbaren Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen. Die deutlich höheren Mengen in der stofflichen Verwertung zeigen zudem, dass sich die Entsorgungsart bereits heute schon weitestgehend an den Abfalleigenschaften orientiert.

### 1.2.2 Einbindung der TAB in die Circular Economy

Der Begriff der **Circular Economy**, wie er von der EU-Kommission verwendet wird, ist nicht gleichzusetzen mit der häufig verwendeten deutschen Übersetzung „Kreislaufwirtschaft“. Die Kreislaufwirtschaft nach deutschem Verständnis beinhaltet bereits wichtige Elemente einer zirkulären Wirtschaft – etwa die Abfallvermeidung, die Vorbereitung zur Wiederverwendung von Produkten oder das Recycling. Die Kreislaufwirtschaft ist aber nur ein Teilbereich der Circular Economy. Der Kreislaufwirtschaft fehlt der **grundsätzliche Anspruch**, auch die gesellschaftlichen Wertvorstellungen und das Konsumverhalten zu verändern, die Wertschöpfung zu erhöhen und eine komplette Kreislaufführung von Rohstoffen sicherzustellen und dabei nach Möglichkeit auch keine Rohstoff- und Wertverluste zuzulassen.

Abbildung 4: Grundzüge und Akteure der Circular Economy



Quellen: Prognos AG, 2019, eigene Darstellung

© Prognos 2020

Die Strategie der Circular Economy geht also von dem Ideal **geschlossener Rohstoffkreisläufe** aus, das Recycling von Wertstoffen hat allerdings wirtschaftliche, energetische, technische und ökologische Grenzen, so dass der Wirtschaftskreislauf auch künftig nicht nur auf die Zuführung von Primärrohstoffen angewiesen sein wird, sondern auch auf die Ausschleusung von Schadstoffen, um diese nachfolgend nicht im Produktkreislauf anzureichern. Außerdem ist die Substitution von fossilen Brennstoffen durch Abfälle auch Ressourcenschutz.

Für die TAB ergibt sich daraus innerhalb der Circular Economy die wichtige **Zukunftsaufgabe**, zum einen weiterhin als **Schadstoffsenke** für die gesamten Recyclingprozesse zu dienen und zum anderen im Bereich des **Metallrecyclings** und als Lieferant von mineralischen **Ersatzbaustoffen** selbst als **wichtiger Akteur** im System zu agieren. Zukünftig könnte darüber hinaus das Schließen von Kohlenstoffkreisläufen eine bedeutendere Rolle spielen.

### 1.2.3 Nachhaltige Entwicklung der TAB

Die TAB werden immer wichtigere Akteure für die nachhaltige Entwicklung der gesamten Kreislaufwirtschaft. Als Folge der gesetzgeberischen Veränderungen und der technologischen Innovationen der letzten Jahre und einem immer stärkeren Bewusstsein der Politik, der Wirtschaft und der Gesellschaft für die Konsequenzen wirtschaftlichen Handelns, fühlen sich auch die TAB den **Prinzipien der Nachhaltigkeit** verpflichtet. Eine nachhaltige Entwicklung kann nur durch die gleichzeitige und gleichberechtigte Realisierung von umweltbezogenen, wirtschaftlichen und sozialen Zielen erreicht werden. Diese Ziele sind für die TAB und die Kreislaufwirtschaft gleichermaßen Herausforderung und Agenda. Die quantitativen und qualitativen Erfolge auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise werden kontinuierlich nachgehalten und veröffentlicht.<sup>11</sup>

Bei der Projektfinanzierung legen die Banken zunehmenden Wert auf die Nachhaltigkeit. Dies gilt gleichermaßen für die Ziele der eigenen Geschäftsentwicklung wie auch für die Formulierung der anzulegenden Kriterien für Projektförderungen bzw. -finanzierungen. Für die anstehenden Investitionskosten der Kreislaufwirtschaft in die Modernisierung, Erweiterung und Qualifizierung des Anlagenparks sowie in die Vermeidung von THG-Emissionen ist daher die Frage der Nachhaltigkeit der Kreislaufwirtschaft insgesamt und im speziellen der TAB von großer Bedeutung.

Die TAB tragen zur nachhaltigen Entwicklung der Kreislaufwirtschaft in unterschiedlicher Weise bei:

- Die TAB garantieren eine kostengünstige und hochwertige Entsorgung für Bürger, Gewerbe und Industrie.
- Die TAB gewährleisten die Entsorgungssicherheit für kommunale sowie gewerbliche und industrielle Abfälle und tragen somit auch zu einer stabilen wirtschaftlichen Entwicklung der Regionen bei.
- Die TAB nutzen die Abwärme aus der energetischen Verwertung für die Stromerzeugung und die Auskopplung von Fernwärme und Prozessdampf, was in erheblichem Umfang Primärenergieträger substituiert.
- Die TAB sind als einziges Abfallbehandlungsverfahren in der Lage, die organischen Schadstoffe vollständig zerstören, anorganische Schadstoffe sicher ausschleusen sowie Gesundheits- und Schädlingsabfälle zu hygienisieren. Damit sind die TAB ein unverzichtbarer Baustein einer nachhaltigen Abfallwirtschaft.
- Die TAB leisten wichtige Beiträge zum Klimaschutz durch Kreislaufwirtschaft in einer Größenordnung von mehreren Mio. t CO<sub>2eq</sub>.

<sup>11</sup> so z.B. Prognos 2018a, ITAD 2018.

- Die TAB in Deutschland ermöglichen im Rahmen einer internationalen Arbeitsteilung den kontinuierlichen Aufbau von Recyclingstrukturen in Ländern, die bislang noch überwiegend bzw. ausschließlich deponieren und so bedeutende Mengen an Methan erzeugen.

Als Arbeitgeber tragen die TAB die direkte soziale Verantwortung für über 7.000 Beschäftigte, selbstverständliche Grundlage dafür ist die gute und tarifkonforme Bezahlung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Durch die Bereitstellung von hochwertigen Ausbildungsplätzen, das soziale Engagement der TAB und die Information der Öffentlichkeit zu wichtigen Fragen der Abfallentsorgung sind die Unternehmen wichtige Akteure für die nachhaltige Entwicklung der Kommunen und Regionen.

### 1.3 Ziele und Inhalte der Roadmap

Das **Ziel** der Roadmap besteht in der Erstellung einer qualifizierten Einschätzung des künftigen Bedarfs und der künftigen Aufgaben von TAB im Rahmen der **Kreislauf- und Recyclingwirtschaft**, der Energiewende und auch der Verkehrswende. Die Einschätzung der Bedarfsentwicklung basiert zum einen auf einer Status quo Prognose der Abfallmengenentwicklung und zum anderen auf Bewertungen der Auswirkungen verschiedener Einflussfaktoren auf die künftig thermisch zu behandelnden Mengen.

Auf der anderen Seite werden die absehbaren Veränderungen im Bereich der Kapazitäten der energetischen Verwertung von Abfällen dargestellt. Die „Roadmap 2040“ beschreibt abschließend die verschiedenen Entwicklungen auf der Zeitachse und formuliert den notwendigen Handlungsbedarf zur Sicherstellung ausreichender TAB-Kapazitäten für die Zukunft.

Die **Bestandsaufnahme** beinhaltet die Darstellung von aktuellen Informationen insbesondere zu den thermisch behandelten Mengen und den Kapazitäten der TAB sowie der Erzeugung von Strom und Wärme in Deutschland. Des Weiteren wird auch auf **weitere Funktionen** der TAB eingegangen, beispielsweise für den Energiemarkt, den Klimaschutz, die Kreislaufwirtschaft, die Kohlenstoff (C)-Kreisläufe oder auch die Verringerung von Einträgen in die Ökosysteme). Um eine **vollständige Informationsgrundlage**, nicht zuletzt auch zum Verständnis der nachfolgenden Szenarien zu liefern, werden auch weitere **Entsorgungswege** (z. B. die Mitverbrennung in Zement- und Kohlekraftwerken, die energetische Altholz- und Klärschlammverwertung und die Sonderabfallverbrennung) sowie die Strukturen des Recyclings beschrieben.

Nach der Bestandsaufnahme folgt die **Status quo Prognose** zur Mengen- und Kapazitätsentwicklung in Deutschland. Die **Fortschreibung der Ausgangssituation** unter Berücksichtigung der demografischen und wirtschaftlichen Entwicklung sowie weiterer Veränderungen in Richtung der getrennten Erfassung von Wertstoffen zeigt auf, welche Abfallmengen im Jahr 2040 unter Berücksichtigung heute schon **absehbarer Einflüsse** auf das Marktgeschehen zu entsorgen sind. Die Status-quo Prognose dient damit als **Referenzprognose** zur Einschätzung der quantitativen Auswirkungen weiterer Einflussfaktoren.

Im Rahmen der **vertiefenden Marktanalysen** werden die Auswirkungen veränderter Rahmenbedingungen analysiert und bewertet. Dazu zählen insbesondere Fragestellungen:

- Welche **neuen Stoffströme** für die TAB sind z. B. aus technologischen Entwicklungen in anderen Märkten oder durch gesetzliche Veränderungen zu erwarten?
- Welche Mengen an **Ersatz- und Sekundärbrennstoffen** werden durch die **Stilllegung** von Kohlekraftwerken frei, welcher Anteil davon ist für die TAB und welcher Anteil ist für die Mitverbrennung in der Zementindustrie geeignet?
- Welchen Einfluss hat das Auslaufen der Förderung (EEG-Vergütung) bei Biomassekraftwerken auf den Stoffstrom Altholz?
- Welcher Einfluss ist durch das **Wertstoffgesetz** sowie die **Gewerbeabfall- und Altholzverordnung** auf das Aufkommen an thermisch zu behandelnden Abfällen zu erwarten?
- Mit welchen Auswirkungen ist durch **höhere Recyclingquoten** und der damit verbundenen Steigerung der stofflich verwerteten Mengen für die TAB zu rechnen und welche Entwicklung nehmen die Sortierreste?
- In welchem Umfang werden in Zukunft durch eine absehbare **Verringerung der Kapazitäten** von mechanisch-biologischen Anlagen zusätzliche Kapazitäten der TAB in Anspruch genommen?
- Wie werden sich die **Im- und Exporte** von Siedlungsabfällen entwickeln und inwieweit können künftige Importe für eine zusätzliche Auslastung der TAB sorgen?
- Welche **Einflussfaktoren** auf die Kosten- und Erlössituation der TAB werden sich künftig verändern?

Die **Ergebnisse der Analysen** der einzelnen Einflussfaktoren für den künftigen Kapazitätsbedarf werden zusammengefasst und im **Vergleich zur Referenzprognose** sowohl quantitativ als auch qualitativ bewertet.

Abschließend erfolgt die Einschätzung der Situation der TAB im **Jahre 2040** sowie die Formulierung von **Argumentationslinien für die Modernisierung der TAB** in den nächsten Jahren.

## 2 Ausgangssituation der TAB im Jahr 2019

Die thermische Behandlung von Abfällen in Deutschland blickt auf eine lange Tradition zurück. Ihre Bedeutung ist insbesondere im Zuge der Abkehr von der Deponierung unvorbehandelter Siedlungsabfälle (Umsetzung TAsi 2005) noch einmal deutlich gestiegen. Mit der zunehmend effizienteren Energieauskoppelung und Rückgewinnung von Metallen leisten die thermischen Abfallbehandlungsanlagen auch ihren Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz.

### 2.1 Kapazitäten in MVA und EBS-Kraftwerke in Deutschland

#### 2.1.1 Aktuelle Kapazitäten und absehbare Entwicklungen

Im **Fokus** der vorliegenden Studie stehen die **MVA und EBS-Kraftwerke**, die unter dem gemeinsamen Oberbegriff **TAB** - Thermische Abfallbehandlungsanlagen zusammengefasst werden. Eine Differenzierung, die statistisch zwar immer noch erfolgt<sup>12</sup>, aber in der Praxis nicht mehr angebracht ist, da es eigentlich keine objektiven Unterscheidungskriterien mehr gibt (technisch, rechtlich, etc.). Demnächst werden beispielsweise alle TAB die Energieeffizienzkriterien erfüllen und somit den R1-Status erlangt haben.

In Deutschland sind aktuell insgesamt **100 thermische Abfallbehandlungsanlagen** (TAB) mit einer Gesamtkapazität von 26,98 Mio. t/a in Betrieb<sup>13</sup>, darunter 66 Müllverbrennungsanlagen mit 20,66 Mio. t/a (77 %) und 34 EBS-Kraftwerke<sup>14</sup> mit rund 6,32 Mio. t/a (23 %). Die marktrelevanten Verbrennungskapazitäten liegen bei schätzungsweise 26,00 bis 26,40 Mio. t/a aufgrund der für betriebseigene Abfälle vorgehaltenen Kapazitäten beispielsweise bei EBS-Kraftwerken an Standorten der Papierindustrie für Rejekte, Spuckstoffe, Papierfaserreststoffe etc. Die Heizwerte der Abfälle spielen ebenfalls eine große Rolle bei der Kapazitätsbetrachtung. Regional verteilen sich die verfügbaren Behandlungskapazitäten wie folgt:<sup>15</sup>



- Nord: 18 Anlagen mit 4,72 Mio. t/a (17 %)
- West: 19 Anlagen mit 7,14 Mio. t/a (27 %)
- Ost: 24 Anlagen mit 5,86 Mio. t/a (22 %)
- Südwest: 16 Anlagen mit 3,87 Mio. t/a (14 %)
- Süd: 23 Anlagen mit 5,40 Mio. t/a (20 %)

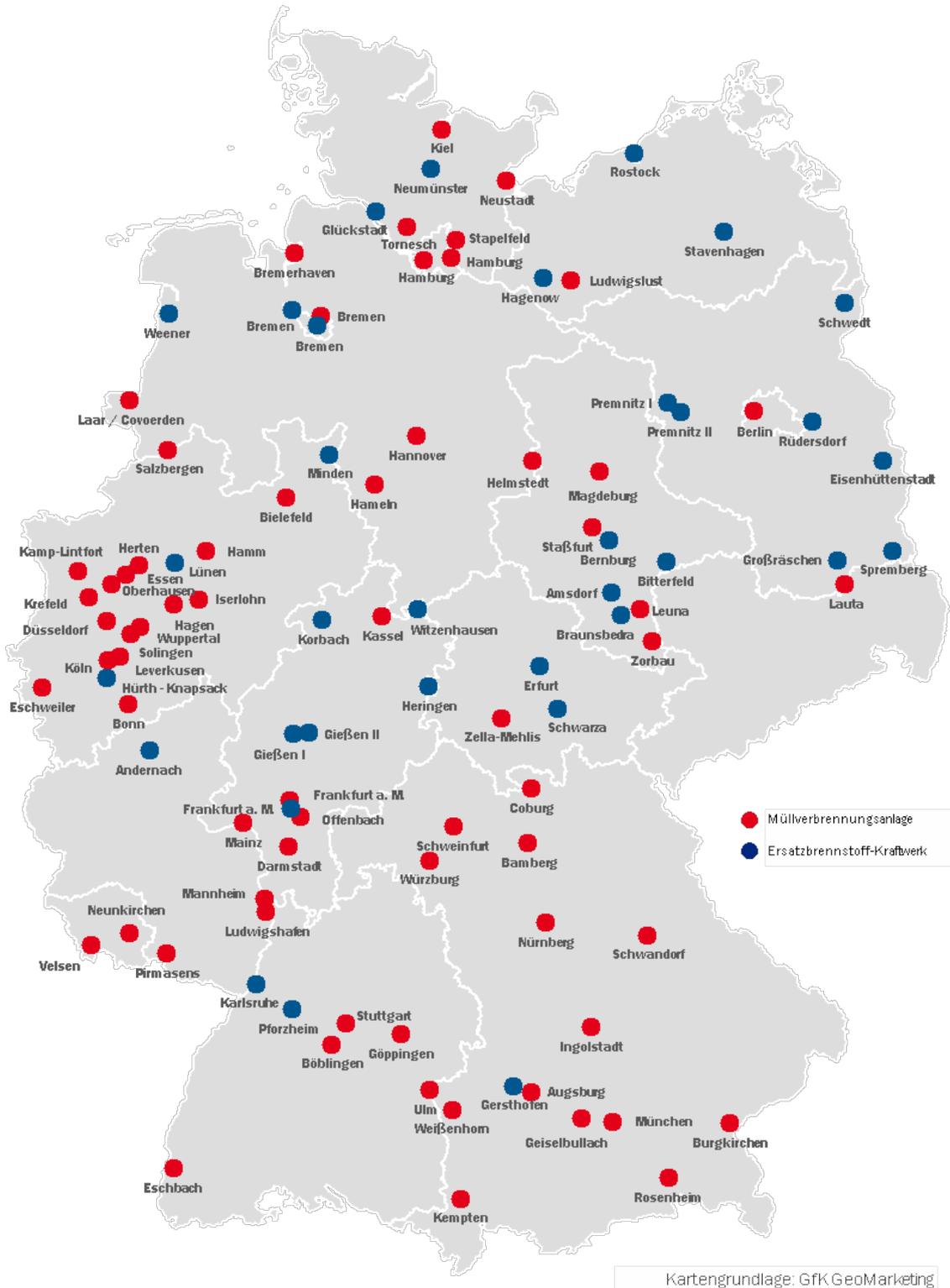
<sup>12</sup> MVA werden den thermischen Anlagen und EBS-Kraftwerke den Feuerungsanlagen zugeordnet.

<sup>13</sup> Je nach Betreiberangaben variiert die Bezugsgröße für die Anlagenkapazität (genehmigte, vertragliche oder technisch mögliche Kapazität).

<sup>14</sup> Die beiden EEW-Anlagen in Premnitz (Rostfeuerung und zirkulierende Wirbelschicht) wurden getrennt berücksichtigt.

<sup>15</sup> Nord: Hansestadt Bremen, Hansestadt Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein | West: Nordrhein-Westfalen | Ost: Brandenburg, Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen | Südwest: Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland | Süd: Baden-Württemberg, Bayern

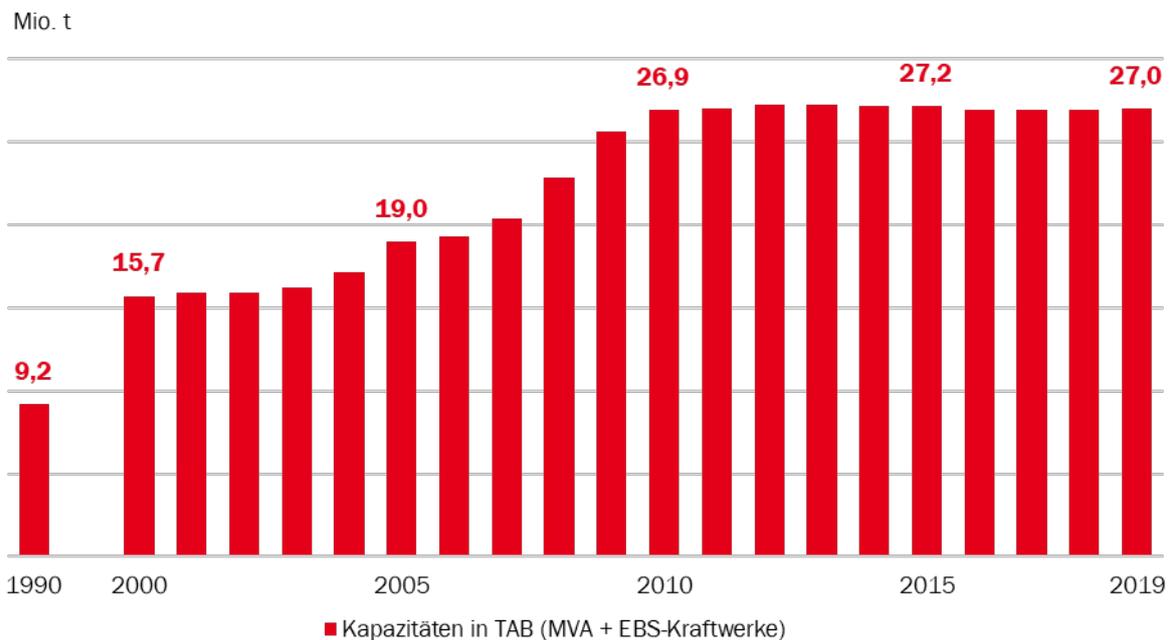
Abbildung 5: Standorte von thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland



Alle MVA sind Rostfeuerungsanlagen, ein Drittel der EBS-Kraftwerke sind dagegen Anlagen mit Wirbelschichtfeuerung. Der Gesamtdurchsatz der TAB lag 2018 bei 96 % bis 97 % der genehmigten Kapazitäten.

In der Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. (ITAD) sind derzeit **80 thermische Abfallbehandlungsanlagen**<sup>16</sup> mit einer Kapazität von **24,7 Mio. t/a** vertreten, was einem Anteil von rund **92 %** der insgesamt verfügbaren Kapazitäten in MVA und EBS-Kraftwerken in Deutschland entspricht. Die Entwicklung der Kapazitäten ist in den vergangenen Jahren auf einem stabilen Niveau verbleiben.

Abbildung 6: Entwicklung der TAB-Kapazitäten 1990 - 2019



Quellen: Eigenrecherchen Prognos AG

© Prognos 2020

### Altersstruktur

Das durchschnittliche **Anlagen- bzw. Linienalter**, bezogen auf die letzte **umfangreiche Kesselsanierung**, liegt für alle thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland bei **rund 20 Jahren**. Bis zu dem Zeitpunkt einer umfangreichen Sanierung werden die Anlagen permanent gewartet, optimiert und an den aktuellen Stand der Technik angepasst. Erst wenn die Grundsubstanz (z. B. der Kessel oder die Rauchgasreinigung) ein bestimmtes Alter erreicht hat, wird ein Austausch vorgenommen.

<sup>16</sup> Im Rahmen dieser Studie wurden die beiden Anlagen in Premnitz (Rostfeuerung und Wirbelschicht mit geplantem Ersatzneubau) im Unterschied zur ITAD separat als zwei Anlagen betrachtet.

Für die **MVA** beträgt das Anlagenalter bundesweit **23 Jahre**, für **EBS-Kraftwerke** nur **11 Jahre**. In den Neuen Bundesländern liegt das Anlagenalter der Müllverbrennungsanlagen deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt (15 Jahre). Die jüngste thermische Abfallbehandlungsanlage ist das EBS-Kraftwerk **TREA II Gießen**, das im April 2019 in Betrieb genommen wurde (Kapazität: 40 Tsd. t/a).

### Anlagenmodernisierungen

Derzeit sind zwei große Anlagenmodernisierungen in der Umsetzung und eine öffentlich bekannte in der Planung, durch die es regional zu temporären Kapazitätsreduzierungen kommen kann. So wird derzeit die 1984 in Betrieb genommene Verbrennungslinie 1 im **MHKW Würzburg** bei laufendem Betrieb der Linien 2 und 3 teilerneuert (Rost, Dampferzeuger und diverse Nebenanlagen). Die Gesamtkapazität bleibt unverändert. Die Wiederinbetriebnahme der Linie ist für die zweite Hälfte 2020 geplant. Umfassend modernisiert wird derzeit auch das **MHKW Ludwigshafen**. Von den insgesamt drei Verbrennungslinien wird die jüngste Linie (23 Jahre) saniert, die älteren beiden Linien werden zurückgebaut. Als Ersatz werden parallel zwei komplett neue Verbrennungslinien mit einer Kapazität von je 90 Tsd. t/a bis 100 Tsd. t/a je nach Betriebszustand und Heizwert gebaut. Die Kapazität wird von 210 Tsd. t/a auf 235 Tsd. t/a steigen. Die Inbetriebnahme der zweiten neuen Linie ist für Sommer 2024 geplant. Für das bereits 1977 in Betrieb genommene **MHKW Bremerhaven** liegen derzeit noch keine konkreten Informationen bezüglich des Umfangs und Zeitraums der Anlagenmodernisierung vor. Allerdings hat der Magistrat der Stadt Bremerhaven im Januar 2019 beschlossen, den Leistungsvertrag Abfall mit der Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft mbH (BEG) bis 2032 zu verlängern. Damit hat die BEG Planungssicherheit für die dringend notwendigen Investitionen.

### Anlagenerweiterungen

Informationen zu geplanten Kapazitätserweiterungen in Müllverbrennungsanlagen liegen derzeit in Höhe von insgesamt rund 132 Tsd. t/a vor. Erweiterungsplanungen werden aktuell auch für die **EBS-KW Schwedt** und **EBS-KW Eisenhüttenstadt** diskutiert, die aber abhängig vom Energiebedarf und den erforderlichen Entsorgungskapazitäten für die eigenen Produktionsrückstände der zukünftig geplanten Papierproduktion an den beiden Standorten sind. Da zusätzlichen Kapazitäten vermutlich primär eigene Produktionsrückstände verwerten, wurden die zusätzlichen Kapazitäten nicht in der Marktbewertung berücksichtigt.

### Ersatzneubau

Am Standort **Premnitz** wird derzeit eine zweite Rostfeuerungsanlage als **Ersatz für die zirkulierende Wirbelschichtfeuerungsanlage** (120 Tsd. t/a) gebaut. Die neue Linie soll eine Kapazität von 150 Tsd. t/a haben und bis Mitte 2021 in Betrieb genommen werden. In der Genehmigungsphase befindet sich derzeit der Ersatzneubau der **MVA Stapelfeld** (350 Tsd. t/a). Die neue Anlage soll eine Kapazität von 320 Tsd. t/a haben. Die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2022 geplant. Am Standort soll zusätzlich eine Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage errichtet werden. Diese Planung befindet sich ebenfalls in der Genehmigungsphase. Die Inbetriebnahme der Anlage ist auch für das Jahr 2022 geplant.

Auf dem Gelände der 2015 stillgelegten und derzeit im Rückbau befindlichen **MVA Stellingermoor** soll nach Planungen der Hamburger Stadtreinigung in den nächsten Jahren ein Abfallbehandlungszentrum mit fünf Teilanlagen zur stofflichen und energetischen Verwertung von Hausmüll, Bio- und Grünabfällen entstehen („Zentrum für Ressourcen und Energie (ZRE)“). Ein Bestandteil des Abfallbehandlungszentrums ist ein EBS-Kraftwerk mit einer Kapazität von 100 Tsd. t/a. Die Inbetriebnahme der Gesamtanlage ist für 2023 vorgesehen.

### Neubauplanungen

Der Neubau einer vom Entsorger Knettenbrech + Gurdulic geplanten **Müllverbrennungsanlage** am Dyckerhoffbruch in **Wiesbaden** mit einer Kapazität von 190 Tsd. t/a befindet sich in der Genehmigungsphase (geplante Inbetriebnahme 2023). In Jänschwalde soll ein neues EBS-Kraftwerk (**EVA Jänschwalde**) zukünftig die Mitverbrennungskapazitäten der im Rahmen des Kohleausstiegs ausscheidenden Braunkohlekraftwerke der LEAG ersetzen. Das Kraftwerk, welches als Joint Venture zwischen Veolia Deutschland und LEAG errichtet wird, soll eine Kapazität von 480 Tsd. t/a haben. Der Neubau ist im bestehenden Industriegebiet Kraftwerk Jänschwalde geplant. Der Genehmigungsantrag soll im 1. Quartal 2020 eingereicht werden. Die voraussichtliche Inbetriebnahme des EBS-Kraftwerks soll 2024 erfolgen.<sup>17, 18</sup>

In **Sandersdorf-Brehna** baut die Progroup derzeit eine Papierfabrik, die 2020 ihren Betrieb aufnehmen soll. Zur Energieversorgung der neuen Papierfabrik plant Progroup auch den Bau eines **EBS-Kraftwerks**.<sup>19</sup> Genauere Informationen sind bislang nicht bekannt. Es wurde angenommen, dass primär betriebseigene Abfälle thermisch verwertet werden und nur ein geringer Anteil im Markt akquiriert wird (ca. 30 Tsd. t/a).

Die derzeitigen Diskussionen zu Anlagenplanungen in Leipzig und Stade wurden nicht berücksichtigt, da auf der Grundlage der derzeit bekannten Informationen die Umsetzung nicht eingeschätzt werden kann.

Bei der Anlage in Göppingen sind keine technischen Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung vorgesehen oder umgesetzt worden, es ist nur eine privatrechtliche Vereinbarung zur Mengenbegrenzung entfallen.

<sup>17</sup> EUWID 51/2019

<sup>18</sup> VEOLIA 2010

<sup>19</sup> EUWID 36/2019

**Tabelle 2: Zusammenfassung der Annahmen für die Kapazitätsentwicklung**

	<b>Kapazität</b>
	Mio. t
Summe der Kapazitäten der TAB 2019	26,98
Kapazitätszubau im Zuge von Anlagenmodernisierungen (Saldo)	+ 0,03
Kapazitätszubau im Zuge Anlagenenerweiterungen	+ 0,13
Kapazitätszubau aus Ersatzneuplanungen (Saldo aus Erweiterung und Reduzierung)	+ 0,10
Kapazitätszubau aus Neubauplanungen	+ 0,70
<b>Summe der Kapazitäten der TAB 2040</b>	<b>27,94</b>

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

### 2.1.2 In MVA und EBS-Kraftwerken behandelte Mengen

Im Jahr 2017 wurden insgesamt **rund 26,17 Mio. t** an Abfällen aus Haushalten sowie Industrie und Gewerbe in den TAB thermisch behandelt. Das entspricht einer **rechnerischen** Auslastung von rund 96% im Jahr 2017. Um die **Auslastung** aber **korrekt** darzustellen, ist für die Berechnung die thermische Leistung der einzelnen Anlagen zu Grunde zu legen, da der **Heizwert** des Abfalls für den möglichen Durchsatz eine entscheidende Rolle spielt<sup>20</sup>.

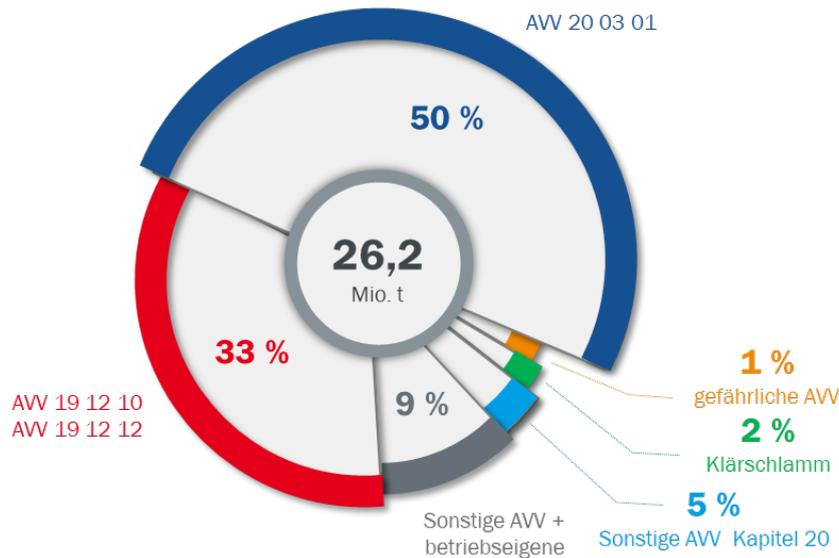
Den größten Anteil machten dabei mit rund 50 % (13,1 Mio. t) Hausmüll (AVV-Nr. 20 03 01) aus, gefolgt von den Sekundärabfällen mit den AVV-Nr. 19 12 10 (Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen) und 19 12 12 (sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen) mit zusammen rund 33 % (8,7 Mio. t). Weitere 5 % entfielen auf sonstige AVV-Nr. des Kapitels 20 (Siedlungsabfälle). Die verbleibenden 9 % den Inputs entfielen auf eine Vielzahl sonstiger AVV-Nr., die z. T. nur in geringen Mengen angenommen wurden.

Rund 1,5 Mio. t der in TAB im Jahr 2017 thermisch behandelten Abfälle wurden aus anderen Staaten importiert. Der Anteil der drei relevantesten AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 daran betrug 1,18 Mio. t. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in der direkt an der deutsch-niederländischen Grenze gelegenen Müllverbrennungsanlage EVI Emlichheim (Kapazität 0,45 Mio. t/a) jährlich rund 0,35 Mio. t Abfälle im Wesentlichen aus den angrenzenden niederländischen Kreisen thermisch behandelt werden.

Die in TAB thermisch behandelte Abfallmenge ist in den Jahren 2011 bis 2017 nur moderat um etwa 1,0 Mio. t (unter 4 %) gestiegen.

<sup>20</sup> siehe dazu ausführlich Kapitel 5.3

**Abbildung 7: Zusammensetzung der in MVA und EBS-Kraftwerken 2017 behandelten Abfälle\***

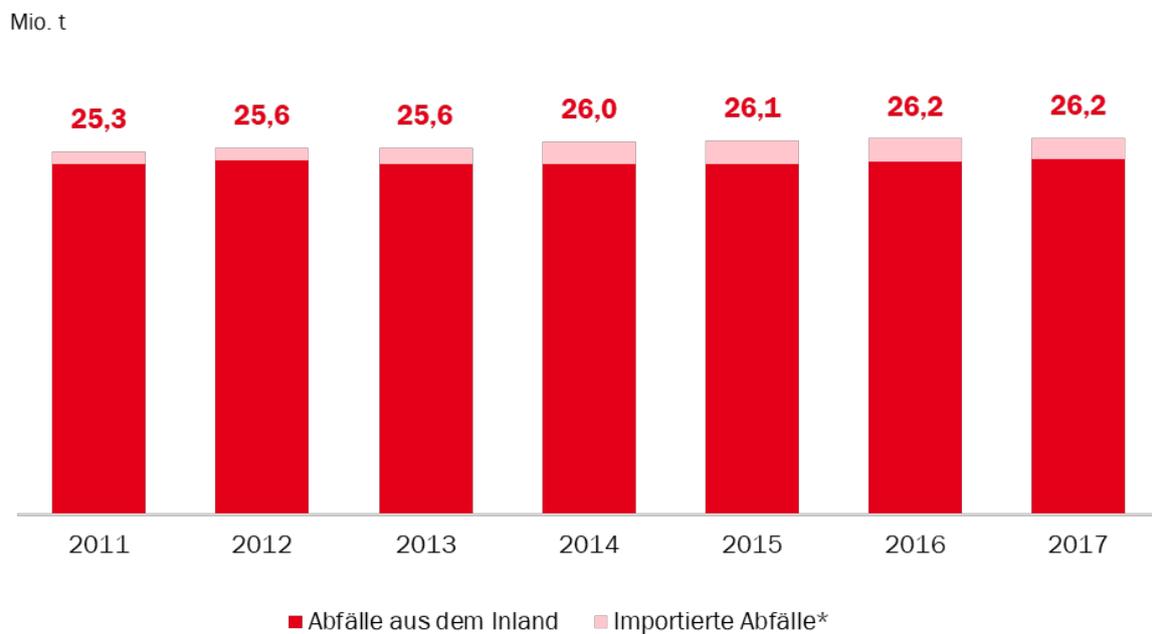


\* inkl. betriebseigene Abfälle

Quellen: ITAD 2019, Destatis 2019a, ergänzende Eigenrecherchen und Hochrechnungen Prognos AG

© Prognos 2020

**Abbildung 8: Entwicklung der in TAB thermisch verwerteten Mengen 2011 - 2017**



\* inkl. Importe für EVI Emlichheim

Quelle: Destatis 2019a, UBA 2010 - 2018

© Prognos 2020

### 2.1.3 Importe und Exporte brennbarer Abfälle<sup>21</sup>

Deutschland ist ein **Netto-Importland** für Abfälle zur thermischen Abfallbehandlung (Entsorgungsverfahren R1 und D10), allerdings ist der **Importsaldo** seit 2015 deutlich um rund 1 Mio. t gesunken. Im Jahr 2017 wurden rund 2,66 Mio. t<sup>22</sup> notifizierungspflichtige Abfälle zur thermischen Behandlung nach Deutschland verbracht. Zwischen 2015 und 2017 sind die Importe deutlich zurückgegangen (insgesamt - 0,67 Mio. t). Aktuelle Zahlen für 2018 zeigen, dass sich die Einfuhren vorerst auf dem Vorjahresniveau stabilisiert haben, die der ITAD-Anlagen sind jedoch weiter gesunken

Die **Exporte** zur thermischen Abfallbehandlung sind seit 2010 deutlich auf rund 0,92 Mio. t im Jahr 2017 **gestiegen** (+38 %). Aktuelle Zahlen für 2018 zeigen einen weiteren Anstieg der Exporte auf 1,00 Mio. t, der allerdings weniger stark ausfällt als in den Jahren 2016/2017.

Rund 23 % der im Jahr 2017 importierten Abfälle zur thermischen Abfallbehandlung sind **gefährliche Abfallarten** (0,61 Mio. t), darunter rund 0,23 Mio. t Altholz (AVV-Nr. 19 12 06) und diverse sonstige Abfallarten (insbesondere weitere gefährliche Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen, Bau- und Abbruchabfälle, Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen), die im Wesentlichen in **Sonderabfallverbrennungsanlagen** und sonstigen thermischen Feuerungsanlagen (z. B. Altholzkraftwerken) behandelt werden.

Unter den im Jahr 2017 importierten 2,05 Mio. t **nicht gefährlichen Abfällen** waren 0,52 Mio. t Holz (AVV-Nr. 19 12 07) insbesondere zur energetischen Verwertung in Biomassekraftwerken bzw. Altholzkraftwerken.

Für die Behandlung in MVA und EBS-Kraftwerken von **besonderer Relevanz** sind **aufbereitete Siedlungs- und Gewerbeabfälle** (AVV-Nr. 19 12 10 und 19 12 12) sowie **gemischte Siedlungsabfälle** (AVV-Nr. 20 03 01). Im Jahr 2017 wurden insgesamt 1,33 Mio. t dieser „brennbaren Abfälle“ nach Deutschland importiert, davon wurden 89 % (1,18 Mio. t<sup>23</sup>) direkt thermisch behandelt. Die restliche Menge wurde anderen Entsorgungsverfahren (insbesondere R5, R12 und R13) unterzogen. Ein Teil dieser nicht direkt thermisch behandelten Menge gelangt als **Sekundärabfall** ebenfalls in die thermische Abfallbehandlung. Diese Mengen werden dann aber statistisch als aus dem Inland stammende Mengen geführt.

Mit 1,18 Mio. t im Jahr 2017 sind die **Importe dieser drei vorgenannten AVV-Nr.** (brennbare Abfälle), die direkt thermisch behandelt wurden, nach einem Peak in den Jahren 2014 bis 2016 (1,60 Mio. t bis 1,66 Mio. t) deutlich zurückgegangen. Aktuelle Zahlen für 2018 zeigen vorläufig keinen weiteren Rückgang der Importe, sondern wieder eine leichte Steigung um rund 50 Tsd. t. Bei den thermisch behandelten brennbaren Abfällen ist der bereits zuvor genannte Sonderfall der EVI Emlichheim zu berücksichtigen.

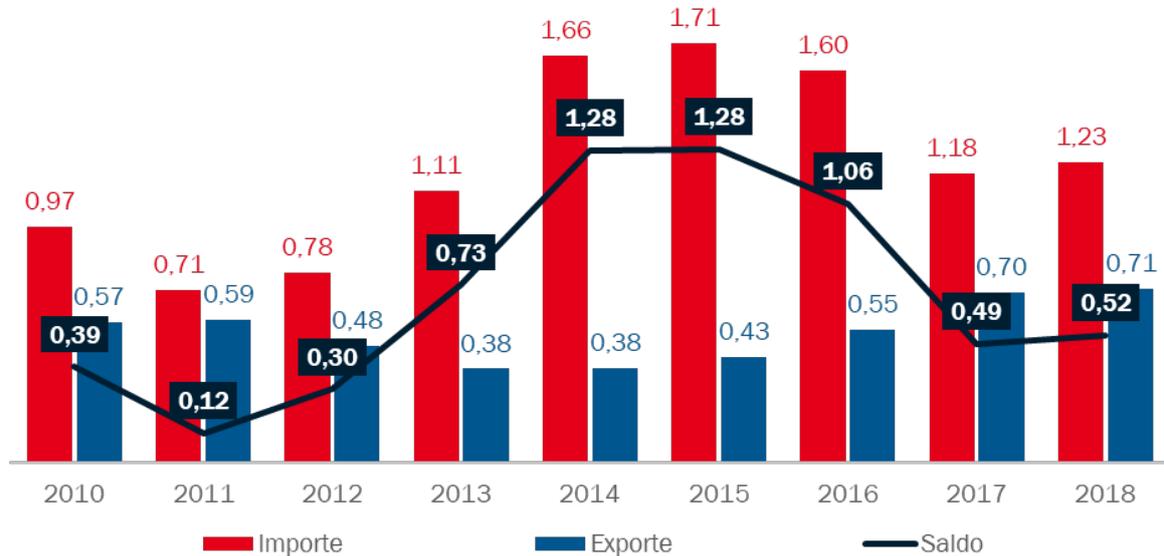
<sup>21</sup> Datenauswertungen auf der Grundlage von UBA 2010-2018

<sup>22</sup> Destatis 2019a gibt hier eine Menge von 2,86 Mio. t für 2017 an.

<sup>23</sup> nach Destatis 2019a betrug die Summe der drei AVV-Nr., die in Thermischen und Feuerungsanlagen aus dem Ausland behandelt wurden, insgesamt 1,46 Mio. t

**Abbildung 9: Importe und Exporte der relevanten AVV-Nr. zur direkten thermischen Behandlung\***

Mio. t



\* berücksichtigt AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 zur thermischen Behandlung (R1/D10)

Quellen: UBA 2010-2018

© Prognos 2020

Unter Berücksichtigung der Mengen für die EVI Emlichheim liegt der **tatsächliche Importüberschuss** bei rund 0,52 Mio. t. Das entspricht etwa 2 % der in TAB thermisch behandelten Gesamtmenge von 26,17 Mio. t /2017.

Die mit Abstand bedeutendsten **Herkunftsländer** für brennbare Abfälle, die direkt thermisch behandelt wurden, sind die **Niederlande** und **Großbritannien**. Rund 70 % bis 85 % der Importe zur thermischen Abfallbehandlung stammten in den vergangenen Jahren aus diesen beiden Ländern, wobei bei den Niederlanden die spezifische Situation mit der EVI Emlichheim zu berücksichtigen ist. Nach einem Peak im Jahr 2016 mit 0,76 Mio. t waren die Importe aus Großbritannien zuletzt stark rückläufig. Die aktuellen Zahlen vom UBA weisen für das Jahr 2018 nur noch eine Importmenge von 0,42 Mio. t aus und die vorläufigen Zahlen der britischen Umweltbehörde zeigen für das Jahr 2019 einen noch weiteren Rückgang der EBS-Importe aus England. Die Importmengen aus den Niederlanden waren in den letzten Jahren dagegen stabil bei 0,5 Mio. t bis 0,6 Mio. t.

Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Bremen und Brandenburg sind die **Bundesländer** mit dem **größten Importvolumen** (zusammen rund 90 % der Importe im Jahr 2016).<sup>24</sup> Insbesondere die Importe nach Nordrhein-Westfalen und Brandenburg sind in den letzten Jahren deutlich gestiegen.

<sup>24</sup> Nach Bundesländern differenzierte Import-/Exportdaten wurden vom Umweltbundesamt nur bis einschließlich 2016 veröffentlicht.

Fast die Hälfte der **Exporte** von brennbaren Abfällen wird in der **Schweiz** thermisch behandelt (0,31 Mio. t im Jahr 2017). Hintergrund ist die Verbringung von Siedlungsabfällen aus einigen Landkreisen Baden-Württembergs („Autarkieausnahmegenehmigung“<sup>25</sup>) zur thermischen Behandlung in die KVA Zürich-Josefstraße, die allerdings im Zeitraum 2020/2021 rückgebaut werden soll. Weitere bedeutende Zielländer waren mit 0,12 Mio. t bzw. 0,11 Mio. t im Jahr 2017 die Niederlande und Dänemark. Einen deutlichen Anstieg gab es bei den Exporten nach **Tschechien**. Wie die aktuellen Zahlen für 2018 zeigen, hat sich die ins Nachbarland exportierte Menge gegenüber 2016 auf fast 44 Tsd. t mehr als verdoppelt.

## 2.2 Erzeugung von Strom und Wärme

Es gibt zahlreiche Prozesse, bei denen Abfälle eingesetzt werden und gleichzeitig Energie erzeugt wird. Neben den Verbrennungsanlagen gehören hierzu beispielsweise auch Vergärungsanlagen. Im Jahr 2015<sup>26</sup> waren rund 300 Anlagen<sup>27</sup> in Betrieb, die 45,4 Mio. t Abfälle thermisch verwertet und daraus 62,1 Mio. MWh Wärme und 24,9 Mio. MWh Strom bereitstellen haben.

Da es sich hierbei um Abfälle<sup>28</sup> handelt, ist die **Entsorgungspflicht** die entscheidende Kenngröße für den Anlagenbetrieb. Es werden keine Abfälle „produziert“, um sie anschließend zu „verbrennen“. Da in den Abfällen i. d. R. höhere Schadstoffbelastungen sein können als in Regel-Brennstoffen, unterliegen die Verbrennungsanlagen auch den strengeren Regelungen der 17. BImSchV – „Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen“<sup>29</sup>.

Der **Energiegehalt** im durchschnittlichen Abfallgemisch ist ausreichend hoch, um eine eigenständige Verbrennung zu gewährleisten; im Regelbetrieb werden somit keine fossilen Brennstoffe zugeführt bzw. zugemischt. Das Abfallgemisch sollte einen Mindestheizwert von 7.000 kJ/kg aufweisen (abhängig von der jeweiligen Anlage), um die primären Entsorgungsaufgaben zu gewährleisten: Ausbrand, Volumenreduktion, Schadstoffzerstörung bzw. -abscheidung, Hygienisierung und Inertisierung.

Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle mit einer hohen Energieeffizienz (R1-Faktor)<sup>30</sup> dürfen Abfälle zur Verwertung (AzV) annehmen - liegt der R1-Wert unterhalb der Schwelle, dürfen die Abfälle nur zur Beseitigung (AzB) angenommen werden. Die sichere Einhaltung des R1-Wertes ist ein wichtiges Instrument, um AzV am Markt zu akquirieren. Entscheidend für die **Marktteilnahme** ist also der R1-Wert und nicht, ob sich um eine „Feuerungsanlage“ oder „Thermische

<sup>25</sup> Gemäß dem aktuellen Abfallwirtschaftsplan Teilplan Siedlungsabfälle kann die oberste Abfallrechtsbehörde im Einzelfall und unter bestimmten Voraussetzungen Ausnahmen von der im sogenannten "Autarkie-Erlass" vorgeschriebenen Benutzungspflicht von Abfallentsorgungsanlagen in Baden-Württemberg für entsorgungspflichtige Abfälle zur Beseitigung und gemischte Siedlungsabfälle zulassen. So werden beispielsweise Anlagen in der Schweiz für die Entsorgung von Siedlungsabfällen aus einigen südlichen Landesteilen genutzt (siehe u. a. MUK BW 2019).

<sup>26</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

<sup>27</sup> Gleiche Anlagentypen wie in dieser Studie, jedoch mit Industrie-Kraftwerken

<sup>28</sup> Das Kreislaufwirtschaftsgesetz definiert Abfälle wie folgt (§ 3 Abs. 1 KrWG): „Abfälle im Sinne dieses Gesetzes sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss“.

<sup>29</sup> 17. BImSchV 2013

<sup>30</sup> Mit der im Jahr 2008 novellierten EU-Abfallrahmenrichtlinie wurde ein Verfahren zur Beurteilung der Energieeffizienz von Müllverbrennungsanlagen (R1-Formel) eingeführt. Er wird in Anhang II der Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) definiert. (EU 2008/98). Anlagen mit einem R1-Faktor > 0,6 (für in Betrieb befindliche Anlagen, die vor dem 1. Januar 2009 genehmigt wurden) bzw. > 0,65 (für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2008 genehmigt wurden) werden als Verwertungsanlagen anerkannt.

Abfallbehandlungsanlage“ handelt, so wie es von Destatis unterschieden wird. Destatis<sup>31</sup> unterscheidet in ihren Erhebungen immer noch zwischen:

- **Feuerungsanlagen**

„Einrichtungen zur Erzeugung von Wärme durch Verbrennung. Sie dienen zur Dampferzeugung oder Erwärmung von (...) Wärmeträgermedien. Zweck des Einsatzes von Abfällen in einer Feuerungsanlage ist deren Verwertung als Brennstoff. Weiterhin werden thermochemische Produktionsanlagen (z. B. Zementanlagen) berücksichtigt, die Abfälle im Rahmen der Mitverbrennung zur Erzeugung von Wärme oder Nutzung von Inhaltsstoffen einsetzen.“

und

- **Thermische Abfallbehandlungsanlagen**

„Anlagen zur teilweisen oder vollständigen Beseitigung von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen oder Gegenständen durch Verbrennen (z. B. Abfallverbrennungsanlagen), (...). Hauptzweck der thermischen Abfallbehandlungsanlage ist die weitgehende Reduzierung des im Abfall enthaltenen Schadstoffpotentials oder die Konzentrierung von nicht thermisch abbaubaren Schadstoffen (z. B. Schwermetalle). Hierzu zählen auch Verbrennungsanlagen, deren Zweck in der Behandlung fester Siedlungsabfälle besteht, ungeachtet deren Energieeffizienz.“

Zu den **Thermischen Abfallbehandlungsanlagen** zählen laut Destatis beispielsweise Abfall<sup>32</sup>-, Klärschlamm- und Sonderabfallverbrennungsanlagen, zu den **Feuerungsanlagen** zählen beispielsweise Ersatzbrennstoff- und Biomassekraftwerke sowie die Mitverbrennungsanlagen. Diese Einteilung ist weder sachgerecht noch rechtlich begründbar und in der Praxis nicht zielführend:

- Es gibt keine technischen und rechtlichen **Unterscheidungskriterien** zwischen MVA und EBS-Kraftwerk, daher spricht die ITAD auch zusammenfassend von „TAB“. Es werden keine „Brennstoffe“ eingesetzt, sondern es wird die Entsorgungssicherheit für Siedlungs- und Gewerbeabfälle gewährleistet.
- In **Biomassekraftwerken** und in der **Mitverbrennung** werden auch große Mengen an gefährlichen Abfallmengen verbrannt. Tendenziell spielt die kostengünstige Energienutzung hier eine größere Rolle als die Entsorgungssicherheit. In NRW beispielsweise wird in Biomasse-Kraftwerken die doppelte Menge an gefährlichen Abfällen entsorgt als in Hausmüllverbrennungsanlagen
- Die durchschnittliche **Energieeffizienz** von MVA liegt höher als die von Biomasse-/Altholz-Kraftwerken<sup>33</sup>. Etwa 99 % der TAB<sup>34</sup> übertreffen die Zielvorgaben des R 1-Kennwertes des KrWG<sup>35</sup>.

<sup>31</sup> Destatis 2019a

<sup>32</sup> MVA, MHKW

<sup>33</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

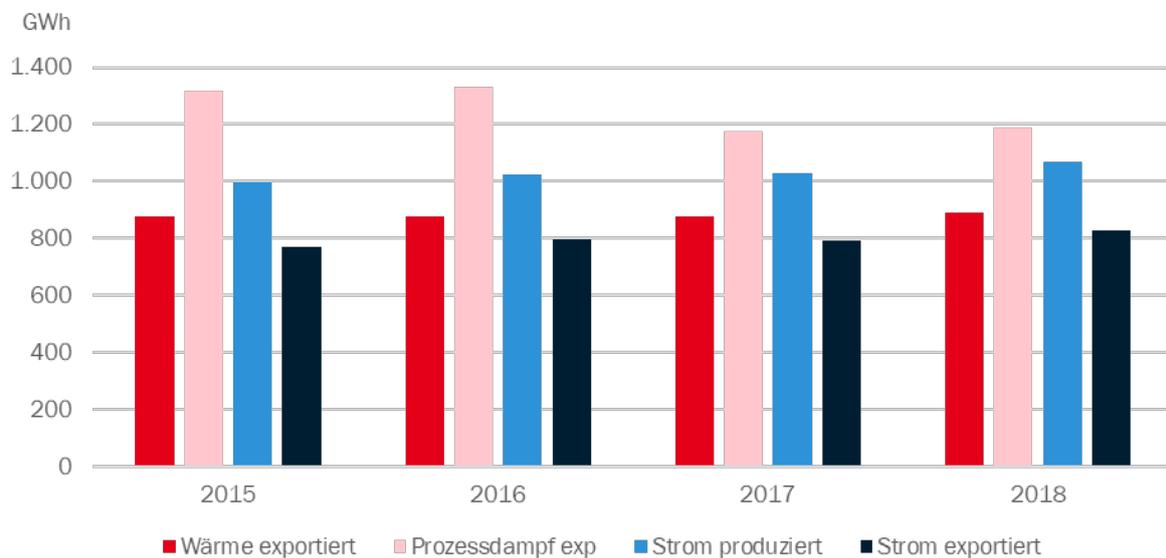
<sup>34</sup> Eine Anlage befindet sich in der Nachrüstung, sodass demnächst alle TAB die Zielvorgaben übertreffen.

<sup>35</sup> Der R 1 Kennwert legt fest, welche Energieeffizienz notwendig ist, um als „Verwertungsanlage“ (im Vergleich zur „Beseitigung“) eingestuft werden kann.

Die TAB in Deutschland werden überwiegend als **Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)** Anlagen betrieben, wobei einige Anlagen den Prozessdampf an benachbarte Kraftwerke zur Verstromung bzw. Wärmenutzung weitergeben und somit im Verbund betrieben werden, u. a. in Berlin, Bonn, Bernburg und Düsseldorf.

Derzeit produzieren nur noch sieben TAB **ausschließlich Strom**<sup>36</sup>, wobei aber teilweise auch hier **Wärmenutzungskonzepte** in der Planung bzw. Umsetzung sind. Die Effizienz der Anlagen hängt in bedeutendem Umfang von einer benachbarten Wärmesenke ab, z. B. ein Fernwärmenetz, ein Kraftwerk oder ein Industriestandort. Ein weiterer Ausbau der Wärmenutzung wurde in letzter Zeit bzw. wird gerade realisiert (z. B. Wuppertal, Mannheim, Hannover) bzw. wird auch durch den Kohleausstieg befördert.

**Abbildung 10: Energieproduktion und Energieexport der ITAD Mitgliedsanlagen**



Quelle: Eigenauskünfte ITAD

© Prognos / ITAD 2020

Die energetische Nutzung aus der Abwärmenutzung des Entsorgungsprozesses ist bereits heute relevant für die Energieversorgung, insbesondere bei vielen regionalen Fernwärmenetzen. Bei den ITAD-Mitgliedern werden jährlich Kenndaten zur Energienutzung abgefragt.

Zu berücksichtigen ist, dass die **Energiemengen** durch wechselnde **Bilanzierungen**<sup>37</sup> beeinflusst werden können.

Die bei der Verbrennung entstehende Abwärme wird als **Nutzenergie** (Fernwärme, Prozessdampf und Strom) für Bürger und Unternehmen klimafreundlich und nachhaltig bereitgestellt. Somit **substituiert** die Abwärme aus Abfall als „heimischer Energieträger“ fossile Energieträger (z. B. bei der Gebäudebeheizung).

<sup>36</sup> Emlichheim, Hannover, Helmstedt, Ludwigslust, Rüdersdorf, Velsen und Weißenhorn – Wärmenutzungskonzepte sind z. T. standortabhängig in der Projektierung

<sup>37</sup> in Kombination mit Kraftwerken kommt es auf die Bilanzierung Strom/Wärme an (z. B. „Scheibenpachtmodell“)

Die Vorteile dieser Form der Energieerzeugung werden in verschiedenen Regelwerken und Studien beschrieben:

- Die TAB gelten als hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen<sup>38</sup>
- Der Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor der TAB liegt bei (nahe) Null und ist somit ein Wettbewerbsvorteil für den Fernwärmeanschluss<sup>39</sup>.
- Gemäß den Auswertungen des UBA<sup>40</sup> ist die spezifische Treibhausgasbilanz der Strom- und Wärmeerzeugung aus dem biogenen Anteil besonders vorteilhaftig.
- Energy Brainpool<sup>41</sup> hat verschiedene Aspekte der TAB zum Energiemarkt im Auftrag der ITAD untersucht<sup>42</sup>.

Die installierte Generatorleistung der ITAD Mitgliedsanlagen liegt bei knapp über 2.000 MW. Auch hier gibt es die Tendenz, die Stromerzeugung zunehmend in Eigenregie durchzuführen. Dies trifft vor allem Kraftwerksstandorte mit benachbarten Kohlefeuerungsanlagen, wie z. B. in Weisweiler und Berlin.

Durch den **biogenen Anteil** im Abfall<sup>43</sup> gelten die TAB als **EEG-Anlagen**. Da sie darüber hinaus auch als hocheffiziente KWK-Anlagen gelten, haben sie eine **Vorrangspeisung** ins Stromnetz, erhalten aber keine EEG-Vergütung.

### **Bewertung der Abwärme aus den TAB**

Die beim Verbrennungsprozess freiwerdende Energie wird in allen TAB primär intern und dann extern genutzt. Bei der thermischen Abfallbehandlung handelt es sich um **Abwärme** aus einem **Industrieprozess**, d. h., die Abfälle werden für die Energieerzeugung nicht zielgerichtet bzw. separat gewonnen. Vor diesem Hintergrund ist der Abfall kein „klassischer“ Brennstoff, sondern Inputmaterial für einen Prozess. Die Thermische Abfallbehandlung kann somit als Industrieprozess definiert werden, bei dem der Abfall möglichst nachhaltig zu behandeln<sup>44</sup> ist. Hierbei handelt es sich um eine Pflichtaufgabe im Rahmen der kommunalen Daseinsvorsorge und der Umweltvorsorge. Bei diesem Prozess wird Abwärme als „Sowieso-Energie“ frei, die möglichst vollständig genutzt werden sollte. Für die **nicht nutzbare Energie** muss wiederum Energie aufgewandt werden, um erstere zur Schließung des Wasser-Dampf-Kreislaufes zu „vernichten“.

Über den **biogenen bzw. fossilen** Anteil des Abfalls gilt die Energie aus TAB entsprechend als **erneuerbar bzw. nicht erneuerbar**. Soll aus rechtlichen oder politischen Vorgaben der biogene bzw. erneuerbare Anteil im Fernwärmenetz beispielsweise über 50 % steigen, gibt es zwei Optionen:

- Steigerung des biogenen Anteils im Abfall, entweder durch das Annahmemanagement (Ausschluss von kunststoffhaltigen Abfällen) oder durch das Aussortieren von Kunststoffen

<sup>38</sup> AGFW-(FW 308) 2015

<sup>39</sup> AGFW-(FW 309-1) 2014, AGFW-(FW 309-6) 2016, DIN V 18599-1:2018-09,

<sup>40</sup> UBA (Lauf et al) 2019

<sup>41</sup> Energy Brainpool 2017

<sup>42</sup> Die Klimarelevanz, den spezifischen Schadstoffausstoß pro erzeugter MWh Strom und den positiven Kosteneffekt auf den EEG-Haushalt.

<sup>43</sup> mehr 50 % - nachgewiesen durch die Teilnahme am Herkunftsnachweisregister für erneuerbaren Strom des UBA

<sup>44</sup> Ausschleusen von Schadstoffen aus dem Ökosystem bzw. Zerstörung von Schadstoffen, Reduktion und Hygienisierung der Abfallmenge etc.

- **Abregeln** der TAB-Wärme vom Fernwärmenetz und Ersatz durch klimaneutrale Wärmeerezeugungsanlagen (Biomasse, Solarthermie etc.).

Die Steigerung des biogenen Anteils im Abfall ist aus verschiedenen Gründen (Aufrechterhaltung der Entsorgungssicherheit für Bürger und Unternehmen, Verlagerung des Problems, etc.) nicht zielführend. Von daher sollten die möglichen Konsequenzen der Abregelung betrachtet werden:

- Abwärme aus TAB wird zurückgefahren, erneuerbare Wärmequellen (z. B. Altholzkraftwerke) müssen entsprechend zusätzlich errichtet werden.
- Zusätzlicher Energieaufwand bei TAB um Energie über den Luftkondensator zu „vernichten“.
- Höherer Primärenergiefaktor im System, da Abfall positiver bewertet wird.

Somit ist folgendes **Szenario** wahrscheinlich:

- höhere Fernwärmepreise  
(durch Neubau von Ersatzmaßnahmen und Wegfall der günstigen TAB Abwärme)
- höhere Entsorgungskosten für Bürger und Unternehmen  
(durch geringere Energieerlöse, zusätzliche Investitionen)
- durch die Erhöhung des Primärenergiefaktor wird das Fernwärme-System unattraktiver, die Gebäudekosten (Anforderung an Dämmung, etc.) werden sich erhöhen
- zusätzliche Treibhausgas- und Schadstoff-Emissionen durch das Altholzkraftwerk und Verringerung der Stromeinspeisung (Substitution von „fossilem“ Strom) bei den TAB.

So können durch die **Beibehaltung** der bestehenden Definitionen und Begrifflichkeiten demnächst deutliche **ökologische** und **ökonomische Nachteile** entstehen. Mit dem Begriff „Abwärme“ lassen sich jedoch energiewirtschaftliche Restriktionen abwenden und neue innovative Potenziale heben. Es geht darum, die Klimafreundlichkeit der Abwärme aus den TAB weiter zu nutzen und möglichst auszubauen. Dies könnte auch ohne Förderung, Beihilfen etc. allein durch geänderte Begrifflichkeiten gelingen, allerdings unter der Voraussetzung von rechtlichen Anpassungen.

### **Klimarelevanz der TAB**

Die **CO<sub>2</sub>-Emissionen**, die bei der Verbrennung einer Tonne Abfall entstehen, hängen ausschließlich vom Kohlenstoffgehalt des angelieferten Abfalls ab. Dieser Parameter kann nicht routinemäßig gemessen und kann vom Anlagebetreiber auch nicht beeinflusst werden. Somit hat der Betreiber einer TAB keinen direkten Einfluss auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen seiner Anlage.

Wieviel Tonnen CO<sub>2eq</sub> bei der thermischen Behandlung von Abfällen in Deutschland emittiert werden, ist nicht veröffentlicht bzw. bekannt. Die ITAD schätzt die Größenordnung auf rund 25 Mio. t CO<sub>2eq</sub>, da ca. 50 Mio. t/a Abfälle mit einem biogenen Anteil von etwa 50 % (analog den Siedlungsabfällen) verbrannt werden. Die ITAD beziffert ferner den Wert für die Anlagen ihrer Mitglieder<sup>45</sup> bei rund 9,5 Mio. t. CO<sub>2eq</sub>. Dagegen kann man jedoch die Klimaentlastung durch die eingesparten fossilen Energieträger und die rückgewonnenen Ressourcen, im Wesentlichen Metalle

<sup>45</sup> aktuelle Berechnungen ITAD

aus der Schlacke, rechnen. Die ITAD gibt die Einsparung mit ca. 1,2 Mio. t CO<sub>2eq</sub> an, so dass im Saldo eine Entlastung von rund 5,2 Mio. t CO<sub>2eq</sub> besteht.

### Ausblick zur Energienutzung aus TAB

Die Energienutzung aus TAB wird in den nächsten Jahren komplexer und vernetzter. Die einfache Lieferung von Strom und Wärme nach der bisherigen Maxime „nach Können und Vermögen“ muss überdacht werden. Zu diesem Themenbereich sind schon verschiedene Projekte in der Entwicklung.

**Thermische Energiespeicher** werden eine wichtige Rolle bei der Integration erneuerbarer Energie und Abwärme sowie der Steigerung der Energieeffizienz spielen. Dazu muss allerdings die optimale Speichertechnologie für die jeweilige Anwendung identifiziert werden. Flexible Sektorenkopplung wird neue Anwendungen für thermische Speichersysteme ermöglichen und die Weiterentwicklung thermischer Speichertechnologien weiter vorantreiben. Die Standorte von TAB sind hierzu i. d. R. gut geeignet, sowohl um Abwärme zu speichern oder auch als Systemdienstleister mit der Nutzung von „Überschussstrom“ für die Wärmeversorgung.

Im weitesten Sinne kann man auch **Elektrolyseure** unter den Begriff Speicher fassen. Diese können mit dem Eigenstrom der TAB betrieben werden, beispielsweise wenn der Strommarktpreis niedrig ist und sich die Wasserstoff(H<sub>2</sub>)-Produktion rechnet. Bei „Überschussstrom“ kann der Elektrolyseur auch zur Netzstabilisierung eingesetzt werden. Neue Technologien, wie Elektrosynthese zur Herstellung von hochwertigen chemischen Verbindungen und Metalle, lassen neue Einsatzfelder bei den TAB erwarten. Im Detail bedeutet das, dass Elektronen die nötige Energie für die Konversion von chemischen Substraten liefern oder Metalle aus Lösungen (z. B. aus der Rauchgasreinigung) abgeschieden werden können.

Um die Transformation Richtung Klimaneutralität zu erreichen, wird zunehmend diskutiert, auch eine **Wasserstoffinfrastruktur** aufzubauen. Dabei spielt der Wasserstoff (H<sub>2</sub>) in der Industrie (Chemie, Stahl, Zement) aber auch in Teilbereichen des Verkehrs eine maßgebliche Rolle. Aus H<sub>2</sub> und abgeschiedenem CO<sub>2</sub> lassen sich chemische Grundstoffe herstellen, wie beispielsweise Methanol.

Durch den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur, an der auch die ITAD z. B. über die Initiative GET H2 mitwirkt, ergeben sich für TAB-Betreiber **zusätzliche strategische Optionen**:

- Bei der Nutzung des eigenproduzierten Stroms kommt durch den Elektrolyseur eine weitere Option hinzu: H<sub>2</sub> aus TAB gilt als klimafreundlich, da keine zusätzliche Energie genutzt wird.
- Bei **negativen Strompreisen** kann der Elektrolyseur zur Netzstabilisierung eingesetzt werden. Zusätzliche Erlöse durch die H<sub>2</sub>-Produktion sind möglich.
- H<sub>2</sub> kann in das separate **H<sub>2</sub>-Netz eingespeist** werden.
- Auf den TAB-Standorten können **H<sub>2</sub>-Tankstellen** errichtet werden, beispielsweise für die Müllfahrzeuge oder den ÖPNV<sup>46</sup>.

<sup>46</sup> Dies geschieht gerade auf dem Standort der TAB in Wuppertal (AWG).

- H<sub>2</sub> kann für die Weiterverarbeitung des abgeschiedenen CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas genutzt werden, beispielsweise zur Produktion von Basisrohstoffen wie Methanol als Grundstoff für die Kunststoffherstellung.

Um derartige H<sub>2</sub>-Projekte wirtschaftlich zu machen, müssen verschieden **Hemmnisse** abgebaut werden. Hier ist zuerst die Abschaffung der EEG-Umlage für Elektrolyseure zu nennen.

Erste **Konzepte zur Abscheidung** von CO<sub>2</sub> aus dem Rauchgas von TAB sind in der Projektierung, wie z. B. bei den Anlagen in Zella-Mehlis und in Salzbergen, oder bereits in Betrieb (Twence und Duiven in den Niederlanden, Oslo in Norwegen). Zahlreiche weitere Betreiber beschäftigen sich mit diesen CCU-Verfahren: CO<sub>2</sub> wird aus dem Rauchgas mittels Aminwäsche abgeschieden, nachfolgend werden CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> mittels katalytischer Prozesse zu Methanol oder Methan verarbeitet.

### 2.3 Zusätzliche Systemdienstleistungen der TAB für die Energiewirtschaft

Systemdienstleistungen sind für einen sicheren und zuverlässigen **Betrieb von Stromnetzen** erforderlich und durch **alle Beteiligten** (Übertragungsnetz- und Verteilnetzbetreiber, Erzeugungsanlagen und Großabnehmer) zu erbringen. Diese müssen die Abweichungen (z. B. Frequenz) im Netz kontinuierlich prognostizieren und überwachen sowie die erforderlichen **Korrekturen** mittels Systemdienstleistungen vornehmen. Die Systemdienstleistungen können über die Netzentgelte vergütet werden oder wie bei Redispatch staatlich angeordnet bzw. über die EEG-Umlagen bepreist werden.

Zu den Systemdienstleistungen zählen Frequenzhaltung, Spannungshaltung, Betriebsführung und Versorgungswiederaufbau. Die Frequenzhaltung erfolgt mittels der Systemdienstleistungen Momentan-Reserve, Regelernergie und ab- und zuschaltbare Lasten. Die Spannungshaltung erfolgt die Einspeisung von Blindleistung, den Ausgleich von Verlustenergie und die Vorhaltung des Kurzschlussstrombeitrages. Die Betriebsführung beinhaltet zum Beispiel die Überwachung der Stromnetze sowie das Einspeise- und Netzengpassmanagement. Beim Versorgungswiederaufbau geht es insbesondere um die sogenannte Schwarzstartfähigkeit, also die Stromerzeugung unabhängig von der Netzspannung zu starten<sup>47</sup>.

Insbesondere **Frequenz- und Spannungshaltung** sowie **Versorgungswiederaufbau** sind viele Jahrzehnte mit den konventionellen, also in der Regel **fossil oder nuklear** betriebenen, **Kraftwerken** realisiert worden. Der **Ausbau der regenerativen Energien** in Deutschland hat hier bereits zu tiefgreifenden Veränderungen geführt. Der Ausstieg aus der Atomenergie bis 2022 sowie der Kohleausstieg bis 2038 werden die Stromerzeugung und damit auch das Erbringen der Systemdienstleistungen fundamental verändern. Die Systemdienstleistungen müssen dann weitestgehend mit **alternativen Ansätzen** bereitgestellt werden.

Die **TAB** können und müssen somit verstärkt Systemdienstleistungen anbieten. Obwohl es sich um Anlagen mit vergleichsweise geringer Leistung handelt, können sie aufgrund der **dezentralen Verteilung** in Deutschland an Bedeutung gewinnen, gerade durch das Abschalten der klassischen Kraftwerke mit zum Teil über 1.000 MW installierter Leistung. Die

<sup>47</sup> VDE 2019, VDE 2020

Abfallverbrennungsanlagen verfügen über Turbinen und Generatoren, also rotierende Massen, mit deren Trägheit lassen sich kurzfristige Leistungsungleichgewichte ausgleichen und die Frequenz stabilisieren.

Ebenso können Abfallverbrennungsanlagen am **Regelenergiemarkt** teilnehmen, über **30 MVA** sind bereits für die Bereitstellung von Minutenreserve qualifiziert, mehrere Anlagen auch schon für die Bereitstellung von Sekundärregelleistung<sup>48</sup>. Die Teilnahme am Regelenergiemarkt wird an Bedeutung gewinnen. Die Fähigkeit des Versorgungswiederaufbaus, also die Schwarzstartfähigkeit ist häufig gegeben, da die Abfallverbrennungsanlagen unabhängig von einer anderen Stromversorgung den Betrieb starten können.

Hinzu kommt, dass die Verbrennungsanlagen **dezentral** über Deutschland verteilt sind und damit bestens zur dezentral organisierten Energiewende passen. Zudem sind die Standorte etabliert und akzeptiert und verfügen über erfahrenes Personal, sodass diese auch für neue Anlagen im Rahmen der Energiewende, zum Beispiel Speicheranlagen, attraktiv sind<sup>49</sup>.

Es zeichnet sich ab, dass ab 2040 spätestens jedoch ab 2050 die **Stromerzeugung** im Wesentlichen auf **Wind und Sonne** umgestellt sein wird. Dieser regenerativ erzeugte Strom wird immer kostengünstiger. Zum einen könnten neu gebaute TAB, welche alte Anlagen ersetzen, daher auf Verstromung und Kraft-Wärme-Kopplung verzichten und ausschließlich Wärme produzieren. Das ist an Industriestandorten und in Großstädten attraktiv, wo über das ganze Jahr einen Mindestabsatz an Wärme garantiert ist. Damit würde der Wasser-Dampf-Kreislauf anders gestaltet und die Kosten würden sinken. Damit können diese Abfallverbrennungsanlagen aber auch nicht mehr die genannten Systemdienstleistungen erbringen. Zum anderen kann eine gesicherte klimafreundliche Stromerzeugung im volatilen Strommarkt an Bedeutung gewinnen. Somit werden die meisten Anlagen vermutlich bei der Strom- und Wärmeproduktion bleiben, da damit ein hohes Maß an Flexibilität gewährleistet ist und Strom als universeller Energieträger auch in Wärme (Power to Heat) und stoffliche Energieträger wie Wasserstoff umgewandelt werden kann.

**Neue Perspektiven** eröffnen sich auch durch sogenannte Power Purchase Agreements (PPA). Das sind langfristige Stromlieferverträge, die zwischen dem **Stromproduzenten**, hier also die TAB, und in der Regel großen **Stromverbrauchern** wie großen Industrieunternehmen. Damit lassen sich für die Lieferanten Investitionssicherheit gewinnen und für die Abnehmer die Marktpreisrisiken reduzieren. Insbesondere in der Finanzierung von Erneuerbaren-Energie-Anlagen in der Post-EEG-Phase gewinnen diese Modelle derzeit an Bedeutung. Grundsätzlich ist dieses Liefer- und Finanzierungsmodell auch für TAB interessant.

## 2.4 Mitverbrennung in Zement- und Kohlekraftwerken

In Kohlekraftwerken und Zementwerken werden für thermische Abfallbehandlungsanlagen **relevante Abfallströme**, wie beispielsweise aufbereitete Siedlungs- und Gewerbeabfälle sowie Klärschlämme in nennenswertem Umfang eingesetzt. Insbesondere für die Verwertung von heizwertreichen Sekundärbrennstoffen werden zusätzliche Kapazitäten zur Verfügung gestellt, die ansonsten im Markt nicht verfügbar sind. Allerdings ist die dauerhafte Verfügbarkeit im Sinne einer

<sup>48</sup> Huneke et al. 2016

<sup>49</sup> Faulstich 2018

Gewährleistung von Entsorgungssicherheit nicht gegeben, da sich der Betrieb der privatwirtschaftlich geführten Anlagen in erster Linie an wirtschaftlichen und klimapolitischen Rahmenbedingungen orientiert und daher Einzelfallentscheidungen von Unternehmen unterliegen, deren originärer Unternehmenszweck nicht in der Abfallentsorgung liegt.

### **Mitverbrennung in Kohlekraftwerken**

Nach einer Reihe von Kraftwerksschließungen in den vergangenen Jahren (u. a. Gersteinwerk, Heizkraftwerk I Duisburg, Kraftwerk Frimmersdorf) gibt es derzeit noch insgesamt 14 Stein- und Braunkohlekraftwerke, die über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen verfügen. Die genehmigte Mitverbrennungskapazität dieser Kraftwerke liegt bei rund 3,5 Mio. t/a, davon 2,5 Mio. t/a in neun Braunkohlekraftwerken<sup>50</sup>. Die tatsächliche Ausnutzung der genehmigten Kapazitäten für die Mitverbrennung liegt jedoch deutlich darunter.

Bei den in Kohlekraftwerken eingesetzten Abfallarten handelt es sich im Wesentlichen um Sekundärbrennstoffe, Kunststoffe, Tiermehl, Papier- und Faserschlämme sowie Klärschlämme.

In der **direkten Wettbewerbssituation zu den MVA und EBS-Kraftwerken** stehen insbesondere die Kohlekraftwerke, die Sekundärbrennstoffe einsetzen. Die genehmigte Kapazität betrug im Jahr 2017 noch 1,7 Mio. t. Aufgrund der zwischenzeitlichen Stilllegung von der beiden Kraftwerke Wuppertal-Elberfeld und Gersteinwerk ist die Kraftwerkskapazität für die Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen auf aktuell knapp 1,5 Mio. t gesunken.

Über die größten genehmigten Mitverbrennungskapazitäten verfügt dabei das Kraftwerk Jänschwalde (nur Sekundärbrennstoffe) mit einer genehmigten Kapazität von 560 Tsd. t/a. Für die durch die Schließung des Kraftwerks Jänschwalde bis voraussichtliche 2025 wegfallenden Mitverbrennungskapazitäten plant LEAG zusammen mit Veolia als Ersatz den Neubau eines EBS-Kraftwerks mit einer Kapazität von 480 Tsd. t/a am Kraftwerksstandort.

Vor dem Hintergrund der Umsetzung der Klärschlammverordnung und des damit einhergehenden Bedarfs an thermischen Behandlungskapazitäten sind in die **spezifische Wettbewerbssituation** weitere sechs Kohlekraftwerke (Weisweiler, Boxberg, Kassel, Lippendorf, Wachtberg und Ibbenbüren) zu berücksichtigen. Die spezifische Wettbewerbssituation bezieht sich dabei **auf den Teilmarkt für die thermische Behandlung von Klärschlämmen**, da diese sechs Kohlekraftwerke Klärschlämme mitverbrennen.

Die genehmigte Mitverbrennungskapazität dieser Kohlekraftwerke beträgt aktuell 1,6 Mio. t/a<sup>51</sup>, wobei Weisweiler mit 0,5 Mio. t/a über die größten genehmigten Kapazitäten verfügt. Neben Klärschlämmen werden in diesen Kohlekraftwerken auch Papierschlämme sowie Tiermehl eingesetzt.<sup>52</sup>

Seit Sommer 2019 ist einer der beiden Kraftwerksblöcke des von LEAG betriebenen Gemeinschaftskraftwerks Lippendorf vorübergehend vom Netz genommen worden, was die verfügbare Kapazität leicht reduziert. Der im Besitz von EnBW befindliche Block S wurde nach

<sup>50</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

<sup>51</sup> Ebenda.

<sup>52</sup> Ebenda.

Unternehmensangaben aus betriebswirtschaftlichen Gründen vorübergehend stillgelegt. Über die geplante Dauer der Stilllegung gibt es bislang keine Informationen.

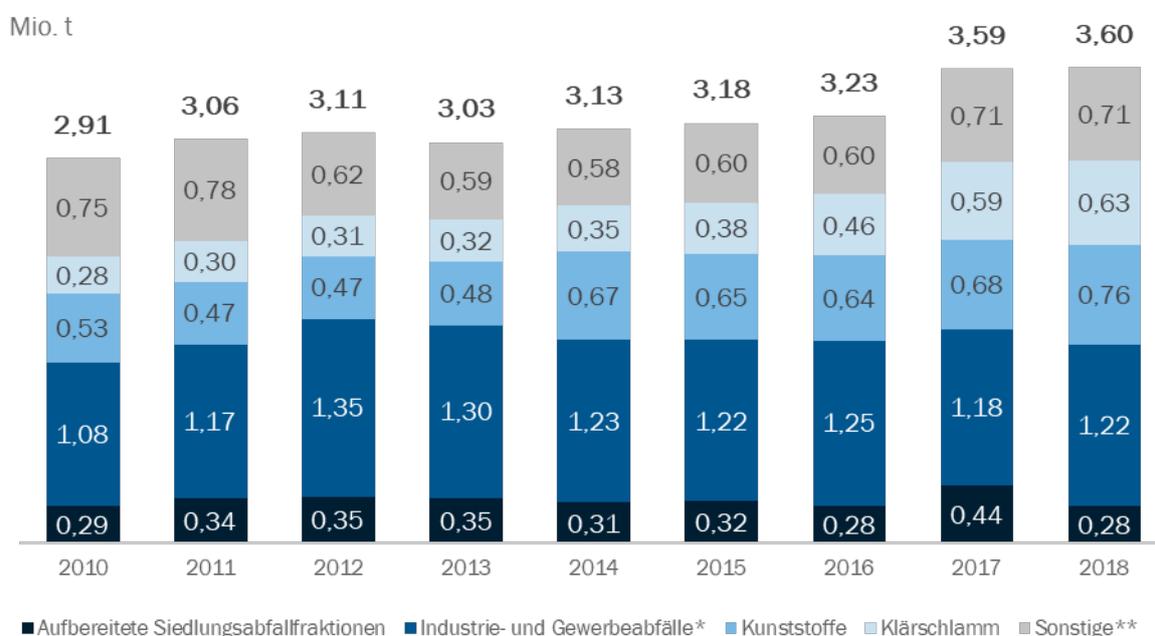
Durch den geplanten Kohleausstieg werden in den nächsten Jahren schrittweise alle bisherigen Mitverbrennungskapazitäten in Kohlekraftwerken vom Markt gehen bzw. in ausgewählten Fällen, wie z. B. beim Kraftwerk Oberkirch der Papierfabrik August Koehler AG oder des Heizkraftwerkes Flensburg den Brennstoffeinsatz von Kohle auf Holz umstellen.

Im **primären Wettbewerbsmarkt** der TAB betrifft dies nur einen Teil der Kohlekraftwerke, da hier nur die mit dem **Einsatz von Ersatzbrennstoffen** berücksichtigt werden. Allerdings ergeben sich aus der Schließung von Kohlekraftwerken, die eher Abfälle aus anderen Teilmärkten mitverbrennen, wie z. B. Klärschlämme oder auch gefährliche Abfälle, potenzielle Wettbewerbseffekte auch zum primären Wettbewerbsmarkt der TAB (siehe Kapitel 5.1).

### Mitverbrennung in Zementwerken

In Deutschland gibt es derzeit **53 Zementwerke**, von denen 46 Werke im Verein Deutscher Zementwerke e.V. vertreten sind. Bundesweit verfügen insgesamt **34 Zementwerke** mit Klinkerproduktion sowie **zwei Kalkwerke** über die **Genehmigung zur Mitverbrennung** von Abfällen. Im Jahr 2017 wurden rund 3,6 Mio. t feste und flüssige Abfälle in der deutschen Zementindustrie eingesetzt, im Folgejahr hat sich diese Menge nur geringfügig erhöht.

Abbildung 11: Entwicklung der in Zementwerken thermisch behandelten Abfälle



\* ohne Kunststoffe

\*\* z. B. Altreifen, Altöl, Tiermehle und -fette, Lösungsmittel etc.

In Zementwerken kann, wie bereits dargestellt, ein breites Spektrum an alternativen Brennstoffen bzw. Abfällen eingesetzt werden, wobei betriebs- bzw. produktionsspezifische Anforderungen an die Qualität und Schadstoffgehalte berücksichtigt werden müssen. Mit rund **64 %** (2,26 Mio. t) im Jahr 2017 zählen aufbereitete Fraktionen aus **Gewerbe- und Siedlungsabfällen** zu den mengenrelevantesten Abfallarten. Gegenüber 2010 ist ihr Einsatz um +22 % gestiegen. Mit diesem Mengenanteil stehen die Zementwerke in einer direkten Wettbewerbssituation zu den MVA und EBS-Kraftwerken (primärer Wettbewerbsmarkt). **Klärschlämme** haben eine wachsende Bedeutung für die Zementindustrie. 2017 wurden rund **0,59 Mio. t** (16 %) eingesetzt. Damit hat sich der Klärschlammeneinsatz seit 2010 mehr als verdoppelt. Auch im Folgejahr ist die eingesetzte Klärschlammmenge weiter gestiegen.<sup>53</sup>

Die Zementindustrie ist ein besonders **brennstoff- und stromintensiver Industriezweig**. Der Energiekostenanteil bei der Herstellung von Zement an der Bruttowertschöpfung liegt bei über 50 %. Für die Deckung des thermischen Energiebedarfs werden neben fossilen Brennstoffen (insbesondere Braun- und Steinkohle) auch alternative Brennstoffe wie z. B. Altreifen, Altöl, aufbereitete Siedlungs- und Gewerbeabfälle eingesetzt.

Der **Anteil** der in der deutschen Zementindustrie eingesetzten alternativen Brennstoffe ist in den letzten Jahren **deutlich gestiegen** und belief sich im Jahr 2018 auf rund **68 %**. Im EU-Durchschnitt lag die Substitutionsrate in der Zementindustrie dagegen bislang bei rund 46 % (2017). Es gibt aber Bestrebungen der führenden Zementhersteller, auch europaweit den Einsatz alternativer Brennstoffe weiter zu erhöhen. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung der mineralischen Bestandteile im Brennstoff und der Rezeptur des Zementklinkers ist für einzelne Anlagen sogar ein vollständiger Einsatz von alternativen Brennstoffen technisch möglich.

Neben der Senkung von **CO<sub>2</sub>-Emissionen** bietet der Einsatz aufbereiteter Gewerbe- und Industrieabfälle die Möglichkeit, sowohl den Energieinhalt als auch die resultierende Asche als Komponente in der Klinkerherstellung zu nutzen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die Nutzung von Altreifen, welche aus Gummi, Textilfasern und einer Stahlkarkasse bestehen, und letztendlich als eisenhaltige Komponente zur Klinkererzeugung im Drehrohrofenprozess eingesetzt werden. Ein anderes Beispiel ist die Nutzung von kalkhaltigem und getrocknetem Klärschlamm, dessen organische Bestandteile als Brennstoff dienen und dessen kalkhaltige Asche als mineralische Komponente bei der Klinkererzeugung genutzt wird. Limitierungen kann es beispielsweise beim Einsatz von Kunststoffabfällen aufgrund von Chlorfrachten im Abgas geben.

Aschen aus abfallstämmigen Brennstoffen können zur Anpassung unzureichender Rohmaterialeigenschaften eingesetzt werden, allerdings muss die Menge und Zusammensetzung der damit verbundenen Asche sehr gut bekannt sein, um **Schwankungen** in der empfindlichen Chemie des Herstellungsprozesses zu minimieren. Bemühungen, **größere Mengen** an Asche abfallstämmiger Brennstoffe einzusetzen, kann zu noch **höheren Schwankungen**, möglicherweise sogar außerhalb der für den Zement zulässigen Grenzen führen. Dies könnte zu einer Verunreinigung der Baustoffe führen und steht im Widerspruch zu nachhaltigen Produkten und der Möglichkeit des Baustoffrecyclings. Als Konsequenz muss eine ausreichende Vorbehandlung der eingesetzten Abfälle inklusive der Gütesicherung sichergestellt werden.

<sup>53</sup> VDZ 2018

**Exkurs:**

Ein **durchschnittlicher Drehrohrofen** hat in Deutschland eine Tagesleistung von rund 3.000 t, während in Asien die weltweit größten Drehrohröfen mit der 5-fachen Leistung betrieben werden. Günstige Produktionsbedingungen und Schiffstransporte können so zu stärkeren Wettbewerbsbedingungen nahe von Wasserwegen (Küste und Rhein, etc.) in Deutschland führen. Süddeutschland ist somit aufgrund der Transportkosten vor ausländischer Konkurrenz besser geschützt als Norddeutschland. Die Zementwerke mit dem größeren **Wettbewerbsdruck** werden somit **höhere Brennstoffsubstitutionsraten** anstreben.

Je **höher** die **thermische Substitutionsrate** liegen soll, umso besser müssen die Abfälle aufbereitet werden, um den spezifischen Qualitätsanforderungen zu genügen. Dies führt zu höheren Aufbereitungskosten, wobei gleichzeitig das mögliche Einsatzspektrum von Abfällen sinkt.

## 2.5 Sonderabfall-, Klärschlamm- und Altholzverbrennung

Zu den **angrenzenden Teilmärkten** der thermischen Abfallbehandlungsanlagen zählen neben der Mitverbrennung in Kohle- und Zementwerken auch die Sonderabfallverbrennung, die Klärschlammverwertung in Monoverbrennungsanlagen sowie die energetische Verwertung von Altholz in Biomassekraftwerken (sogenannte Altholzkraftwerke).

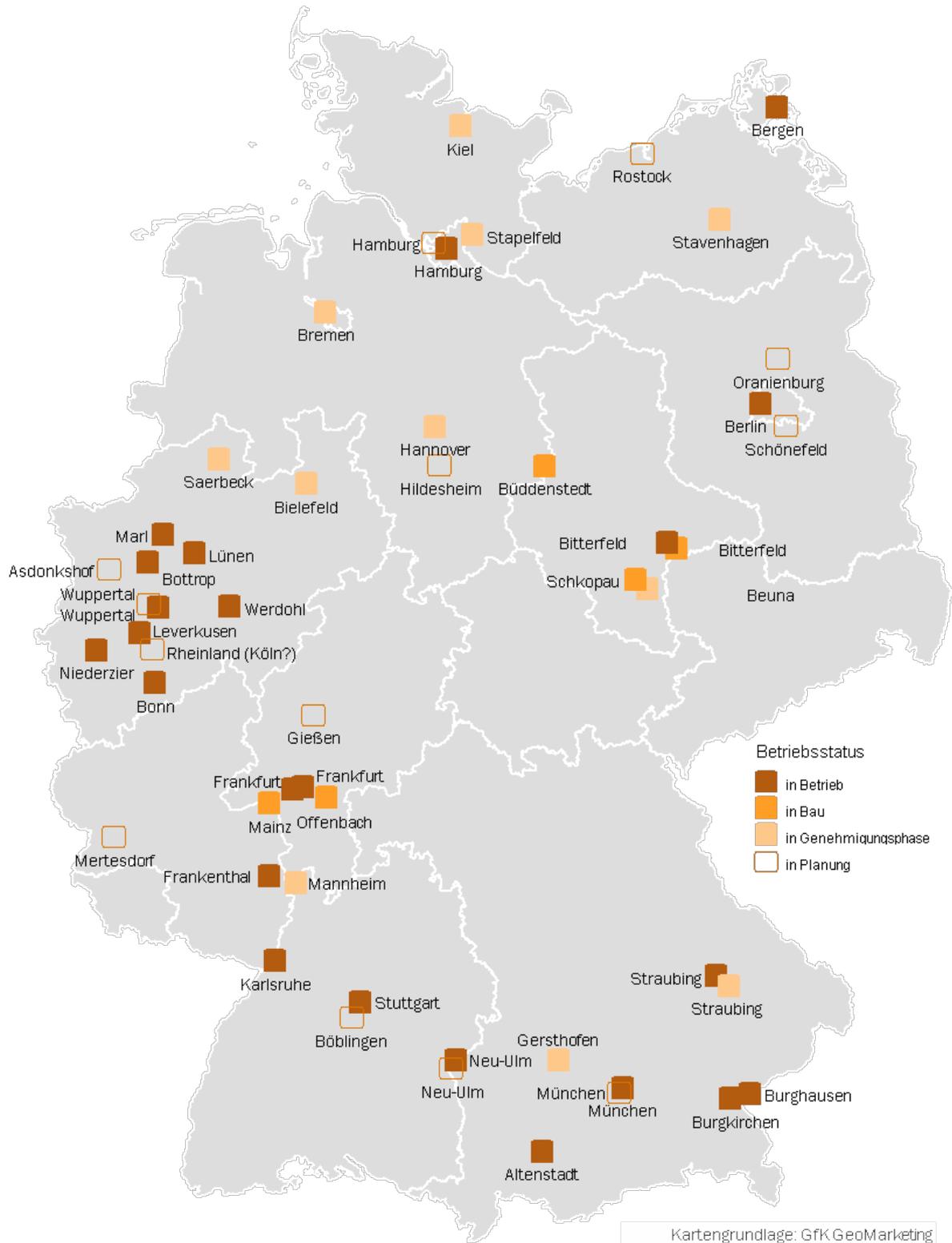
Bundesweit gibt es derzeit insgesamt **30 Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV)** mit einer genehmigten Gesamtkapazität von rund **1,61 Mio. t/a**, in denen feste, flüssige und gasförmige gefährliche Abfälle verbrannt werden. Insgesamt 22 dieser Anlagen sind entweder rein betrieblich oder öffentlich nur eingeschränkt zugänglich. Die acht rein öffentlich zugänglichen SAV verfügen über eine Kapazität von 0,68 Mio. t/a. Im Jahr 2017 wurden rund 1,35 Mio. t Abfälle in Sonderabfallverbrennungsanlagen eingesetzt, darunter 0,51 Mio. t im eigenen Betrieb erzeugte Abfälle.<sup>54</sup> Für den Anlagenbestand bei den SAV sind derzeit keine signifikanten Änderungen bekannt.

Neben der Mitverbrennung in TAB, Kraftwerken und Zementwerken wird kommunaler und industrieller Klärschlamm derzeit in insgesamt **24 Klärschlamm-Monoverbrennungsanlagen** mit einer Kapazität von **0,92 Mio. t<sub>TM</sub>/a** thermisch behandelt. Insgesamt sieben dieser Anlagen sind entweder rein betrieblich oder öffentlich nur eingeschränkt zugänglich. Aufgrund der Anforderungen der novellierten Klärschlammverordnung (Einschränkung der landwirtschaftlichen Verwertung, Phosphorrückgewinnung) ist die Realisierung einer Vielzahl weiterer Monoverbrennungsanlagen zu erwarten. Derzeit befinden sich fünf Monoverbrennungsanlagen mit einer Gesamtkapazität von nahezu 0,13 Mio. t<sub>TM</sub>/a in Bau, die noch in diesem Jahr bzw. im nächsten Jahr in Betrieb genommen werden sollen. Weitere 11 Anlagen befinden sich in Genehmigungsphase (Gesamtkapazität rund 0,37 Mio. t<sub>TM</sub>/a) und werden ebenfalls in den nächsten Jahren in Betrieb gehen. Aktuell sind mindestens 13 weitere Projekte in Planung<sup>55</sup>.

<sup>54</sup> Destatis 2019a

<sup>55</sup> ohne Berücksichtigung von Vergasungsanlagen

**Abbildung 12: Standorte und Planungen von Klärschlammmonoverbrennungsanlagen in Deutschland**



Für die thermische Behandlung von Klärschlamm ist insbesondere die Erhöhung des Heizwertes durch mechanische Entwässerung und anschließende Trocknung von Bedeutung. Bundesweit stehen dafür **rund 180 Klärschlamm-trocknungsanlagen**, die unterschiedliche Trocknerarten verwenden, zur Verfügung. Die meisten Klärschlamm-trocknungsanlagen verwenden Scheiben- oder Bandtrockner.

Für die **energetische Verwertung von Altholz** stehen bundesweit **56 Biomasseheizkraftwerke** mit Altholzeinsatz und einer Feuerungswärmeleistung > 20 MW mit einer Gesamtkapazität von rund 6,6 Mio. t/a zur Verfügung.<sup>56</sup> Von diesen erhalten 41 Anlagen eine EEG-Förderung.<sup>57</sup> 45 Anlagen verfügen über eine Genehmigung nach der 17. BImSchV.

Aufgrund des insbesondere zwischen 2020 und 2026 **schrittweisen Auslaufens der Einspeisevergütungen** nach dem EEG stehen die Altholz-einsetzenden Biomasseheizkraftwerke in den nächsten Jahren vor großen Herausforderungen und Veränderungsprozessen.

Hierbei zeichnen sich **verschiedene Entwicklungsoptionen** ab, die sowohl durch die spezifische Anlagen- und Standortsituation als auch regionale Wettbewerbssituation beeinflusst wird:

- Mit dem Wegfall der wirtschaftlichen Säule der EEG-Förderung droht die Gefahr, dass Anlagen aus wirtschaftlichen Gründen vom Netz genommen werden (müssen). Dies kann insbesondere bei ungünstigen Standortbedingungen für die Vermarktung von Wärme und damit der fehlenden finanziellen Kompensation für die wegfallende EEG-Förderung der Fall sein.
- Dies würde bedeuten, dass notwendige Behandlungskapazitäten für die mit Schadstoffen belasteten Althölzer fehlen und diese Mengen anteilig in angrenzende Teilmärkte der thermischen Abfallbehandlung drängen.
- Auf der anderen Seite können insbesondere Altholzkraftwerke mit einer Genehmigung nach 17. BImSchV in den Wettbewerb um Abfallströme, wie z. B. Ersatzbrennstoffe, treten.
- Beeinflusst werden die Entwicklungen bei der thermischen Behandlung auch von aktuell diskutierten neuen Anlagenplanungen bzw. von aktuell diskutierten Maßnahmen zum Umbau von Linien für die Altholzverbrennung. Dieser Trend steht in einem engen Zusammenhang mit dem geplanten Kohleausstieg und der Umstellung von Industriekraftwerken von Kohle auf Altholz. Der Zubau neuer Kapazitäten für die energetische Verwertung von Altholz würde beide vorgenannten Entwicklungsoptionen weiter verstärken.

Eine finale Bewertung der potenziellen Auswirkungen auf den primären Wettbewerbsmarkt der TAB ist derzeit nicht noch nicht möglich. Zu erwarten sind spezifische Entwicklungsprozesse in den Regionen, die aus den jeweiligen Gegebenheiten an Kapazitäten, Mengen und wirtschaftlichen Möglichkeiten resultieren.

<sup>56</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

<sup>57</sup> IZES 2018

## 2.6 Aktuelle Wettbewerbssituation zur TAB

Im Jahr 2017 wurden bundesweit insgesamt **47,87 Mio. t**<sup>58</sup> an Abfällen in **öffentlich zugänglichen thermischen Abfallbehandlungsanlagen** behandelt. Der Anteil der Importe aus dem Ausland daran betrug 6 %. Diese Gesamtmenge verteilte sich nach Art der Anlage wie folgt:

**Tabelle 3: In thermischen Anlagen im Jahr 2017 behandelte Abfälle**

Anlagentyp	Summe behandelte Abfälle Mio. t (% an Summe)	Anteil Importe Mio. t (% an Anlagentyp)
MVA / EBS-Kraftwerke (TAB)	26,17 (55 %)	1,52* (6 %)
Mitverbrennung in Kraftwerken	3,10 (6 %)	0,09 (3 %)
Mitverbrennung in Produktionsanlagen (z. B. Zement-, Kalk-, Ziegel- oder Stahlwerke)	4,78 (10 %)	0,23 (5 %)
Klärschlammverbrennungsanlagen	2,07 (4 %)	0,05 (2%)
Sonderabfallverbrennungsanlagen	1,35 (3 %)	0,14 (10 %)
Biomassekraftwerke	8,71 (18 %)	0,77 (9 %)
Sonstige Anlagen zur thermischen Behandlung <sup>59</sup> (z. B. Pyrolyse, Heizwerke, die nur Wärme erzeugen)	1,69 (4 %)	0,07 (4 %)
<b>Summe</b>	<b>47,87 (100 %)</b>	<b>2,86 ( 6%)**</b>

\* Hierin enthalten sind 0,35 Mio. t, die an die EVI Emlicheim (Sonderfall, Anlage an der Grenze zwischen Deutschland und den Niederlanden) geliefert werden.

\*\* Die Angaben der Fachserie 19 sind um 0,2 Mio. t höher als die in der Statistik zur grenzüberschreitenden Abfallverbringung des Umweltbundesamtes (notifizierungspflichtige Abfälle) für die Behandlungswege R1/D10 ausgewiesenen Mengen (2,66 Mio. t).

Quelle: Destatis 2019a

© Prognos 2020

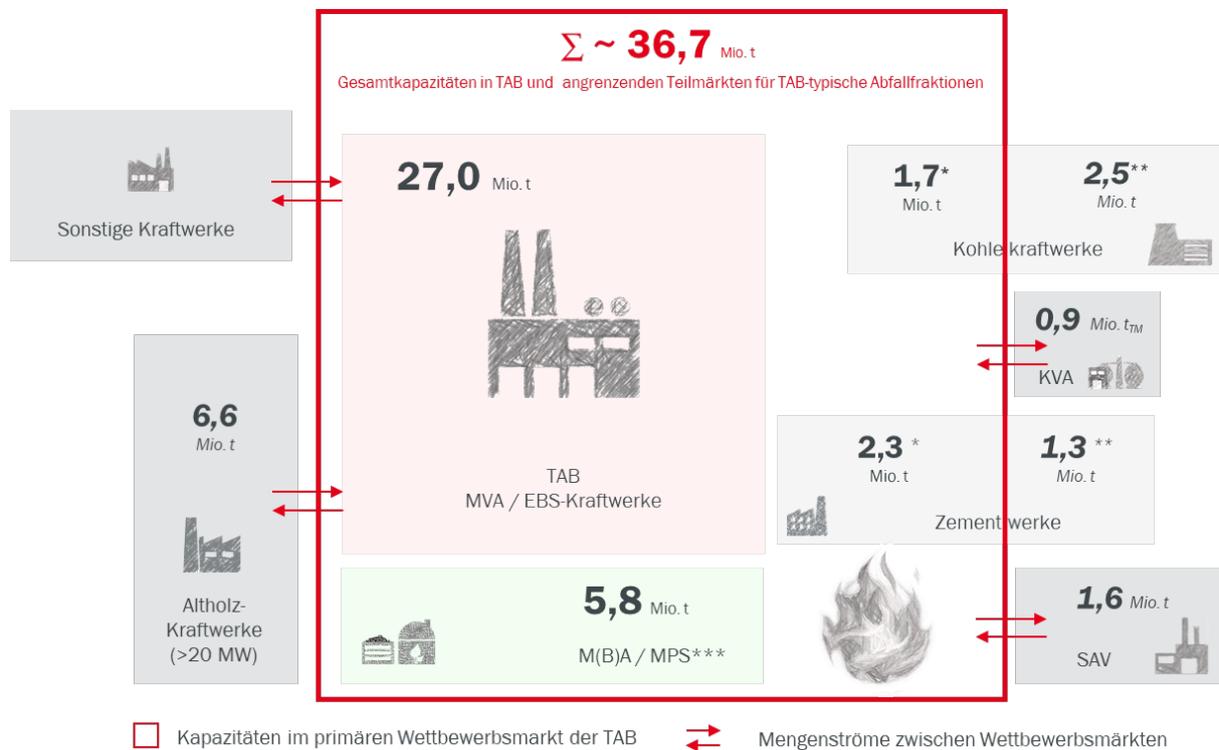
Für die Einschätzung der zukünftigen Situation der TAB im Jahr 2040 ist daher neben der Entwicklung des thermisch zu behandelnden Aufkommens für die TAB sowie der verfügbaren Kapazitäten auch die **Wettbewerbssituation zu angrenzenden Teilmärkten** mit einzubeziehen.

Hierbei spielt die direkte **primäre Wettbewerbssituation**, die in relevantem Umfang auf die gleichen Stoffströme zugreifen wie die TAB, eine besondere Rolle. Im Falle der TAB sind das insbesondere die **Kohlekraftwerke** sowie **Zementwerke**, die anteilig um die gleichen Stoffströme, wie z. B. Ersatz- und Sekundärbrennstoffe konkurrieren. Diese Wettbewerbssituation ist aber aufgrund der derzeitigen Vollauslastung gering, da es sich durch die höheren Heizwerte und der notwendigen Aufbereitungstiefe um andere Marktsegmente handelt.

<sup>58</sup> Destatis 2019a

<sup>59</sup> Diese Kategorie ist schwer zu bewerten, da kaum Informationen zu den Anlagen vorliegen.

Abbildung 13: Übersicht über die Wettbewerbssituation und die Teilmärkte der TAB



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Kapazitäten aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich.

\* Berücksichtigung anteiliger Kapazitäten für vergleichbare Abfallfraktionen, die typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden.

\*\* Kapazitäten für sonstige Abfallarten. Für gefährliche Abfälle und Klärschlämme ist nur der in TAB behandelte Anteil berücksichtigt.

\*\*\* Berücksichtigung der Kapazitäten von mechanisch-biologischen, mechanisch-physikalischen sowie mechanischen Aufbereitungsanlagen, die aktuell noch Verträge für kommunale Restabfallmengen haben.

Quellen: Prognos AG 2020, Destatis 2019a

© Prognos 2020

Eine weitere zusätzliche **spezifische Wettbewerbssituation** seitens der TAB (hier insbesondere der MVA) ergibt sich zu den mechanisch-(biologisch/physikalischen) Behandlungsanlagen (M(B)A) in Bezug auf die kommunalen Restabfälle, wobei **brennbare Abfälle** (Sortierreste, Ersatz- und Sekundärbrennstoffe) nach der Vorbehandlung wieder für die thermische Abfallbehandlung zur Verfügung stehen. Die in M(B)A behandelten Mengen sind im Rahmen der Wettbewerbsbetrachtung zusätzlich zu den bisher thermisch behandelten Abfällen zuzurechnen.

Darüber hinaus besteht eine **sekundäre Wettbewerbssituation** zu anderen Teilmärkten, die für einzelne Stoffströme zwar von geringerer Mengenrelevanz sind, in Summe jedoch einen nicht unbedeutenden Beitrag zur Auslastungssituation der TAB leisten können.

Die **öffentlich verfügbaren Statistiken** zu den in den diversen thermischen Abfallbehandlungsanlagen eingesetzten Stoffströmen sind sehr begrenzt und erlauben keine detaillierte Abgrenzung. Im Rahmen dieser Studie wurde daher ein **orientierender Näherungsansatz** gewählt, um die potenziellen Mengen und Kapazitäten im primären Wettbewerbsumfeld abzuschätzen.

Berücksichtigt wurden hierbei

- Stoffströme, die typischerweise in den TAB thermisch behandelt werden, wie z. B. Hausmüll, gemischte hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, sonstige Siedlungsabfälle, brennbare Abfälle (AVV-Nr. 19 12 10 und 19 12 12),
- ausgewählte Abfallschlüssel, die von TAB angenommen werden<sup>60</sup> und **nicht** zu den **nachfolgend genannten** Stoffströmen zählen,
- Primär **nicht** berücksichtigt wurden Stoffströme, die **typischerweise von anderen thermischen Anlagenarten** behandelt werden. Hierzu zählen z. B. gefährliche Abfälle, Altholz sowie Schlämme. Eine Ausnahme hiervon bilden die tatsächlich in den TAB thermisch behandelten Mengen an gefährlichen Abfällen, Klärschlämmen sowie Rejekten, da diese für die Betrachtung der aktuellen Auslastungssituation relevant sind. Die zukünftig zu erwartende potenzielle Wettbewerbssituation um diese Stoffströme wurde im Rahmen von Szenarien berücksichtigt.

Die identifizierten Stoffströme werden auf der Ebene der Abfallschlüssel mit ihrem im Jahr 2017 thermisch behandelten Mengenanteilen addiert. Daraus ergibt sich ein **primär wettbewerbsrelevantes thermisch bzw. mechanisch-biologisch zu behandelndes Mengenpotenzial von 34,51 Mio. t**.

Diesen Mengen werden in einem **zweiten Schritt** die primär wettbewerbsrelevanten **Anlagenkapazitäten** gegenübergestellt. Dabei werden neben den im Fokus der Analysen stehenden TAB **anteilig** die folgenden Anlagenarten im Bilanzkreis der primären Wettbewerbssituation berücksichtigt:

#### **Zementwerke<sup>61</sup>**

- Einbeziehung eines vergleichbaren Mengenanteil von 2,26 Mio. t, entspricht ca. 63 % der Inputmenge 2017 (aufbereitete Siedlungsabfallfraktionen, Industrie- und Gewerbeabfälle, Kunststoffe; ohne Klärschlamm, gefährliche Abfälle und Tiermehl).
- Aufgrund der nicht bekannten genehmigten Kapazitäten werden die Inputmengen hilfsweise der Kapazität gleichgesetzt.

#### **Kohlekraftwerke<sup>62</sup>**

- Einbeziehung der Kapazitäten von Kohlekraftwerken, die (anteilig) Ersatz- und Sekundärbrennstoffe einsetzen in Höhe von 1,73 Mio. t/a.
- Zu beachten, dass die Kohlekraftwerke anteilig auch andere Abfallarten (z. B. Faserschlämme) einsetzen und die tatsächliche Anlagenauslastung deutlich unter den angenommenen Kapazitäten liegt.
- Für die jeweiligen Szenarien wurde ein tatsächlicher Einsatz von rund 0,81 Mio. t an Ersatz- und Sekundärbrennstoffen angenommen.

<sup>60</sup> Für die Bewertung erfolgte eine Auswertung der von TAB in Nordrhein-Westfalen angenommenen Abfallschlüssel auf der Grundlage der in AIDA - Informationsplattform Abfall in NRW ([www.abfall-nrw.de](http://www.abfall-nrw.de)) veröffentlichten Angaben.

<sup>61</sup> Datengrundlage: VDZ

<sup>62</sup> Datengrundlage: UBA (Flamme/Quicker) 2018, Zusatzrecherchen Prognos AG

### **Mechanisch-(biologische/physikalische) Abfallbehandlungsanlagen**<sup>63</sup>

- Berücksichtigung von mechanisch-biologischen, mechanisch-physikalischen sowie mechanischen Aufbereitungsanlagen, die aktuell noch **Verträge für kommunale Restabfallmengen** haben und damit in einer primären Wettbewerbssituation insbesondere zu den MVA stehen. Dies sind bundesweit aktuell 49 Anlagen mit einer genehmigten Kapazität von 5,78 Mio. t/a<sup>64</sup>

Die **sekundäre Wettbewerbssituation** zu insbesondere Klärschlammmonoverbrennungsanlagen und Altholzkraftwerken wird im Rahmen der Szenarien im Kapitel 5 berücksichtigt.

<sup>63</sup> Datengrundlage: ASA e.V., Eigenrecherchen Prognos AG

<sup>64</sup> Die von Prognos ermittelten Daten weichen sowohl von den Angaben bei Destatis 2019a (52 Anlagen) sowie UBA (Flamme/Quicker) 2018 (44 Anlagen) aus methodischen Gründen ab. Prognos berücksichtigt alle Anlagen, die aktuell noch Verträge für die Vorbehandlung kommunaler Restabfälle haben. Hiervon sind einige Anlagen statistisch als Sortieranlagen kategorisiert. MBA, die ausschließlich nur noch Bioabfälle behandeln sind im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt.

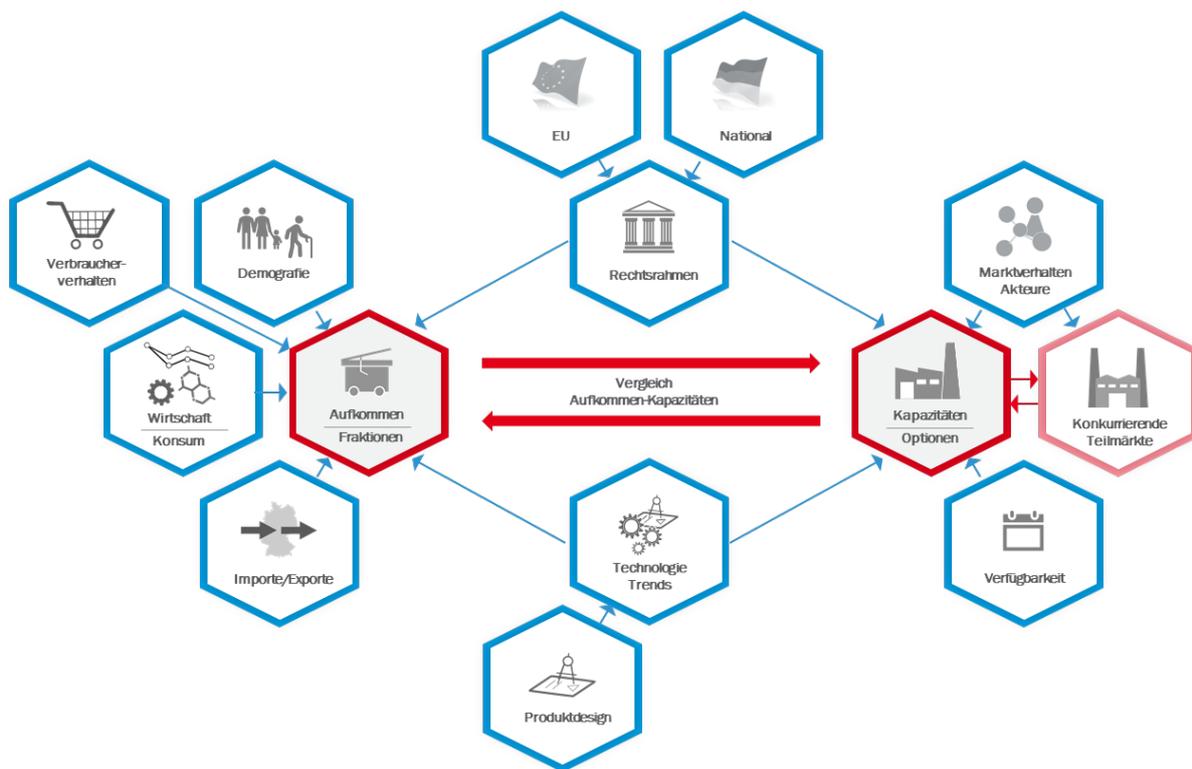
### 3 Status quo Prognose zur Mengenentwicklung für die TAB

#### 3.1 Überblick über die Einflussfaktoren für die Mengenentwicklung

Die **zukünftige Entwicklung des Abfallaufkommens** aus Haushalten, Industrie und Gewerbe insgesamt, der Anteil der davon thermisch zu behandelnden Abfälle, die resultierenden Entsorgungswege und auch die verfügbaren Kapazitäten unterliegen einem **komplexen**, sich wechselseitig beeinflussenden System an **Einflussfaktoren**.

Die wesentlichen Einflussfaktoren sind in nachfolgender Abbildung zusammengefasst.

Abbildung 14: Übersicht der Haupteinflussfaktoren



### 3.1.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die abfallrechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland werden durch ein komplexes System europäischer Rechtsakte geprägt. Dabei nehmen die Minimierung der nachteiligen Umweltauswirkungen von Abfallerzeugung und -behandlung, Ressourcenschonung und Energieeffizienz sowie Klimaschutz einen immer größeren Raum ein.

Im Frühjahr 2018 wurde das **EU-Kreislaufwirtschaftspaket** verabschiedet, welches mit der Novellierung diverser Verordnungen einhergeht. Damit setzte die EU europaweit rechtverbindliche Ziele, die die Umsetzung der 5-stufigen Abfallhierarchie stärken. So wurden Definitionen angepasst, neue Recyclingziele für Siedlungsabfälle, Verpackungsabfälle, Bau- und Abbruchabfälle definiert sowie Vorgaben zur getrennten Erfassung zusätzlicher Abfallstoffströme wie z. B. Bio- und Grünabfälle und Textilien sowie des schrittweisen Ausstiegs aus der Deponierung von Siedlungsabfällen erlassen. Mit realitätsnäheren Berechnungsmethoden der Recyclingraten<sup>65</sup> soll die Umsetzung in Richtung einer tatsächlichen Kreislaufwirtschaft besser überwacht werden. Höhere Anforderungen werden an die Herstellerverantwortung gestellt. Das EU-Kreislaufwirtschaftspaket ist nunmehr bis Juli 2020 in nationales Recht umzusetzen. Hierzu zählen u. a. die in 2018 novellierte Abfallrahmenrichtlinie, die Deponierichtlinie sowie Verpackungsrichtlinie.

Das zentrale Gesetz des Abfallrechtes in Deutschland ist das **Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)**, welches erstmals 1996 in Kraft getreten und 2012 mit der Umsetzung der EU-Abfallrahmenrichtlinie von 2008 grundlegend novelliert. Im Kreislaufwirtschaftsgesetz wurden u. a. die **Getrenntsammlungspflicht von Bioabfällen aus Haushalten** ab dem 1.1.2015, die **5-stufige Abfallhierarchie** verankert und **höhere Recyclingziele für Siedlungsabfälle** festgelegt, wobei die Ermittlung über eine Input-basierte Berechnung („Zuführung zum Recycling“) erfolgt. Bereits im Sommer 2019 wurde der Referentenentwurf zur Novelle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes vorgelegt, mit dem das EU-Kreislaufwirtschaftspaket in nationales Recht<sup>66</sup> umgesetzt werden soll. Mit der Verabschiedung ist voraussichtlich vor der Sommerpause 2020 zu rechnen.

In Bezug auf die energetische Verwertung von Abfällen sind neben dem Kreislaufwirtschaftsgesetz insbesondere die folgenden Rechtsakte von Relevanz, da sie sich auf die Menge sowie Zusammensetzung bisher energetisch verwerteter Abfälle auswirken. Die spezifischen Regelungen und Quoten, die für die Szenarien von Relevanz sind, werden im Rahmen der Szenarien benannt:

#### ■ **Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV)**

Die novellierte Gewerbeabfallverordnung von 2017 ist seit dem 1. Januar 2019 umzusetzen. Sie regelt den Umgang mit gewerblichen Siedlungsabfällen sowie bestimmten Bau- und Abbruchabfällen. Gewerbeabfälle im Sinne der Verordnung sind alle Abfälle die in Art, Zusammensetzung, Schadstoffgehalt und Reaktionsvermögen den Abfällen aus Haushalten vergleichbar sind, wobei Abfälle, die anderen Rechtsakten unterliegen, wie z. B. Elektrogeräte, Verpackungsabfälle oder Altholz ausgeschlossen sind, sofern sie der Umgang mit diesen Abfällen den Anforderungen dieser Rechtsakte entspricht. Ziel der Gewerbeabfallverordnung ist die getrennte Erfassung stofflich verwertbarer Abfälle und Stärkung des Recyclings.

<sup>65</sup> Durch die neuen Berechnungsmethoden werden sich die Ergebnisse, die auf den bisherigen Methoden beruhen, deutlich bessern.

<sup>66</sup> Bei Abschluss dieser Untersuchung noch nicht verabschiedet.

Gemische sind einer Vorbehandlungsanlage zuzuführen, für die eine Recyclingquote von 30 % vorgeschrieben wurde.

#### ■ **Verpackungsgesetz (VerpackG)**

Seit Januar 2019 ist das neue Verpackungsgesetz (VerpackG) in Kraft getreten und hat die bis dahin geltende Verpackungsverordnung abgelöst. Mit dem neuen Verpackungsgesetz soll nicht nur das Recycling von Verpackungsabfällen durch die **Vorgabe höherer Recyclingziele** für die einzelnen Verpackungsmaterialien gefördert werden, sondern auch die ökologische Gestaltung von Verpackungsmaterialien. Bei Getränkeverpackungen wird ein Mehrweganteil von 70 % angestrebt. Die dualen Systeme wurden verpflichtet mindestens 50 % der insgesamt über ihr System erfassten Abfälle zu recyceln (inklusive Fehlwürfen).

Mit Blick in die Zukunft ist davon auszugehen, dass die Teilmärkte der thermischen Abfallbehandlung sich in Teilbereichen weiter stärker überlagern werden. Ursächlich hierfür sind einerseits fehlende Kapazitäten, andererseits neue Herausforderungen aufgrund der Änderung rechtlicher Rahmenbedingungen.

#### ■ **Klärschlammverordnung (AbfKlärV)**

Mit der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung (AbfKlärV) vom 12.5.2017 wurde das Ausbringungsverbot auf landwirtschaftliche Nutzflächen für Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5, d.h. mit mehr als 50.000 bzw. 100.000 angeschlossenen Einwohnern sowie die Phosphorrückgewinnung beschlossen. Eine weitere Begrenzung der Einsatzmöglichkeiten von Klärschlamm als Düngemittel (Aufbringungsverbot für synthetische Polymere) erfolgte mit dem Entwurf der **Düngemittelverordnung (DüMV)**. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche Mengen an Klärschlämmen thermisch behandelt werden müssen, für die aktuell noch keine ausreichenden Monoverbrennungskapazitäten im Markt verfügbar sind.

#### ■ **Bioabfallverordnung (BioAbfV)**

Die letzte Aktualisierung der Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (BioAbfV) ist im Oktober 2017 in Kraft getreten. Sie regelt die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzten Böden. Aktuell ist eine weitere kleine Novelle geplant. Ziel ist es, die Qualität der Bioabfälle zu regeln und Fremdstoffe bereits vor der Kompostierung oder Vergärung zu reduzieren (Fremdstoffgehalt).

#### ■ **Altholzverordnung (AltholzV) / Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**

Die Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz (AltholzV) ist bereits seit 2002 in Kraft. Sie definiert Anforderungen an den Umgang mit Altholz, welches je nach Art und Herkunft in die Altholzkategorien A I bis A IV sowie PCB-belastetes Altholz unterschieden wird. Derzeit gilt die energetische und stoffliche Verwertung als gleichrangig. Die Novellierung der AltholzV ist für 2021 vorgesehen.

Die Herausforderungen im Bereich der thermischen Verwertung von Althölzern bestehen insbesondere im **Auslaufen der Förderung nach dem EEG** zwischen 2020 und 2026. Mit dem Wegfall der Subventionen steigt das Risiko von Anlagensteillegungen und damit dem Wegfall von Verbrennungskapazitäten.

Über die vorab genannten Gesetze und Verordnungen hinaus steht die Abfallwirtschaft in Deutschland vor der Herausforderung weitere europäische Richtlinien in nationales Recht zu überführen. Auch ist seitens der EU-Kommission geplant, die statistische Ermittlung der Recyclingquoten zu vereinheitlichen sowie einen **Output-basierten Ansatz zur Ermittlung der Recyclingquote für Siedlungsabfälle** einzuführen. Zudem sind Auswirkungen der **neuen Vorgaben zur Berechnung der Recyclingquoten nach der europäischen Verpackungsrichtlinie**<sup>67</sup> zu erwarten, wobei sich insbesondere die Berechnung der Marktmenge für Verbunde ändert, die differenziert nach den in der Verpackung vorhandenen Materialien zu erfassen und zu melden sind. Dies wird insbesondere bei Aluminium und Kunststoffen zu steigenden statistischen Mengen führen<sup>68</sup>. Darüber hinaus wird auch im Verpackungsbereich der Berechnungspunkt „Input Recyclinganlage“ für die einzelnen Verpackungsmaterialien spezifisch festgelegt.<sup>69</sup>

### 3.1.2 Demografische Einflussfaktoren

Die **demografischen Entwicklungen** beeinflussen insbesondere das Siedlungsabfallaufkommen als auch dessen Abfallzusammensetzung. Hierbei sind die natürliche Bevölkerungsentwicklung sowie das Wanderungssaldo jedoch nicht die alleinig bestimmende Einflussfaktoren. Vielmehr bestimmen darüber hinaus vor allem Altersstruktur, Haushaltsgröße sowie Anzahl von Singlehaushalten, Umweltbewusstsein aber auch das verfügbare Einkommen das Konsumverhalten und damit auch die Zusammensetzung des Warenkorbs, der letztendlich zum Abfall wird.

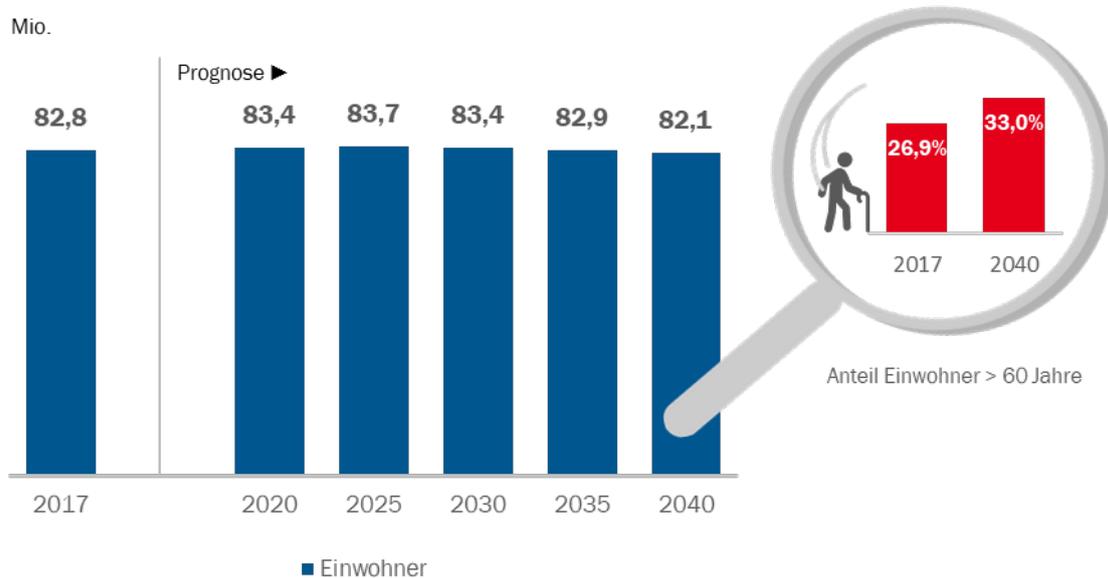
Die demografischen Entwicklungsprognosen weisen zunächst eine **positive Bevölkerungsentwicklung** aus, die durch Zuwanderungen beeinflusst wird. Ihr Einfluss ist schwer vorhersehbar und wird i. d. R. im Rahmen von Szenarien berücksichtigt. Insgesamt nimmt die Wachstumsdynamik der Bevölkerungsentwicklung jedoch ab. Gleichzeitig setzt sich der **Alterungsprozess** der Bevölkerung fort, was u. a. zu einem zunehmenden Anteil von Single-Haushalten führt. Lag der Anteil der über 60-jährigen im Jahr 2017 noch bei nahezu 27 %, wird dieser bis zum Jahr 2040 auf durchschnittlich 33 % ansteigen.

<sup>67</sup> Durchführungsbeschluss (EU) 2019/665 der Kommission vom 17. April 2019 zur Änderung der Entscheidung 2005/270/EG zur Festlegung der Tabellenformate für die Datenbank gemäß der Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Verpackungen und Verpackungsabfälle

<sup>68</sup> UBA (GVM) 2019, S. 203.

<sup>69</sup> UBA (GVM) 2019, S. 205.

Abbildung 15: Bevölkerungsentwicklung bis 2040



Quellen: Prognos AG - Regionalmodell REGINA

© Prognos 2020

Verringern wird sich auch die **durchschnittliche Haushaltsgröße** von 1,99 Personen/Haushalt im Jahr 2017 auf 1,90 Personen/Haushalt im Jahr 2040. Dies geht mit einem deutlichen Anstieg an Singlehaushalten einher. Singlehaushalte erzeugen durchschnittlich 70 % bis 80 % des Abfallaufkommens eines Zweipersonenhaushaltes. Diesem grundsätzlichen Trend könnte eine Zunahme von Wohngemeinschaften auch von Senioren entgegenwirken. Hierbei bleibt jedoch schwer einzuschätzen, ob dies auch mit einer gemeinsamen Haushaltsführung einhergehen würde.

Die angenommene Bevölkerungsentwicklung ist vergleichbar mit der Variante 2 (Moderate Entwicklung der Geburtenrate, Lebenserwartung und Wanderung) der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes<sup>70</sup>. Das positive Wanderungssaldo wird hierbei mit 221.000 Personen pro Jahr angenommen.

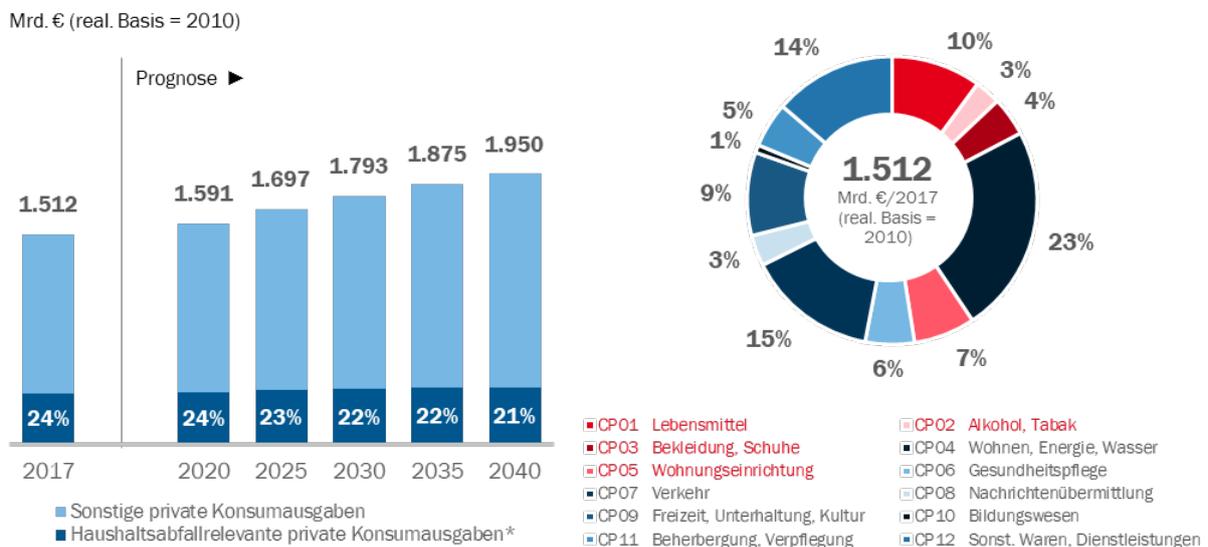
<sup>70</sup> Destatis 2019b

### 3.1.3 Wirtschaftliche Einflussfaktoren

#### Private Konsumausgaben

Das Abfallaufkommen aus privaten Haushalten wird maßgeblich vom verfügbaren Budget für private Konsumausgaben beeinflusst. Bundesweit wurden im Jahr 2017 im Mittel 24 % der privaten Konsumausgaben für **Konsumgüter** wie Lebensmittel, Alkohol und Tabak, Wohnungseinrichtung, Bekleidung, Schuhe und Verpflegung ausgegeben, die sich direkt auf das Aufkommen an Abfällen aus Haushalten auswirken.

Abbildung 16: Entwicklung und Zusammensetzung der privaten Konsumausgaben



Hinweis: Kennzeichnungen in roter Schrift beziehen sich auf **abfallrelevante Konsumausgaben**, die direkten Ausgaben der Haushalte für die Abfallentsorgung werden nicht erhoben

Quellen: Prognos Economic Outlook

© Prognos 2020

Die privaten Konsumausgaben werden bis 2040 um jährlich rund 1,1 % steigen. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine Erhöhung der Kaufkraft nicht zwingend im gleichen Umfang auch abfallwirksam wird. Im Vergleich zur Entwicklung der Konsumausgaben insgesamt werden die sogenannten haushaltsabfallrelevanten Konsumausgaben mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 0,5 % deutlich geringer steigen. Ihr Anteil an den Gesamtkonsumausgaben sinkt daher bis 2040 auf 21 %.

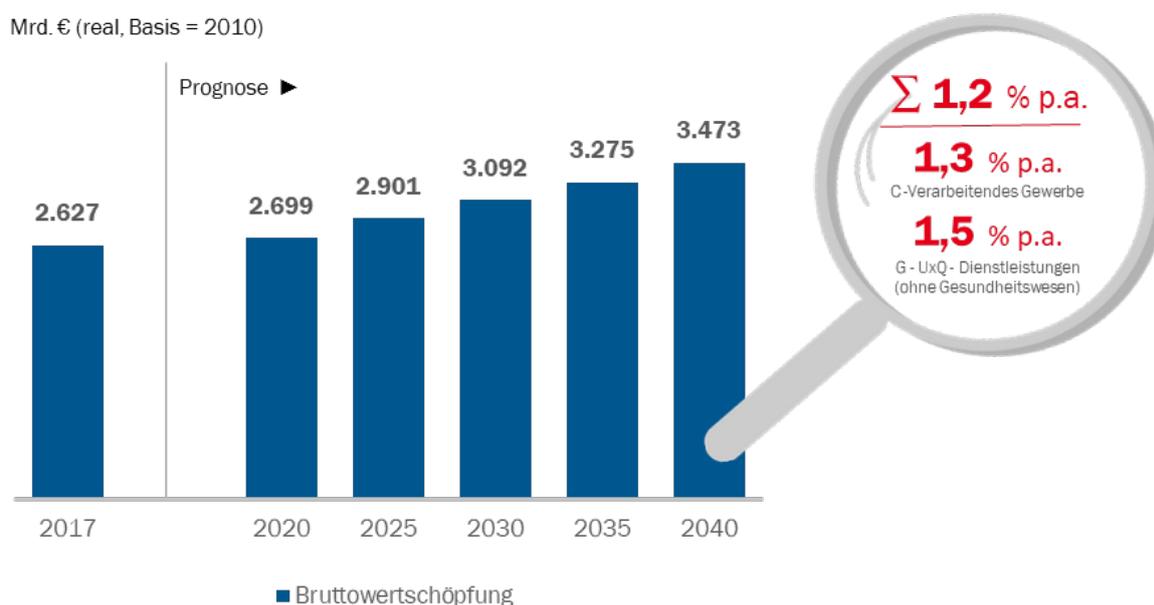
#### Bruttowertschöpfung

Die Wirtschaftsentwicklung ist ein bedeutender Einflussfaktor insbesondere auf das Aufkommen an Abfällen aus Industrie und Gewerbe. Dies gilt in besonderem Maße für den produzierenden Bereich, denn bei der Produktion entstehen Abfälle, eine Steigerung der Produktion ist daher mit einem Anstieg der Abfälle verbunden. Mehr Abfälle müssen behandelt und entsorgt werden. Das

beeinflusst auch das Aufkommen an Sekundärabfällen, also Abfällen aus der Abfallbehandlung. Da die einzelnen Branchen zudem eine unterschiedliche Abfallintensität aufweisen, sind **branchenspezifische Entwicklungen** und Einflüsse zu berücksichtigen.

Üblicherweise wird die Entwicklung des Abfallaufkommens der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes (BIP) gegenübergestellt. Aufgrund der fehlenden BIP-Daten für einzelne Branchen werden Daten zur Bruttowertschöpfung (real, Basisjahr 2010) genutzt.

Abbildung 17: Entwicklung der Bruttowertschöpfung bis 2040



Quellen: Prognos Economic Outlook

© Prognos 2020

Bis 2040 wird real von einer weiteren durchschnittlichen jährlichen **Steigerung der Bruttowertschöpfung** von **durchschnittlich + 1,2 % p. a.**<sup>71</sup> ausgegangen. Triebkräfte sind vor allen das Verarbeitende Gewerbe und die Dienstleistungsbereiche, die einhergehende stärkere Nachfrage und der Handel, als auch die steigende Arbeitsproduktivität in der Gesamtwirtschaft.

Die Wirtschaft Deutschlands profitiert insgesamt auch in den kommenden Jahrzehnten vom dynamischen Ausbau der Produktionskapazitäten, vor allem in den führenden Schwellenländern. Die für die Vergangenheit gültige Kombination aus einer günstigen relativen Preisentwicklung und einer hohen technologischen Leistungsfähigkeit und Innovationskraft der deutschen Unternehmen wird auch bis 2040 anhalten. Zwar wird die deutsche Wirtschaft geringfügig Handelsanteile vor allem an aufstrebende Schwellenländer verlieren, aber gerade in Relation zu anderen „alten“ Industrieländern werden die deutschen Exporte weiterhin sehr dynamisch zulegen.

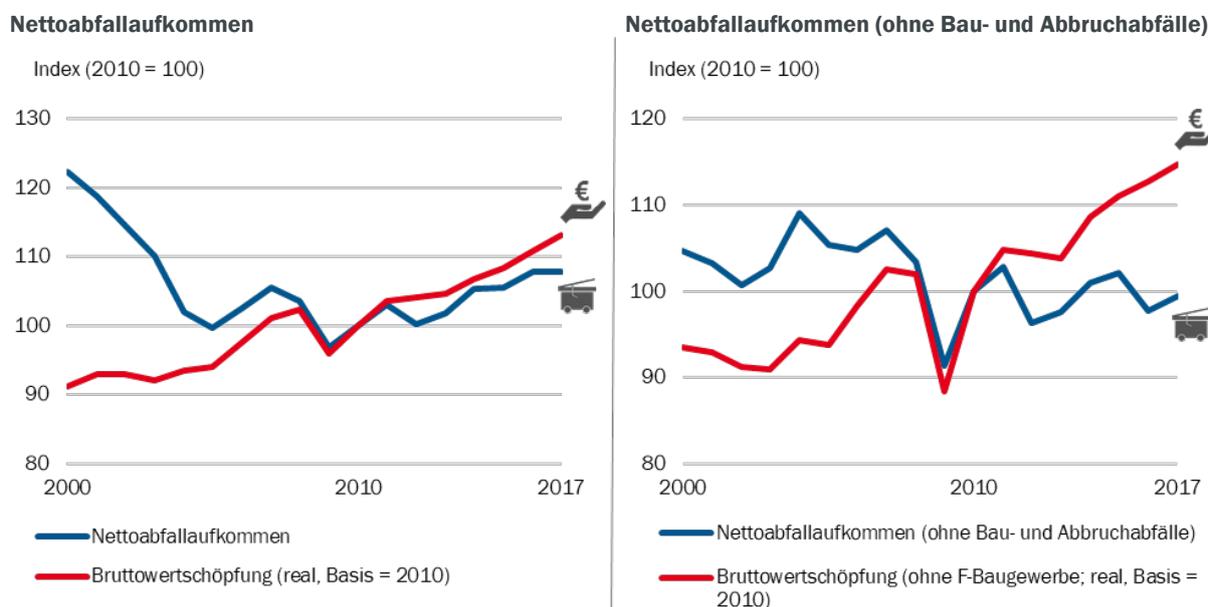
<sup>71</sup> ohne Berücksichtigung des Einflusses der Corona-Krise.

### 3.1.4 Zusammenhang von Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen

Der Vergleich der Entwicklungskurven für das Nettoabfallaufkommen sowie die Bruttowertschöpfung (real, Basis = 2010) belegt einen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen<sup>72</sup>. Hierbei wird deutlich, dass es insbesondere in den Jahren 2000 bis 2005 einen deutlichen Rückgang des Nettoabfallaufkommens (-18 %) im Vergleich zu einem moderaten Anstieg der Bruttowertschöpfung (+3 %) gegeben hat. Die Abfallintensität<sup>73</sup> hat sich in diesem Zeitraum um 21 % verringert. Der deutliche Rückgang beim Nettoabfallaufkommen ist jedoch primär auf den konjunkturell bedingten Rückgang bei den Bau- und Abbruchabfällen (- 9 %) zurückzuführen, die im Jahr 2000 noch mit einem Anteil von 64 % zum Nettoabfallaufkommen beigetragen haben. Dieser Anteil ist im Jahr 2005 auf 56 % zurückgegangen. Bis zum Jahr 2017 ist ein erneuter Anstieg auf 61 % zu verzeichnen gewesen.

Vergleicht man die Entwicklungskurven ohne Bau- und Abbruchabfälle vereinfacht mit der Entwicklung der Bruttowertschöpfung ohne den WZ-Abschnitt F - Baugewerbe wird deutlich, dass die Entwicklungen zwischen den Jahren 2000 und 2005 nahezu parallel verliefen (Bruttowertschöpfung +0,3 %; Nettoabfallaufkommen +0,7 %). Die Abfallintensität hat um 0,4 % zugenommen. Maßnahmen, die auf eine Entkoppelung des Abfallaufkommens von der Wirtschaftsentwicklung zielen, sind für einzelne Branchen erkennbar, wirken aber auf das Gesamt Nettoabfallaufkommen begrenzt.

**Abbildung 18: Zusammenhang von Wirtschaftsentwicklung und Abfallaufkommen**



Quellen: Umweltbundesamt, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen Prognos AG

© Prognos 2020

<sup>72</sup> bezogen auf den Input in Abfallbehandlungsanlagen

<sup>73</sup> Verhältnis des Nettoabfallaufkommens zur Bruttowertschöpfung im jeweiligen Zeitraum

Im Zeitraum 2010 – 2017 (nach der Wirtschaftskrise) zeigt sich im Vergleich der Entwicklungen zwischen Nettoabfallaufkommen und Bruttowertschöpfung unter Berücksichtigung jährlicher Schwankungen eine Entkoppelung (Bruttowertschöpfung +13 %; Nettoabfallaufkommen +0,8 %). Während sich die Entwicklungen im Bereich der Bau- und Abbruchabfälle in Bezug auf die Entkopplung des Abfallaufkommens von der Wirtschaftsentwicklung nicht fortsetzen, lässt die separate Betrachtung ohne die mengenmäßig dominierenden Bau- und Abbruchabfälle zwischen 2010 und 2017 eine beginnende Entkoppelung vermuten. Während die Bruttowertschöpfung ohne den WZ-Abschnitt F - Baugewerbe in diesem Zeitraum um nahezu 15 % angestiegen ist, ist das Nettoabfallaufkommen ohne Bau- und Abbruchabfälle um -0,8 % zurückgegangen. Diese spiegelt sich auch in einem Rückgang der Abfallintensität um -13 % wider.

Für die thermische Abfallbehandlung spielen Bau- und Abbruchabfälle in Bezug auf die Gesamtsumme thermisch zu behandelnder Abfälle nur eine untergeordnete Rolle. Während die Holzfraktion vorrangig in den Altholzkraftwerken thermisch verwertet wird, sind dies primär die gemischten Bau- und Abbruchabfälle. Der Fokus ist daher auf die Bewertung der zukünftigen Entwicklungstrends in den anderen Wirtschaftszweigen zu legen.

### 3.2 Methodische Vorgehensweise

Die Ableitung der Szenarien zur Entwicklung der thermisch zu behandelnden Abfälle in MVA und EBS-Kraftwerken sowie bezogen auf die vergleichbaren Abfallarten auch in angrenzenden Teilmärkten erfolgte auf der Grundlage **modellgestützter Berechnungen**.

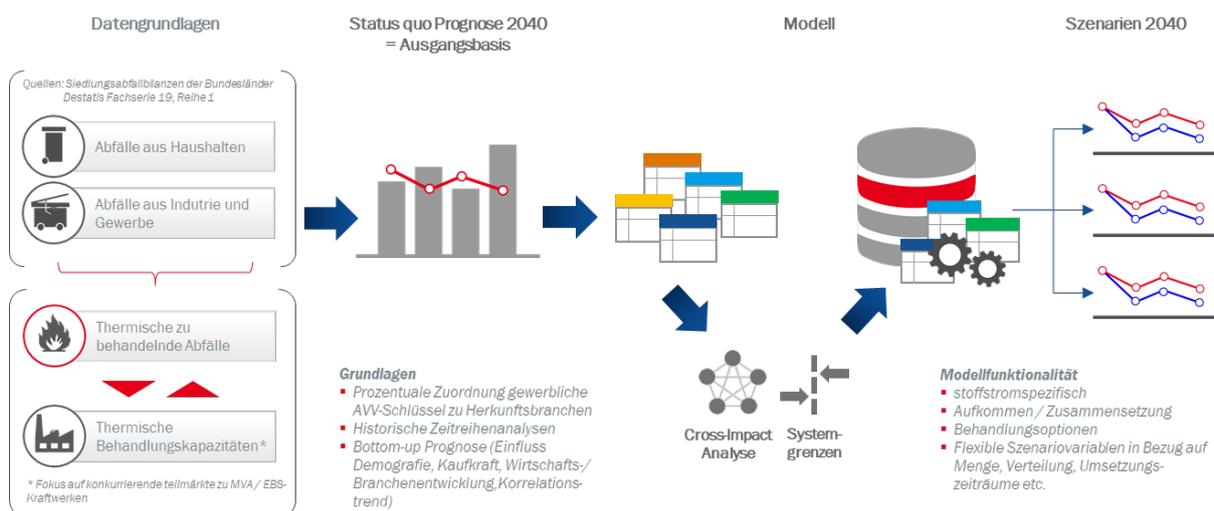
Hierfür wurden

- die verfügbaren **statistischen Daten zu Abfällen aus Haushalten** erhoben, analysiert und einschließlich notwendiger Annahmen für das Modell aufbereitet. Als Datengrundlage wurden hierbei die Daten aus den Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer auf der Ebene der einzelnen Gebietskörperschaften – kreisfreie Städte und Landkreise – herangezogen. Diese sind in Bezug auf die Angaben insbesondere zu den separat erfassten Wertstofffraktionen sowie zum Sperrmüll differenzierter als die in der Regionaldatenbank Deutschland (Destatis) veröffentlichten Zeitreihen. In diesem Zusammenhang ist jedoch auch auf Unterschiede in den absoluten Mengenangaben zu den Hauptgruppen Haus- und Sperrmüll, Bio- und Grünabfälle sowie Wertstoffe hinzuweisen, die sich aus methodischen Unterschieden ergeben.
- für die Ableitung von **Annahmen zur durchschnittlichen Zusammensetzung** von Hausmüll und den verfügbaren Potenzialen an Wertstoffen und Bio- und Grünabfällen die Ergebnisse von Sortieranalysen nach Clustern bezogen auf die Einwohnerdichte genutzt, die von der INFA GmbH zur Verfügung gestellt wurden. Die Ergebnisse der ermittelten theoretischen Potenziale wurden im Vergleich zu erzielten Getrennterfassungsergebnissen sowie verbleibenden Haus- und Sperrmüllmengen auf der Ebene der Gebietskörperschaften angepasst.
- die Daten zum Aufkommen an **Primär- und Sekundärabfällen aus Industrie und Gewerbe** verwendet. Diese basieren auf den Daten zum **Input in Abfallbehandlungsanlagen**, die von Destatis jährlich auf der Ebene der einzelnen AVV-Schlüssel im Rahmen der

Fachserie 19, Reihe 1 veröffentlicht werden. Berücksichtigt wurden alle aus dem Inland stammenden Mengen, Die einzelnen AVV-Schlüssel wurden anteilig den Haupt-Herkunftsbranchen nach WZ-Abschnitten zugeordnet<sup>74</sup>, so dass in den Szenarien branchenspezifische Entwicklungen berücksichtigt werden können.

- aufgrund der nicht deckungsgleichen Angaben zu den **Importen** in der Fachserie 19, Reihe 1 sowie der grenzüberschreitenden Abfallstatistik des Umweltbundesamtes in Bezug auf die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 (Fachserie 19: 1,46 Mio. t; UBA: 1,18 Mio. t) nur die UBA-Angaben separat betrachtet und im Rahmen der Szenaren diskutiert. Die verbleibende Differenz zu den in der Fachserie 19, Reihe 1 ausgewiesenen 1,52 Mio. t an importierten und in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelten Mengen in Höhe von 0,34 Mio. t wurde hilfsweise den Inlandsmengen zugerechnet, da keine weiteren spezifischen Informationen zur Klärung der Differenz ermittelt werden konnten. Die Differenzmenge wurde in der Prognose mit dem Wert des Jahres 2017 fortgeschrieben.
- in der Prognose **Exporte** nicht berücksichtigt, da sie ebenfalls separat diskutiert werden.
- **historische Zeitreihenanalysen** sowohl im Längs- als auch im Querschnitt durchgeführt, um den Einfluss der Haupteinflussfaktoren auf das Abfallaufkommen sowie den thermisch zu behandelnden Anteil zu identifizieren und für die Szenarien zu bewerten. Darauf aufbauend wurden ihre möglichen Einflüsse auf das zukünftige Aufkommen an Abfällen sowie die Behandlungsoptionen bewertet und entsprechende Szenario-Annahmen abgeleitet, welche die Grundlage für die Modellrechnung bildeten.

**Abbildung 19: Methodische Vorgehensweise**



Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

<sup>74</sup> Die Zuordnung basiert auf gutachterlichen Einschätzungen sowie der Auswertung von wenigen verfügbaren statistischen Daten. Sie haben daher nur einen überschlägig orientierenden Charakter.

Das **Basisjahr des Modells** ist das Jahr 2017<sup>75</sup>. Die Modellstruktur ist in Abbildung 19 in vereinfachter Form dargestellt. Weitere detailliertere Beschreibungen zu den getroffenen Annahmen sind im Rahmen der Ergebnispräsentation für die Szenarien enthalten.

### 3.3 Ergebnisse der Status quo Prognose

In der **Status quo Prognose** wird das **Abfallaufkommen des Jahres 2017** differenziert nach Abfällen aus Haushalten<sup>76</sup> sowie Abfällen aus Industrie und Gewerbe aus dem Inland<sup>77</sup> über die **Korrelation** zu wirtschaftlichen und sozio-demografischen **Einflussfaktoren** bis zum Jahr 2040 fortgeschrieben. Branchenspezifische Entwicklungstrends wurden über eine Zuordnung der einzelnen Abfallschlüssel zu relevanten Hauptherkunftsbranchen berücksichtigt, so dass sich hier auch der erkennbare Trend einer stärkeren Entkoppelung außerhalb des Baugewerbes widerspiegelt. Weitere **Einflussparameter**, wie z. B. abfallrechtliche Grundlagen, Entwicklungen im Bereich der Organisation der Abfallentsorgung und getrennten Wertstoffeffassung,

Initiativen zur Abfallvermeidung oder technologische Entwicklungen wurden im Status quo Prognose nicht spezifisch modelliert, um ein Vergleichsszenario für entsprechende zukünftige

- explorative Szenarien („was passiert, wenn ...“) bzw.
- Zielszenarien („was muss passieren, damit...“)

zu erhalten und somit die potenziellen Auswirkungen besser darstellen zu können. Die Ableitung der im Rahmen dieser Studie zu betrachtenden thermisch zu behandelnden Abfälle erfolgte im Rahmen der Status quo Prognose auf der Grundlage der Fortschreibung der prozentualen Anteile der einzelnen Abfallschlüssel im Jahr 2017 bis zum Jahr 2040. Verschiebungen zwischen den Entsorgungswegen wurden in der Status quo Prognose nicht berücksichtigt.

Nach den Ergebnissen des Status quo Prognose wird das **Restabfallaufkommen aus Haushalten**<sup>78</sup> bis 2040 aufgrund der demografischen Rahmenbedingungen um etwas mehr als 4 kg/E\*a ansteigen. Aufgrund des leichten Rückgangs der Bevölkerungszahl führt dies nur zu einem moderat um **0.2 Mio. t** ansteigenden Restabfallaufkommen. Prognoseunsicherheiten ergeben sich vor allem aus den Entwicklungsannahmen für die Nettozuwanderung. Um die Restabfallmengen konkurrieren insbesondere die Müllverbrennungsanlagen sowie die mechanisch-(biologischen/physikalischen) Abfallbehandlungsanlagen.

<sup>75</sup> | letzte verfügbare statistisch Daten zum Abfallaufkommen

<sup>76</sup> | Datengrundlage: Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer

<sup>77</sup> | Datengrundlage: Destatis 2019a

<sup>78</sup> | Hausmüll plus Anteil Sperrmüll zur Beseitigung.

**Tabelle 4: Annahmen für die Status quo Prognose**

Szenario:	„Status quo“
Inhalt:	Szenario der Entwicklung der im Rahmen dieser Studie betrachteten thermisch zu behandelnden Abfälle (Abgrenzung siehe Kapitel 2.6)
Logik / Methodik:	Fortschreibung der Aufkommensdaten des Jahres 2017 in Bezug auf die wirtschaftlichen (branchenspezifische Entwicklung der Bruttowertschöpfung, private Konsumausgaben) und demografischen (Bevölkerungsentwicklung, Altersstruktur und Haushaltsgröße) Einflussfaktoren
Stoffströme:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Restabfälle aus Haushalten</li> <li>- thermisch zu behandelnde Industrie- und Gewerbeabfälle</li> </ul>
Annahmen:	<p>Zielwerte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Restabfälle aus Haushalten</u>: sozio-demografische (Bevölkerungsentwicklung, Altersstruktur und Haushaltsgröße) sowie wirtschaftliche (private Konsumausgaben) Einflussfaktoren</li> <li>- <u>Sperrmüll zur Beseitigung</u>: konstanter prozentualer Anteil am Gesamt-Sperrmüllaufkommen</li> <li>- <u>thermisch zu behandelnde Industrie- und Gewerbeabfälle</u>: Berücksichtigung der branchenspezifischen wirtschaftlichen Entwicklung (Bruttowertschöpfung)</li> </ul> <p>Umsetzungszeitraum: bis 2040</p>
Grenzen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die wirtschaftliche Entwicklung wurde über den Betrachtungszeitraum mit einem leichten Wachstum fortgeschrieben. Potenzielle Einbrüche aus rezessiven Entwicklungen sind nicht auszuschließen, konnten jedoch nicht berücksichtigt werden. Dies bezieht sich auch auf die Auswirkungen der Corona-Krise.</li> <li>- Import- bzw. Exporteffekte sind nicht berücksichtigt.</li> </ul>

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

In der Gruppe der **typisch thermisch zu behandelnden Abfälle** sind

- sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 – Siedlungsabfälle, einschließlich getrennt vom Hausmüll gesammelter hausmüllähnlicher Gewerbeabfälle sowie
- ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt, erfasst. Hierzu gehören insbesondere die AVV-Schlüssel 19 12 10 (brennbare Abfälle) und 19 12 12 (sonstige Abfälle, einschließlich Materialmischungen ...). Ihr Anteil wird in der Status quo Prognose in Summe zwischen 2017 und 2040 von 16,52 Mio. t um insgesamt rund 2,39 Mio. t auf 18,91 Mio. t ansteigen.
- **Ergänzend** zu den beiden vorgenannten Hauptgruppen an thermisch zu behandelnden Abfällen im Wettbewerbsumfeld zu den TAB sind auch **weitere Abfallschlüssel** zu berücksichtigen, deren Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen

des Abfallschlüssels liegt. Hier wurden auch die im Jahr 2017 in MVA und EBS-Kraftwerken behandelten gefährlichen Abfälle sowie Klärschlämme in Summe von rund 0,76 Mio. t berücksichtigt. Dieser Anteil wurde im Status quo auf dem Niveau von 2017 fortgeschrieben. Eine zu erwartende höhere Mitverbrennung von insbesondere Klärschlämmen wird separat in den Szenarien zu zusätzlichen Potenzialen für die TAB in Kapitel 5.3 dargestellt. In Summe werden diese Abfälle bis 2040 **um 0,44 Mio. t** ansteigen.

Abbildung 20: Ergebnisse Status quo Prognose



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

\* Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung

\*\* sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)

\*\*\* sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme

\*\*\*\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)

Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Im Jahr 2017 trugen **Importe** insbesondere an brennbaren Abfällen (AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01) in Höhe von 1,18 Mio. t<sup>79</sup> zur Anlagenauslastung bei. Im Rahmen der Status quo Prognose wurden bis 2040 ausschließlich die Importe für die EVI Emlichheim in Höhe von

<sup>79</sup> nach UBA 2010 - 2018

0,35 Mio. t fortgeschrieben (siehe Kapitel 2.1.3), da Importe noch einmal separat szenarisch betrachtet werden. Dies wirkt, bei gleichzeitig kontant gehaltenen Exporten an thermisch zu behandelnden Abfällen **den Mengensteigerungen von nationalen Mengen entgegen**. In Summe ergibt sich aus der Reduzierung der betrachteten Importe der genannten drei Abfallschlüssel (fast - 0,83 Mio. t) sowie den zusätzlich thermisch zu behandelnden Mengen bei kommunalen Restabfällen (+ 0,25 Mio. t), sonstigen typisch thermisch behandelten Abfällen (+2,39 Mio. t) sowie zusätzlichen + 0,44 Mio. t an sonstigen thermisch behandelten Abfällen ein Saldo von 2,25 Mio. t an zusätzlich thermisch zu behandelnden Abfällen.

Bei Änderungen im Bereich der Importe bzw. Exporte zur thermischen Behandlung sind Auswirkungen auf das thermisch zu behandelnde Aufkommen in beiden Richtungen möglich.

**i**

### Status quo Prognose

Im Ergebnis der **Status quo Prognose** wird unter den definierten konstanten abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen des Jahres 2017 das im Rahmen der Studie berücksichtigte thermisch zu behandelnde Abfallaufkommen vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen und demografischen Entwicklungen theoretisch bis zum Jahr 2040 zunächst **um 2,25 Mio. t** ansteigen. Importe an brennbaren Abfällen (AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12, 20 03 01; mit Ausnahme der für die EVI Emlichheim bestimmten Mengen) sind hier noch nicht berücksichtigt.

### Exkurs: Kurzfristige Einflüsse auf die Mengenentwicklung

Die Status quo Prognose berechnet die Mengenentwicklung unterschiedlicher Fraktionen in Abhängigkeit von demografischen und wirtschaftlichen Entwicklungen. Die Basis dafür liefern langfristige Trends, die beispielsweise für die Bevölkerung von DESTATIS oder für die Wirtschaft, wie in diesem Fall, von der volkswirtschaftlichen Abteilung der Prognos stammen. **Abweichungen von den langfristigen Trends** ergeben sich durch unvorhergesehene und kurzfristig eintretende Entwicklungen, die beispielsweise zu einem Anstieg der Bevölkerung oder zu einem signifikanten Absinken der Wirtschaftsleistung führen. Der massive **Zustrom von Flüchtlingen im Jahr 2015** konnte langfristig ebenso wenig vorhergesehen werden wie die **Weltwirtschaftskrise im Jahr 2008**. Als Folge der Weltwirtschaftskrise im Jahr 2008 konnte ein deutlich verringertes Aufkommen an Gewerbe- und Industrieabfällen verzeichnet werden. Dies ist **auch als kurzfristige Folge der Corona-Krise zu erwarten**<sup>80</sup>.

Analysen der Prognos AG zur „Robustheit“<sup>81</sup> sowie „Betroffenheit“<sup>82</sup> von Branchen und Regionen haben gezeigt, dass es zwar keinen Bereich der Wirtschaft und des öffentlichen Lebens gibt, der nicht mit den Auswirkungen der Krise konfrontiert ist, aber dass nicht alle

<sup>80</sup> Eine erste Prognose zu möglichen Auswirkungen der Corona-Krise auf das Abfallaufkommen – hier mit Bezug auf die Summe der Siedlungs-, Gewerbe- und Industrieabfallmengen - wurde auch von der DGAW (DGAW 2020) veröffentlicht.

<sup>81</sup> Prognos 2020a

<sup>82</sup> Prognos 2020b

Branchen und Regionen gleichermaßen betroffen sind. Diese **unterschiedliche Betroffenheit** ist in Bezug auf die Auswirkungen auf das Abfallaufkommen weiter zu differenzieren. Während für einige Branchen **deutliche Rückgänge beim Abfallaufkommen** aufgrund von Produktionsbegrenzungen bzw. -einschränkungen zu verzeichnen sind (z. B. Metallindustrie, Automobilindustrie, Tourismus- und Gastgewerbe) werden **in anderen Branchen derzeit deutlich mehr Abfälle** erzeugt, wie z. B. in der Verpackungsmittelindustrie und dem Gesundheitswesen. Für andere Bereiche sind die Auswirkungen der Corona-Krise eher mit einer **Verlagerung von Abfällen** insbesondere in den Hausmüllbereich verbunden, etwa als Folge des Home-Office und Homeschooling. Darüber hinaus ist zwischen **Auswirkungen auf das Gesamtaufkommen** als auch auf die **spezifischen Entsorgungswege** zu unterscheiden.

Eine genaue Vorhersage der Auswirkungen der Corona-Krise ist derzeit nur schwer möglich. Bezogen auf die im Rahmen dieser Studie untersuchten Potenziale an **thermisch zu behandelnden Abfälle im primären Wettbewerbsmarkt der TAB** (nicht Gesamtsumme der Abfälle) erwarten wir durch die Corona-Krise einen kurzfristigen **Rückgang** der thermisch zu behandelnden Abfälle **um 1,6 bis 2,4 Mio. t in 2020** gegenüber den erwarteten Mengen, je nachdem, wie schnell sich die Wirtschaft wieder erholen kann. dabei stehen steigenden Abfallmengen in Teilbereichen in Höhe von 1,2 bis 1,8 Mio. t sinkende Abfallmengen in anderen Teilbereichen der Wirtschaft und des öffentlichen Lebens in Höhe von 2,8 bis 4,2 Mio. t gegenüber. Hierbei berücksichtigt sind insbesondere die folgenden gegensätzlichen Entwicklungstrends:

- Das **Restabfallaufkommen** aus Haushalten wird sich kurzfristig insbesondere aufgrund von Home-Office, Homeschooling und Kurzarbeit **erhöhen**. Dieser Trend wird gestützt durch zunehmende „Do-it-yourself“ Aktivitäten bzw. die zu erwartenden deutlich reduzierten Reiseaktivitäten in der Urlaubszeit.
- **Steigende thermisch zu behandelnde Abfälle** sind beispielsweise insbesondere aus dem Gesundheits- und Pflegebereich zu erwarten, an deren sichere Entsorgung aus infektionspräventiver Sicht besondere Anforderungen gestellt werden.
- Vor dem Hintergrund von beispielsweise Präventionsmaßnahmen und Krankenständen auch in den Betrieben der Abfallwirtschaft aber auch der Verfügbarkeit von zu sortierenden / aufzubereitenden Wertstoffen sowie der Entwicklung der Absatzmärkte ist zu erwarten, dass nicht alle geplanten Recyclingquoten aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen vollständig erreicht werden können. Dies führt ebenfalls zu steigenden thermisch zu behandelnden Mengen, sofern nicht Zwischenlagerkapazitäten genutzt werden können.
- In vielen **Industriebranchen sinkt** demgegenüber das **Aufkommen** insgesamt deutlich, wodurch sich auch die thermisch zu behandelnden Abfälle reduzieren werden. Dieser Rückgang wird nicht nur unmittelbar durch den Lockdown beeinflusst. Es wird erwartet, dass aufgrund der internationalen Verflechtungen und der hohen Abhängigkeiten von Zulieferketten die Auswirkungen auch noch mindestens in den nächsten zwei Jahren zu spüren sein werden. Zudem wird erwartet, dass aufgrund von

Kurzarbeit und Arbeitslosigkeit das Konsumverhalten ebenfalls noch etwas länger auf einem niedrigeren Niveau als vor der Corona-Krise verharren wird.

- Aufgrund der internationalen Auswirkungen wird erwartet, dass sich die **Importe** an thermisch zu behandelnden Abfälle insbesondere aus UK **reduzieren**.

Nach solchen Ereignissen **steigt** das Abfallaufkommen in der Regel aber schnell wieder auf das „**vor Krisen-Niveau**“, so dass Auswirkungen auf die langfristigen Entwicklungen von geringer Relevanz sind.

---

## 4 Veränderungen in den Mengenströmen durch die Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen

---

Der im vorangegangenen Kapitel dargestellten **Status quo Prognose** stehen bereits **heute** rechtlich verankerte stoffstromspezifische Vorgaben entgegen, die darauf abzielen, den **Anteil der stofflichen Verwertung** gemäß der 5-stufigen Abfallhierarchie zu erhöhen. Im Folgenden werden daher die Folgen der Umsetzung der für das Aufkommen an thermisch zu behandelnden Abfällen wichtigsten Gesetze und Verordnungen zunächst in Form von **drei einzelnen Szenarien** dargestellt:

- Szenario 1: Verpackungsgesetz,
- Szenario 2: Gewerbeabfallverordnung,
- Szenario 3: Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten

Abschließend werden in einem vierten Szenario die Wechselwirkungen der drei Szenarien für das Abfallaufkommen betrachtet und zusätzlich auch die weiteren Auswirkungen des aktuell gültigen Kreislaufwirtschaftsgesetzes betrachtet. Zusätzliche Auswirkungen, die sich aus aktuell laufenden Novellierungsprozessen ergeben können, werden im Kapitel 4.1.4 szenarisch betrachtet.

### 4.1.1 Szenario 1: Umsetzung des Verpackungsgesetzes

Das neue **Verpackungsgesetz** ist zum 01.01.2019 in Kraft getreten und hat die bisher geltende Verpackungsverordnung abgelöst. Ziel des Gesetzes ist die Stärkung des Recyclings, aber auch der Intensivierung der haushaltsnahen Sammlung, der Erhöhung des Mehrweganteils von Verpackungen sowie des Einsatzes von Sekundärmaterialien. Die erhöhten Anforderungen an das Recycling von Verpackungen spiegeln sich in erhöhten zu erfüllenden materialspezifischen Zielwerten für die stoffliche Verwertung wider. Die Anhebung der Zielwerte erfolgt dabei in zwei Stufen, zum 01.01.2019 sowie zum 01.01.2022.

Für das **Szenario 1 – Umsetzung des Verpackungsgesetzes** wurde die **konsequente Umsetzung der materialspezifischen Zielwerte** für die stoffliche Verwertung (siehe Tabelle 5) als Zielszenario modelliert. Für die Bewertung der Ausgangssituation des Jahres 2017 wurden die im November 2019 veröffentlichten detaillierten stoffstromspezifischen Analysen der GVM<sup>83</sup> für das Aufkommen und die Verwertung von Verpackungsabfällen im Jahr 2017 ausgewertet. Danach lag das Gesamtaufkommen an Verpackungsabfällen bei 18,72 Mio. t, von denen 1,99 Mio. t exportiert wurden (10,6 %). Der Anteil des privaten Verpackungsverbrauchs lag in Summe bei 47 %, wobei materialspezifische Unterschiede zu berücksichtigen sind. So betrug der private Verbrauch beispielsweise bei Glasverpackungen 89 %, bei Kunststoffverpackungen 66 % und bei Papier- / Kartonverpackungen lediglich 29 %.

<sup>83</sup> UBA (GVM) 2019

Die GVM hat bei ihren Analysen einen materialspezifischen Ansatz gewählt, bei dem Verbundverpackungen nach der im VerpackG § 3 (5), verankerten 95/5-Regel den jeweiligen Hauptmaterialien mit ihrem vollen Gewicht zugeordnet werden.<sup>84</sup>

Gemäß VerpackG gelten ab 2022 die in Tabelle 5 **aufgeführten Ziele** für die stoffliche Verwertung. In Bezug auf Verbundverpackungen sind ab 2022 insgesamt 80% der Getränkeverpackungen und 55 % der sonstigen Verbundverpackungen (ohne Getränkekartonverpackungen) stofflich zu verwerten. Ergänzend gilt jedoch, dass bei Verbundverpackungen insbesondere das Recycling der Hauptmaterialkomponente sicherzustellen ist, soweit nicht das Recycling einer anderen Materialkomponente den Zielen der Kreislaufwirtschaft besser entspricht. Werden Verbundverpackungen einem eigenen Verwertungsweg zugeführt, ist ein eigenständiger Quotennachweis zulässig. Werden Verbundverpackungen mit den jeweiligen Hauptmaterialien erfasst, ist die Erfüllung der spezifischen Quoten für Verbundverpackungen durch geeignete Stichproben nachzuweisen.<sup>85</sup> Das Gesamtaufkommen an Verbundverpackungen betrug im Jahr 2017 insgesamt 592 Tsd. t<sup>86</sup> Das entspricht einem Anteil von nur rund 3 % am Gesamtverpackungsaufkommen.

Die Tabelle 5 fasst die **wichtigsten Ergebnisse** zum Verpackungsaufkommen sowie den bereits erzielten stofflichen Verwertungsquoten zusammen. Während die Zielquoten der stofflichen Verwertung für Verpackungen aus Stahl bereits im Jahr 2017 rechnerisch erfüllt wurden, liegt die Differenz zu den Zielwerten bei den Materialfraktionen Glas, Papier / Karton, Holz und Aluminium zwischen 2,4 % und 5,5 %, für Kunststoffe immerhin noch bei 13,3 %.

**Tabelle 5: Aufkommen und Verwertungswege für Verpackungsabfälle im Jahr 2017\***

Material	Verpackungsabfälle (in Tsd. t)	Stoffliche Verwertung (in Tsd. t)	Energetische Verwertung / Verbrennung (in Tsd. t)	Quote stoffliche Verwertung (in %)	Ziel stoffliche Verwertung 2022 (in %)
Glas	2.892	2440	0	84,4 %	90 %
Kunststoffe	3.1.85	1.584	1.594	49,7 %	63 %
Papier / Karton	8.349	7.309	1.018	87,6 %	90 %
Aluminium	123	108	12	87,2 %	90 %
Stahl	861	794	0	92,2 %	90 %
Holz	3.289	850	2.428	25,8 %	30 %
Sonstige	25	20	24	0 %	-
<b>Summe</b>	<b>18.723</b>	<b>13.085</b>	<b>5.077</b>	<b>69,9 %</b>	

\* Verbundverpackungen sind der Hauptmaterialart zugeordnet; die Zielquoten für die stoffliche Verwertung sind innerhalb der Materialien spezifisch zu betrachten

Quellen: UBA (GVM) 2019, VerpackG

© Prognos 2020

<sup>84</sup> UBA (GVM) 2019, S. 41f.

<sup>85</sup> VerpackG 2017, § 16 (3)

<sup>86</sup> UBA (GVM) 2019, S. 47.

Unter Berücksichtigung der **Zielquoten für Verbundverpackungen** ist davon auszugehen, dass die Differenz leicht höher liegt. Differenzierte Daten zum Anteil stofflich verwerteter Verbundverpackungen liegen kaum vor. Die Analysen der GVM zeigen, dass es bei Verbundverpackungen einen separaten Verwertungsweg nur für Flüssigkeitskartons gibt, während die verbleibenden Verbundverpackungen in der Regel der Verwertung der Hauptmaterialkomponente zugeführt und mit dieser verwertet werden. Von den im Jahr 2017 in Verkehr gebrachten 176 Tsd. t Flüssigkeitskartons wurden 136,7 Tsd. t stofflich verwertet. Das entspricht einer Quote von 77,6 %.<sup>87</sup> und damit einer verbleibenden Differenz von 3,4 % zur Zielquote.

Ausgehend von den im Jahr 2017 erreichten Quoten für die stoffliche Verwertung und der materialspezifischen Zielvorgaben für 2022 ergibt sich ein zusätzlicher Bedarf an stofflich zu verwertenden Verpackungsabfällen in Höhe von 0,93 Mio. t bezogen auf die in 2017 angefallenen Verpackungsabfälle. Für die Verbundverpackungen wurden konservative Annahmen zu bisher erreichten stofflichen Verwertungsquoten zwischen 20 % und 35 % gegenüber der Zielquote von 55 % getroffen, so dass sich hieraus eine weitere stoffliche Verwertungsmenge zur Zielerreichung in Höhe von 107 Tsd. t ergibt. In Summe sind dies rund 1,03 Mio. t.

**Tabelle 6: Annahmen für Szenario 1 - Umsetzung des Verpackungsgesetzes („VerpackG“)**

Szenario:	Szenario 1- „ Umsetzung des Verpackungsgesetzes („VerpackG“)	
Inhalt:	Prognose der verbleibenden thermisch zu behandelnden Verpackungsabfälle	
Logik / Methodik:	Zielszenarien („was muss passieren, damit...“)	
Stoffströme:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verpackungsabfälle aus Haushalten sowie Industrie und Gewerbe</li> <li>- Auswirkungen auf Restabfälle aus Haushalten und thermisch zu behandelnde Industrie- und Gewerbeabfälle</li> </ul>	
Annahmen:	Zielwert	materialspezifische Zielwerte für die stoffliche Verwertung 2022 (siehe Tabelle 5) zuzüglich 80 % Quote für Flüssigkeitskartons und 55 % Quote für sonstige Verbundverpackungen
	Umsetzungszeitraum:	bis 2022; Fortschreibung bis 2040 auf dem gleichen Niveau
Grenzen:	Aufgrund der mit Ausnahme von Flüssigkeitskartons nicht bekannten aktuellen stofflichen Verwertungsquoten wurden hier konservative Annahmen getroffen.	

Quellen: Prognos AG 2020

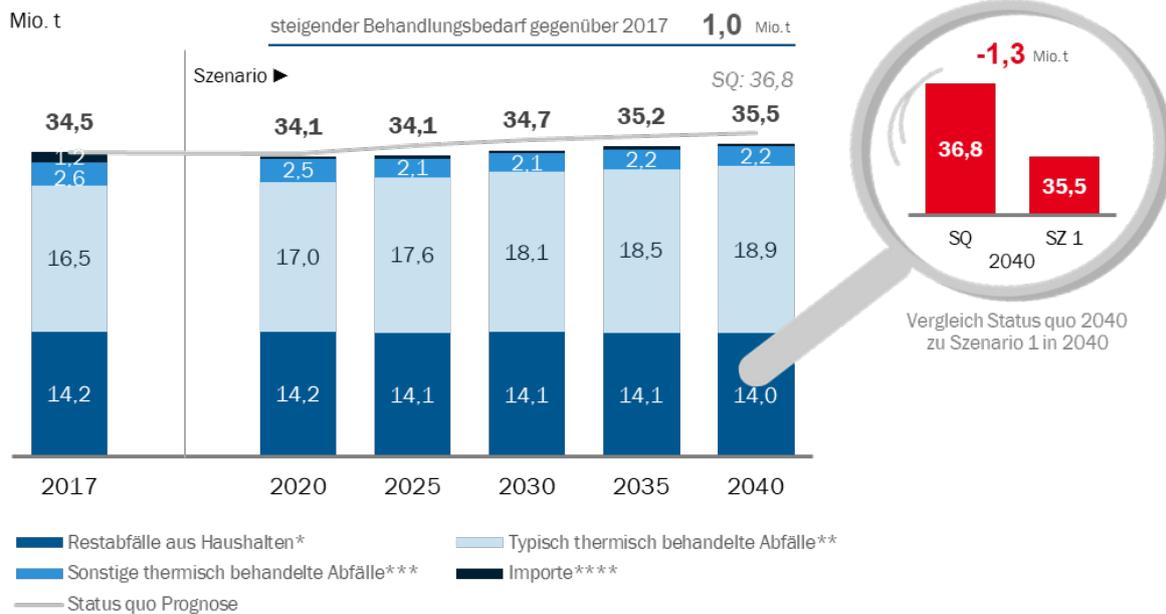
© Prognos 2020

Für die Modellierung des Szenarios zur Umsetzung des Verpackungsgesetzes wurde im Sinne des qualitativ beschriebenen Zieles der Intensivierung der Sammlung eine mehrheitliche Abschöpfung von Verpackungen aus dem Hausmüll sowie gemischten gewerblichen Abfällen für die Erreichung der stofflichen Verwertungsquoten angenommen (zusammen 83 %). Für den verbleibenden Anteil von 17 % der noch stofflich zu verwertenden Verpackungsabfälle wurde eine Verlagerung aus der thermischen Abfallbehandlung angenommen. Ferner wurde im Szenario

<sup>87</sup> UBA (GVM) 2019, S. 170 ff.

vorausgesetzt, das ausreichend Sortierkapazitäten vorhanden sind sowie die zusätzlich stofflich zu verwertenden Mengen die notwendige Qualität für eine erfolgreiche Vermarktung aufweisen.

**Abbildung 21: Auswirkungen des Szenario 1 - Umsetzung des Verpackungsgesetzes („VerpackG“) auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

\* Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung

\*\* sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)

\*\*\* sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme

\*\*\*\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)

Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Die umfassenden Betrachtungen der GVM Analysen für das Umweltbundesamt haben für die Entwicklung über die vergangenen Jahre einen deutlichen Zuwachs an Verpackungsabfällen belegt. Dabei wurden umfassend die langfristigen Entwicklungstrends analysiert<sup>88</sup> und die starke Abhängigkeit des Verpackungsverbrauchs von der konjunkturellen Entwicklung nachgewiesen. Dieser zeigt sich insbesondere bei Verpackungen aus Papier / Karton sowie LVP. Darüber hinaus üben auch soziodemografische Faktoren, wie der Trend zu kleineren Haushalten mit einem Trend zu kleineren Füllgrößen etc., aber auch sich verändernde Verzehr- und Konsumgewohnheiten (vermehrter Onlinehandel, etc.) einen unmittelbaren Einfluss auf das Verpackungsaufkommen aus.

<sup>88</sup> UBA (GVM) 2019, S.52 ff.

Einen ebenfalls großen Einfluss auf das Verpackungsaufkommen haben die den Verpackungen in immer größerem Umfang zugewiesenen Funktionen, wie z. B. Aufbewahrung, Dosierung, Portionierung etc.<sup>89</sup>.

Die Ergebnisse dieser Analysen sind in die Szenario-Modellierung eingeflossen. Für die Entwicklung des Verpackungsaufkommens geht das auf dem Status quo basierende Szenario zum Einfluss der Umsetzung des VerpackG insgesamt von einem weiteren Anstieg an Verpackungsabfällen aus, der nur leicht durch die Reduzierung verpackungsspezifischer Materialverbräuche reduziert werden kann. Eine konsequente Umstellung auf Mehrwegverpackungen und weitere Maßnahmen zur Reduzierung des Verpackungsverbrauchs sind im Rahmen dieses Szenarios nicht berücksichtigt.

Der bezogen auf das Verpackungsaufkommen für 2017 ermittelte **zusätzliche Bedarf** für die **stoffliche Verwertung** in Höhe von 1,3 Mio. t wirkt sich aufgrund der Annahme, dass diese Mengen durch eine zusätzliche Getrennterfassung aus gemischten Haushalts- und Gewerbeabfällen sowie durch eine anteilige Verlagerung aus bisher thermisch behandelten Mengen resultieren, direkt auf die thermisch zu behandelnden Mengen aus. Das Ergebnis des **Szenario 1** im Jahr 2040 liegt **um 1,3 Mio. t geringer** als das Ergebnis der **Status quo Prognose**.

Weitere Herausforderungen für den Umgang mit Verpackungsabfällen ergeben sich aus dem Durchführungsbeschluss zur europäischen Verpackungsverordnung, der im April 2019 veröffentlicht wurde<sup>90</sup>. Die betrifft insbesondere Änderungen bei der Berechnung der Recyclingquoten mit der genauen Festlegung von materialspezifischen Berechnungspunkten, ab wann die Recyclingquote anerkannt wird. Gegenüber der bisher geübten Praxis der Berechnung vom „Input in eine Recyclinganlage“ werden nun spezifische Recyclingverfahren definiert. Potenzielle Auswirkungen werden in den Szenarien in Kapitel 5.5 zu den Auswirkungen zu erwartender gesetzlicher Änderungen diskutiert.

**i**

**Ergebnis Szenario 1:  
Umsetzung des Verpackungsgesetzes**

Im Szenario zur Umsetzung der stoffstromspezifischen Vorgaben aus dem aktuellen **Verpackungsgesetz** sinkt die spezifische Menge an thermisch zu behandelnden Abfällen im Jahr 2040 um **1,3 Mio. t** gegenüber der Status quo Prognose für das Jahr 2040.

<sup>89</sup> Ebenda, .S. 71 ff.

<sup>90</sup> EU 2019/665

#### 4.1.2 Szenario 2: Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung für gemischte Gewerbeabfälle

Die **Gewerbeabfallverordnung** (GewAbfV) ist im April 2017 veröffentlicht worden und in wesentlichen Teilen seit 2017 und mit den verbleibenden Regelungen aus § 4 (2) und § 6 (1), (3) – (6) seit Januar 2019 in Kraft<sup>91</sup>. Geregelt wird die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen. **Kernelemente** sind u. a. die angepasste Definition von gewerblichen Siedlungsabfällen, die Verankerung der getrennten Sammlung ausgewählter Stoffströme sowie ihre vorrangige Vorbereitung zur Wiederverwendung und Zuführung zum Recycling. Im Bereich der gewerblichen Siedlungsabfälle sind insbesondere Glas, PKK, Kunststoffe, Metalle, Textilien, Holz sowie Bioabfälle getrennt zu erfassen. Die Getrenntsammlung von Glas, Kunststoffen, Metallen und Holz gilt auch für Bau- und Abbruchabfälle. Des Weiteren sind auch Dämmmaterial, Bitumengemische, Baustoffe auf Gipsbasis, Beton, Ziegel sowie Fliesen und Keramik getrennt zu sammeln. Werden gewerbliche Siedlungsabfälle abweichend von der Getrenntsammlungspflicht gemischt gesammelt, so sind Erzeuger und Besitzer verpflichtet, diese unverzüglich einer Vorbehandlungsanlage zuzuführen, die über die geforderten technischen Mittel verfügt, die Wertstofffraktionen zurückzugewinnen. Für Vorbehandlungsanlagen gilt eine Sortierquote von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen von 85 % sowie eine Recyclingquote von 30 %. Für gemischte Bau- und Abbruchabfälle sind keine Quoten vorgegeben.

Für die im Rahmen dieser Studie untersuchten spezifischen Auswirkungen auf das in TAB thermisch zu behandelnde Abfallaufkommen sind insbesondere die gemischten gewerblichen Siedlungsabfälle von Relevanz, da hier die Getrenntsammlungspflicht in besonderem Maße Anwendung findet. Hierbei gilt es zunächst, deren Gesamtsumme abzugrenzen.

Die Ermittlung der **Gesamtsumme gemischter Gewerbeabfälle** erfolgte auf der Grundlage der in der Fachserie 19, Reihe 1 veröffentlichten Daten, die sich auf den Input in Abfallbehandlungsanlagen beziehen. Hierbei werden neben den hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt, auch potenzielle Mengen gewerblicher Herkunft in gemischten nicht differenzierbaren Siedlungsabfällen sowie hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, gemeinsam mit dem Hausmüll angeliefert oder eingesammelt, zugerechnet. Eine spezifische Bewertungssituation ergibt sich für das Aufkommen an gemischten Verpackungen gewerblicher Herkunft. Diese sind den gewerblichen Siedlungsabfällen nur zuzurechnen, wenn sie nicht im Rahmen des VerpackG zurückgegeben werden.



~ 5,41  
Mio. t / 2017  
gemischte Gewerbeabfälle

Aufgrund fehlender, veralteter bzw. nur vereinzelt und nicht repräsentativ vorliegender Daten zu den Anteilen gewerblicher Abfälle in nicht differenzierbaren Gemischen bzw. in gemeinsam mit dem Hausmüll erfassten Mengen konnten nur grob überschlägige Annahmen getroffen werden, die in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst sind. Für das Jahr 2017 ist demnach von einem Gesamtpotenzial an gemischten Gewerbeabfällen von rund 5,41 Mio. t auszugehen.

<sup>91</sup> GewAbfV 2017

Berücksichtigt wurde im Szenario zudem die anteilige direkten Nutzungskonkurrenz zu M(B)A, indem die in TAB und M(B)A behandelten Mengen hilfsweise als „thermisch zu behandelnde gemischte Gewerbeabfälle“ zusammengefasst wurden.

Für das Aufkommen gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle wurden die getrennt vom Hausmüll angelieferten hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle vollständig in die Bilanz einbezogen. Aufgrund von fehlenden statistischen Daten konnten Annahmen zum Anteil gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle, die gemeinsam mit dem Hausmüll erfasst werden, ausschließlich auf der Grundlage von durchgeführten Interviews näherungsweise mit 15 % angenommen werden.

**Tabelle 7: Inlandsaufkommen\* gemischter Gewerbeabfälle im Jahr 2017**

AVV-Nr.	AVV-Nr. Bezeichnung	Inlandsaufkommen* (in Mio. t)	Anteil gemischte Gewerbeabfälle	
			(in %)	(in Mio. t)
20 03 01-02	hausmüllähnliche Gewerbeabfälle, getrennt vom Hausmüll angeliefert oder eingesammelt	2,04	100 %	2,04
20 03 01-01	Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle gemeinsam über die öffentliche Müllabfuhr eingesammelt	8,46	15 %**	1,27
20 03 01-00	gemischte Siedlungsabfälle nicht differenzierbar	6,92	22 %***	1,53
20 03 09	Siedlungsabfälle a.n.g..	0,08	22 %***	0,02
15 01 06-00	gemischte Verpackungen nicht differenzierbar	2,27	21 %****	0,48
15 01 06 02	gemischte Wertstoffe zusammen mit Leichtverpackungen	0,29	21 %****	0,06
<b>Summe</b>				<b>5,41</b>

\* bezogen auf den Input in Abfallbehandlungsanlagen aus dem Inland

\*\* überschlägige Abschätzung auf der Grundlage von Interviews

\*\*\* Anteil berechnet in Anlehnung an UBA (u.e.c.) 2011 auf der Grundlage des Verhältnisses der AVV-Nr. 20030101 und 20030102 ( $\frac{\sum_{20030102}}{\sum_{20030102} + (\sum_{20030101} * \text{Anteil}_{HM})}$ )

\*\*\*\* Berechnungen und Annahmen auf den Datengrundlagen von Destatis, GVM und Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer

Quellen: Destatis 2019a, UBA (GVM) 2019, Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer, Interviews, Annahmen und Berechnungen Prognos AG

© Prognos 2020

Die potenziellen gewerblichen Anteile in nicht differenzierbaren und sonstigen Siedlungsabfällen wurden in Anlehnung an die von u.e.c. im Rahmen der UBA-Studie zum Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen<sup>92</sup> verwendeten Methodik berechnet.

Bei der Berücksichtigung von gemischten Verpackungsabfällen wurde abweichend von u.e.c. die AVV-Nr. 15 01 06 differenzierter auf der Ebene der 8-Steller analysiert. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass es sich bei den unter der AVV-Nr. 15 01 06 01 (Leichtverpackungen) gelisteten

<sup>92</sup> UBA (u.e.c.) 2011.

Mengen um Abfälle handelt, die im Rahmen des VerpackG den Dualen Systemen übergeben wurden. Damit fallen diese nicht unter den Geltungsbereich der GewAbfV.

Für die verbleibenden unter den AVV-Nr. 15 01 06 00 sowie 15 01 06 02 statistisch erfassten gemischten Verpackungen wurden in der weiteren Bewertung folgendes berücksichtigt:

- Angaben in den Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer, dass 2,56 Mio. t an LVP über die Dualen Systeme erfasst wurden. Diese Angabe übersteigt die Angaben bei Destatis zu Leichtverpackungen (AVV-Nr. 15 01 06 01) um 0,61 Mio. t (bezogen auf die Inlandsmengen). Dies lässt den Schluss zu, dass diese Menge ebenfalls im Rahmen des VerpackG zurückgenommen wurde und daher nicht den gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen zuzurechnen sind. Damit reduziert sich die Summe aus den beiden AVV-Nr. 15 01 06 00 und 15 01 06 02 entsprechend auf 1,95 Mio. t.
- Angaben der GVM, dass in Summe 28 %<sup>93</sup> der gesamten LVP-Mengen gewerblicher Herkunft sind. Dieser prozentuale Anteil wurde auf die verbleibenden 1,95 Mio. t angewendet, so dass 0,55 Mio. t aus gewerblichen Herkunftsbereichen verbleiben.
- Die Aufteilung zwischen den beiden AVV-Nr. 15 01 06 00 und 15 01 06 02 wurde paritätisch zum Aufkommen angenommen.

Im Szenario 2 zur **Umsetzung der GewAbfV** wurden in Summe 5,41 Mio. t gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle berücksichtigt. Darauf aufbauend wurden diese zunächst in Bezug auf ihre **aktuellen Behandlungswege** analysiert. Für anteilig zu berücksichtigende Abfallschlüssel wurde dabei eine proportionale Verteilung der Gesamtmengen des Abfallschlüssels angenommen. Nach den Angaben der Fachserie 19, Reihe 1 wurden von den gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen insgesamt 61 % (3,29 Mio. t) in thermischen Anlagen (MVA, EBS-Kraftwerke bzw. sonstigen Feuerungsanlagen) zugeführt. Weitere 10 % (0,55 Mio. t) wurden in mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen behandelt. 22% (1,21 Mio. t) der aus dem Inland in Abfallbehandlungsanlagen behandelten Mengen sind direkt an Sortieranlagen angeliefert worden, die verbleibenden 6 % (0,55 Mio. t) wurden in sonstigen Abfallbehandlungsanlagen<sup>94</sup> behandelt. Unter Berücksichtigung von Sortier- und Aufbereitungsrückständen ergibt sich ein **weiterer Bedarf** an thermisch zu behandelnden **Sekundärabfällen** in Höhe von rund 1,42 Mio. t<sup>95</sup>

<sup>93</sup> UBA (GVM) 2019

<sup>94</sup> Sonstige Behandlungsanlagen sind z. B. Ersatzbrennstoff-, Schlacke-, Kabelaufbereitungsanlagen, Kunststoffverwertungsanlagen oder Produktionsanlagen, in denen Abfälle behandelt werden

<sup>95</sup> Der Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass die derzeitige durchschnittliche Sortierquote gemischter Gewerbeabfälle 17 % beträgt (TOMM+C 2019). Der durchschnittliche Output aus MBA für die energetische Verwertung liegt derzeit bei 61%.

**Tabelle 8: Annahmen für Szenario 2 - Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung („GewAbfV“)**

Szenario:	Szenario 2 - Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung („GewAbfV“)	
Inhalt:	Prognose der verbleibenden thermisch zu behandelnden gemischten Gewerbeabfälle	
Logik / Methodik:	Zielszenarien („was muss passieren, damit...“)	
Stoffströme:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in TAB und M(B)A zu behandelnde gemischte Gewerbeabfälle</li> <li>- Sekundärabfälle aus der Sortierung und Aufbereitung von Gewerbeabfällen</li> </ul>	
Annahmen:	Zielwert	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Getrennterfassung von Glas, PKK, Kunststoffen, Metallen, Textilien, Holz, Bioabfällen</li> <li>- 30 % Recyclingquote von gemischten Gewerbeabfällen</li> <li>- Anteil Restmüllpflichttonne ca. 30 %</li> <li>- Anteil Kleinstmengen- und Ausnahmeregelungen 15 %</li> </ul>
	Umsetzungszeitraum:	- ab 2019, Übergangszeitraum bis 2025 angenommen, Fortschreibung der Annahmen bis 2040
Grenzen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aufgrund fehlender bzw. veralteter Datenlage sind Annahmen zu den Anteilen von Abfällen gewerblicher Herkunft in Gemischen aus Haus- und Gewerbeabfällen nur überschlägig möglich</li> <li>- es wird davon ausgegangen, dass die Qualität der Wertstofffraktionen nach der Sortierung der Gemische der Nachfrage im Markt entspricht und ein entsprechender Absatz gesichert ist</li> </ul>	

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Für das Szenario zu den Auswirkungen der Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung auf das thermisch zu behandelnde Abfallaufkommen wurden die folgenden Randbedingungen berücksichtigt:

- Für gewerbliche Siedlungsabfälle ist auch unter Berücksichtigung der Verpflichtung zur Getrenntsammlung von einem **Fortbestand der Restmüllpflichttonne** auszugehen, da weiterhin nicht stofflich verwertbare Reste anfallen werden. Nicht Verwertbares sind z. B. Asche, Kehricht, Essensreste, Glasbruch, Hygieneartikel oder verschmutzte Abfälle. Glas und organische Abfälle sind auch in der GewAbfV explizit aus den Gemischen für Vorbehandlungsanlagen ausgeschlossen.
- Da detaillierte Daten zur Zusammensetzung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle nur sehr begrenzt und nicht aktuell vorliegen, wurde hilfsweise auf die Analyseergebnisse der UBA-Studie zu stoffstromorientierten Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen aus dem Jahr 2015<sup>96</sup> zurückgegriffen und die **Annahme** getroffen, dass **rund 30 %** der gemischten Gewerbeabfälle nicht verwertbar und somit der Restmüllpflichttonne zuzurechnen sind. Das angenommene Potenzial an gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen in Höhe von 5,41 Mio. t/2017 reduziert sich damit um rund 1,62 Mio. t/2017.

<sup>96</sup> UBA (u.e.c./Öko-Institut) 2015

- Die GewAbfV regelt in §3 (2) Ausnahmen von der Getrenntsammlungspflicht, die als „technisch nicht möglich“ (z. B. fehlender Platz, öffentlich zugängliche Abfallbehälter) bzw. „wirtschaftlich nicht zumutbar“ (z. B. sehr geringe Menge) begründet werden, wobei sich diese jeweils nur auf eine Abfallfraktion beziehen und regelmäßig überprüft werden sollen. Angesichts der Tatsache, dass von den bundesweit 3,57 Mio. Betrieben<sup>97</sup> rund 88 % der statistischen Größenklasse 0 - 9 Beschäftigte zuzuordnen sind<sup>98</sup> lässt vermuten, dass von den Ausnahmeregelungen weiterhin Gebrauch gemacht werden wird. Im Szenario wurden hierfür überschlägig 15 % von den gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen angesetzt.
- In Summe verbleiben unter Abzug der Annahmen für die Restmüllpflichttonne sowie Kleinstmengen und sonstige Ausnahmeregelungen 2,97 Mio. t gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle für die Intensivierung der Getrennterfassung bzw. Vorbehandlung der Gemische. Im Szenario wurde angenommen, dass hiervon zukünftig überschlägig 25 % an Wertstoffen getrennt erfasst werden, von denen der Anteil Sortierreste wiederum für die thermische Abfallbehandlung zu berücksichtigen ist.
- Unter Abzug der 25 % Getrenntsammlungsmenge verbleiben im Szenario rund 1,77 Mio. t für die Vorbehandlung in entsprechend technisch ausgestatteten Anlagen. Unter der Annahme, dass die Recyclingquote von 30 % (es zeichnet sich aber ab, dass nur 15 % erreicht werden) erreicht wird, verbleiben 1,24 Mio. t thermisch zu behandelnde Abfälle aus der Vorbehandlung gemischter gewerblicher Siedlungsabfälle.

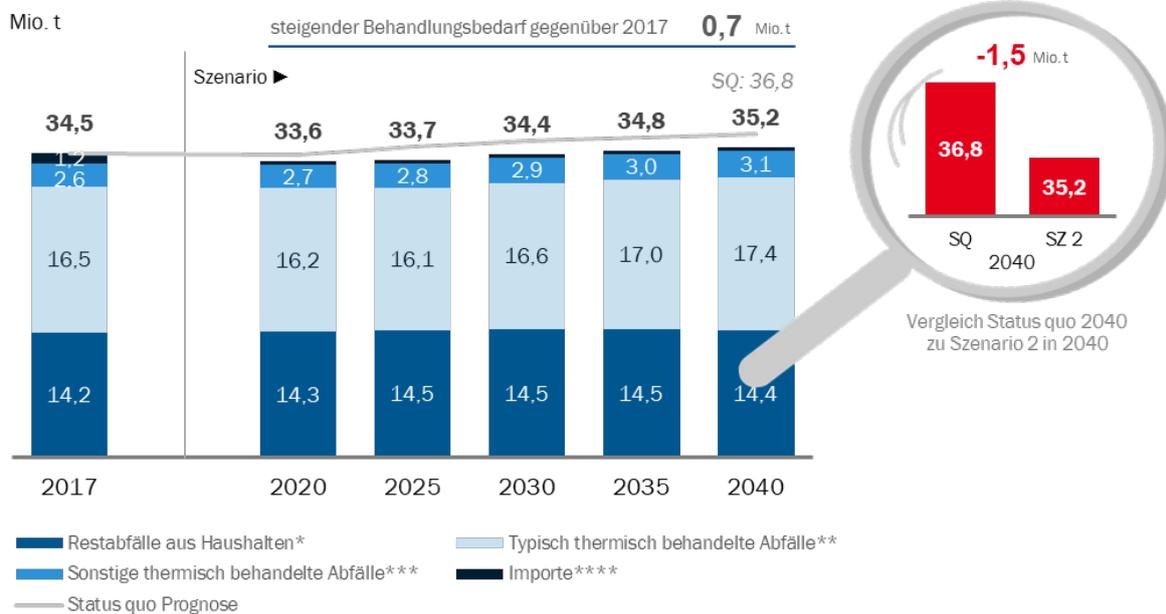
Die **Gesamtergebnisse des Szenarios** in Bezug auf die verfügbaren Abfälle zur thermischen Behandlung im primären Wettbewerbsumfeld der TAB sind in der nachfolgenden Grafik zusammengefasst. Im Ergebnis reduzieren sich die thermisch zu behandelnden Abfälle in **Summe um 1,54 Mio. t** im Jahr 2040 gegenüber dem Wert aus der Status quo Prognose für das Jahr 2040.

Unter Berücksichtigung der im Jahr 2017 thermisch behandelten Abfälle in Höhe von 34,51 Mio. t verbleibt in der Gesamtbetrachtung ein Zuwachs an thermisch zu behandelnden Abfällen bis 2040 von 0,71 Mio. t.

<sup>97</sup> bezogen auf die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten

<sup>98</sup> Destatis 2020

**Abbildung 22: Auswirkungen des Szenario 2 - Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung („GewAbfV“) auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

- \* Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung
- \*\* sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)
- \*\*\* sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme
- \*\*\*\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)  
 Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

**i**

### Ergebnis Szenario 2: Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung für gemischte Gewerbeabfälle

Im Szenario zur Umsetzung der Getrennterfassung ausgewählter Abfallfraktionen gewerblicher Herkunft sowie einer **Zielquote von 30 % für die stoffliche Verwertung** von gemischten Gewerbeabfällen ist unter den dargestellten Annahmen im Jahr 2040 gegenüber der Status quo Prognose für 2040 von einer **Verlagerung von 1,54 Mio. t** gemischter Gewerbeabfälle aus der thermischen bzw. mechanisch-biologischen Behandlung **in die stoffliche Verwertung** auszugehen. Das Reduktionspotenzial setzt sich aus Primär- und Sekundärabfällen zusammen.

#### 4.1.3 Szenario 3: Umsetzung der getrennten Bioabfallerfassung aus Haushalten

Bereits in der EU-Abfallrahmenrichtlinie (AbfRRL) aus dem Jahr 2008<sup>99</sup> wurden die Mitgliedsstaaten aufgefordert, geeignete Maßnahmen zur Förderung der getrennten Sammlung von Bioabfällen (Artikel 22) zu ergreifen. Die europäische AbfRRL wurde im Kreislaufwirtschaftsgesetz vom Juni 2006 in nationales Recht umgesetzt. In § 11 (1) wurde die Verpflichtung der Getrenntsammlung von Bioabfällen, die einer Überlassungspflicht unterliegen in Deutschland ab dem 1.1.2015 verpflichtend festgeschrieben. Bioabfälle umfassen hierbei sowohl die über die Biotonne erfassten Küchen-, als auch die Grünabfälle.

Im Jahr **2017** wurden gemäß der Angaben in den Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer<sup>100</sup> bundesweit insgesamt **10,41 Mio. t an Bio- und Grünabfällen aus privaten Haushalten** separat erfasst. Das entspricht einem bundesdeutschen **Mittelwert von 126 kg/E\*2017**, wobei statistisch 59 kg/E\*2017 den Bioabfällen und 66 kg/E\*2017 den Grünabfällen zugeordnet wurden. Hierbei gibt es jedoch Unsicherheiten. Für die Betrachtungen im Rahmen dieser Studie ist die Unterscheidung nicht relevant, da der Fokus auf den Potenzialen im Hausmüll liegt, die bisher thermisch behandelt werden. Die einwohnerspezifischen Erfassungsmengen schwanken zwischen den kreisfreien Städten und Kreisen deutlich. Ursächlich hierfür sind sowohl siedlungsstrukturelle (z. B. Einwohnerdichte, Wohnstruktur, private Grundstücksflächen etc.), als auch abfallwirtschaftliche (z. B. Anschlussgrad, angebotene Sammelsysteme, Gebührensystem, bereitgestelltes Behältervolumen etc.) Einflussfaktoren. So schwankten die **durchschnittlichen Erfassungsmengen** an überlassungspflichtigen Bio- und Grünabfällen in Abhängigkeit von der Einwohnerdichte im Jahr 2017 **zwischen 54 kg/E** in Kreisen und kreisfreien Städten mit einer Einwohnerdichte > 2.000 E/km<sup>2</sup> und **168 kg/E** in Kreisen und kreisfreien Städten mit einer Einwohnerdichte zwischen 150 und 500 E/km<sup>2</sup>.

Das Szenario zu den Auswirkungen der Umsetzung der getrennten Bioabfallerfassung aus Haushalten fokussiert auf die weitere Abschöpfung von Bio- und Grünabfällen aus dem Hausmüll. Hierzu wurde zunächst das im Hausmüll verbleibende Potenzial an Bio- und Grünabfällen für 2017 ermittelt. Als Datengrundlage dienten Ergebnisse von clusterspezifischen (Bezug Einwohnerdichte) Sortieranalysen, die von der INFA GmbH zur Verfügung gestellt wurden. Die Hochrechnung des Potenzials an Bio- und Grünabfällen im Hausmüll erfolgte Bottom-up über die Zuordnung der Kreise und kreisfreien Städte zu fünf Clustern (siehe Tabelle 9) und Hochrechnung des Potenzials anhand der Clustermittelwerte für den Anteil an Bio- und Grünabfällen im Hausmüll. Ergänzend wurde angenommen, dass mindestens 40 kg Hausmüll verbleiben, da hier von einer weitestgehenden Abschöpfung verwertbarer Potenziale ausgegangen wurde.

<sup>99</sup> AbfRRL 2008

<sup>100</sup> Siedlungsabfallbilanzen der Bundesländer für 2017

**Tabelle 9: Annahmen für das Szenario 3 - Umsetzung der getrennten Bioabfallerfassung aus Haushalten („Bioabfall“)**

Szenario:	Szenario 3 - Umsetzung der getrennten Bioabfallerfassung aus Haushalten	
Inhalt:	Prognose der Auswirkungen der Umsetzung der getrennten Bio- und Grünabfallerfassung aus Haushalten auf das verbleibende Aufkommen an thermisch zu behandelnden Restabfällen aus Haushalten	
Logik / Methodik:	Zielszenarien („was muss passieren, damit...“)	
Stoffströme:	thermisch zu behandelnde Restabfälle aus Haushalten Bio- und Grünabfälle aus Haushalten	
Annahmen:	Zielwert	Clusterspezifische (bezogen auf die Einwohnerdichte) Mittelwerte für die Getrennterfassung von Biogut   Grün-gut – ≤150 E/km <sup>2</sup> : 63 kg/E   99 kg/E – 151 – 500 E/km <sup>2</sup> : 85 kg/E   83 kg/E – 501 - 1.000 E/km <sup>2</sup> : 85 71 kg/E   67 kg/E – 1.001 – 2.000 E/km <sup>2</sup> : 57 kg/E   58 kg/E – > 2.000 E/km <sup>2</sup> 27 kg/E   27 kg/E
	Umsetzungszeitraum:	ab 2019, Übergangszeitraum bis 2025 angenommen, Fortschreibung der Annahmen bis 2040
Grenzen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Umsetzung des Szenarios setzt einen konsequenten Vollzug voraus.</li> <li>– Es wird davon ausgegangen, dass die Erfassung die Qualität der getrennt erfassten Bioabfälle für eine hochwertige Vergärung bzw. Herstellung eines spezifikationsgerechten Kompostes, der auch vom Markt abgenommen wird, gewährleistet. Das heißt, der Anteil der Fehlwürfe innerhalb der getrennten Bio- und Grünabfallerfassung ist gering zu halten.</li> </ul>	

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Im Ergebnis der Hochrechnung betrug das Potenzial an Bio- und Grünabfällen im Hausmüll im Jahr 2017 schätzungsweise rund 5,23 Mio. t<sup>101</sup>. Das entspricht rund 63 kg/E\*2017. Dieses Potenzial ist jedoch selbst unter der Voraussetzung optimaler Sammelsysteme und einer damit einhergehenden intensiven und sachgerechten Nutzung nicht voll abschöpfbar. Die UBA Studie zur verpflichtenden Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen (2014) geht von einem **verbleibenden Organikanteil im Hausmüll von 15 – 20 kg/E\*a** aus.<sup>102</sup> Unter der Annahme, dass mindestens 20 kg/E\*a im Hausmüll verbleiben, reduziert sich das Potenzial im Jahr 2017 auf ein realistisches theoretisches Potenzial von 3,58 Mio. t (43 kg/E\*2017) bei optimalen Voraussetzungen. Mit steigender Erfassungsmenge steigt jedoch i. d. R. auch der Störstoffanteil. Dieser liegt jetzt bereits bei bis zu 20 %, sodass die Störstoffe wieder der Thermik zugeführt werden müssen.

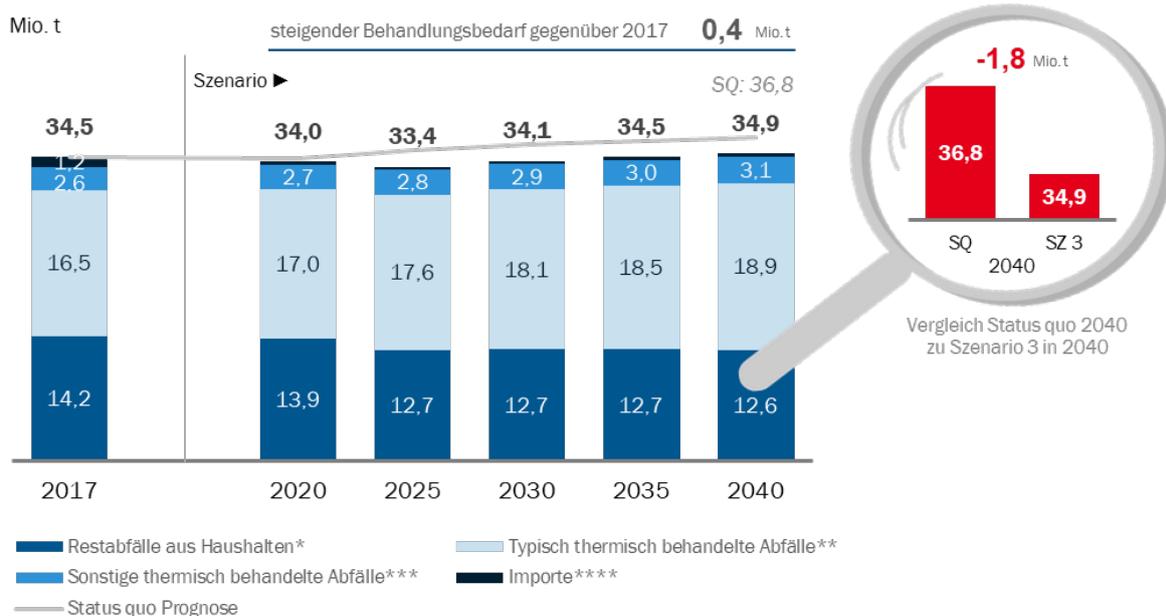
Im KrWG sind keine Regelungen zur Art der getrennten Erfassung von Bio und Grünabfällen vorgeschrieben. Diese kann sowohl im Hohl-, als auch Bringsystem erfolgen, was die Erfassungsmenge erheblich beeinflusst. Für das Szenario wurde als Zielwert angenommen, dass alle

<sup>101</sup> Hochrechnung Prognos AG Bottom-up auf Ebene der Krise und kreisfreien Städte

<sup>102</sup> UBA (u.e.c./GAVIA) 2014, S. 22.

kreisfreien Städte und Kreise mindestens den Mittelwert des Clusters erreichen (Annahmen siehe vorstehende Tabelle).

**Abbildung 23: Auswirkungen des Szenario 3 - Umsetzung der getrennten Bioabfallerrfassung aus Haushalten auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

\* Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung

\*\* sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)

\*\*\* sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme

\*\*\*\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)

Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Die Annahmen dieses Szenarios führen im Ergebnis zu einer **Abschöpfung von rund 1,81 Mio. t.** an Bio und Grünabfällen aus dem Hausmüll, das entspricht rund 50 % des realistischen Potenzi- als, bzw. korrespondiert mit einer durchschnittlichen **Steigerung der separaten Erfassungsmenge um 22 kg/E.** Da im Rahmen dieser Studie die Auswirkungen auf die thermisch zu behandelnden Restabfallmengen im Fokus stehen, wurde die mit einer Intensivierung der Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen einhergehende **anteilige Rückführung aus der Eigenkompostierung hier nicht berücksichtigt.** Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei der Intensivierung der separaten Bioabfallsammlung auch Mengen aus der Eigenkompostierung zurückfließen werden, sowie sich Grünabfallmengen von der separaten Erfassung auf den Recyclinghöfen hin in

die Biotonne verlagern. Die tatsächlich in der Biotonne separat erfassten Mengen werden dann höher liegen. Tendenziell kann man sagen, dass bei einer zusätzlichen Erfassung von Bioabfällen mittels Biotonne jeweils rund ein Drittel aus dem Hausmüll, der Umlenkung von der Eigenkompostierung und Grünabfällen stammt<sup>103</sup>. Sie würde sich auf die Gesamtmenge an Bio- und Grünabfällen auswirken.<sup>104</sup>

Der zu den steigenden Erfassungsmengen korrespondierende Anstieg von Siebüberläufen ist im Rahmen des Szenarios primär der thermischen Verwertung in Biomassekraftwerken zugeordnet worden. Sie liegen damit außerhalb der primären Wettbewerbssituation der TAB.

Die Umsetzung der Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen unter den Bedingungen dieses Szenarios führt zu einer Reduzierung der thermisch zu behandelnden Abfälle im Jahr 2040 gegenüber der Status quo Prognose für 2040 von 1,8 Mio. t.

**i**

### **Ergebnis Szenario 3: Umsetzung der getrennten Bioabfalleterfassung aus Haushalten**

Das Szenario zur getrennten Erfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten führt im Ergebnis zu einer Reduzierung der im Jahr 2040 **thermisch zu behandelnden Restabfälle um 1,81 Mio. t** gegenüber der Status quo Prognose für das Jahr 2040.

Der Rückgang wird sich insbesondere auf die MVA und anteilig auch die M(B)A auswirken, die jedoch in der Akquisition auf andere Abfallfraktionen ausweichen können.

#### 4.1.4 Zusammenfassung der Szenarien zur Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen

Die Ergebnisse der bislang jeweils **einzelnen betrachteten Szenarien** zu den unterschiedlichen Auswirkungen der Umsetzung des **Verpackungsgesetzes**, der **Gewerbeabfallverordnung** sowie der **getrennten Erfassung von Bioabfällen** auf das verbleibende Aufkommen an thermisch zu behandelnden Abfällen werden im Szenario 4 - Auswirkungen der Szenarien zur Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle – zusammenfassend bewertet. **Ergänzend** wird hierbei auch die **Umsetzung des KrWG 2012** in Bezug auf die 65 % Zielquote in Bezug auf die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Siedlungsabfällen ab 2020 nach der bisher geltenden Berechnungsmethodik berücksichtigt. Deutschland hat sich für die Berechnungsmethode 4<sup>105</sup> entschieden, nach der die Summe der einer Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zugeführten Siedlungsabfälle der Summe der erzeugten Siedlungsabfälle gegenübergestellt wird. Die geplante Umstellung von der Input- zu einer Output-basierten Berechnung wird in Kapitel 5.5.1 betrachtet.

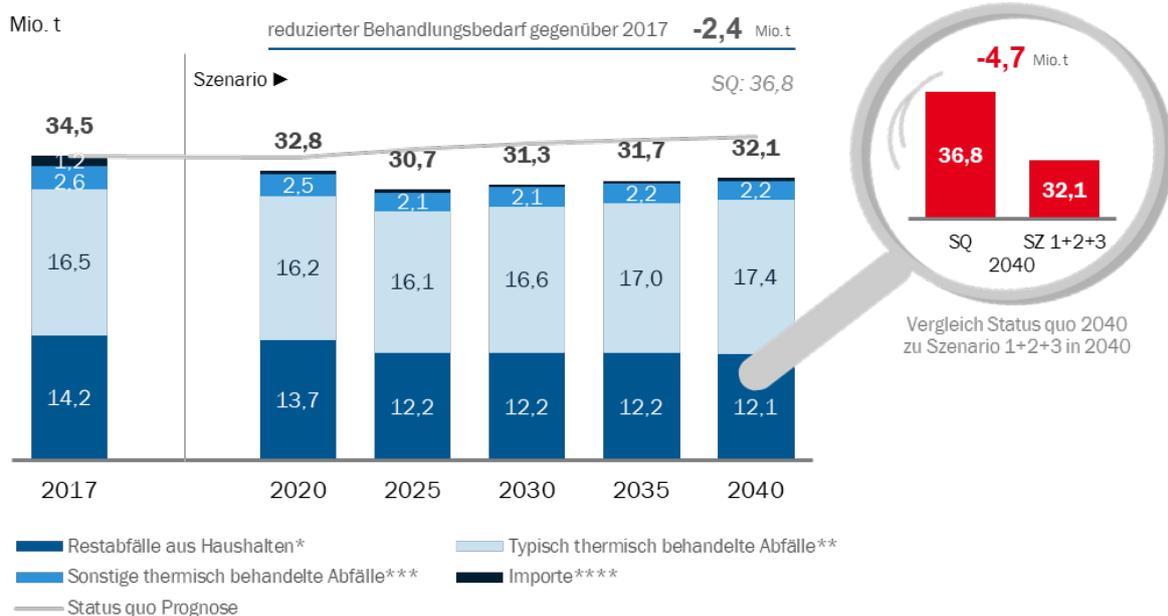
<sup>103</sup> ICU / Wiegel 2014.

<sup>104</sup> Das Szenario setzt die Qualität der getrennten Erfassung von Bio- und Grünabfällen (geringe Fehlwurfquoten) voraus. Eine Nichteinhaltung würde eine hochwertige Verwertung gefährden und Mengen wieder in die thermische Abfallbehandlung führen.

<sup>105</sup> Eunomia 2018

Bei der **Zusammenführung** der Einzelszenarien ist zu beachten, dass die Einzelergebnisse **nicht einfach addiert** werden können, da es zu Überschneidungseffekten zwischen den Szenarien kommt. So sind z. B. gemischte Verpackungsabfälle auch in gemischten Gewerbeabfällen enthalten. Eine Intensivierung der Getrennterfassung von Verpackungen aus Haushalten trägt ihrerseits zur Erzielung der der 65 % Zielquote aus dem KrWG bei. Bei der Zusammenführung wurden diese Wechselwirkungen berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 24 zusammengefasst.

**Abbildung 24: Zusammenfassung: Auswirkungen der Szenarien zur Umsetzung der gesetzlichen Rahmenbedingungen auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

- \* Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung
- \*\* sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)
- \*\*\* sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme
- \*\*\*\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)  
 Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Danach wird sich das thermisch zu behandelnde Aufkommen **bis zum Jahr 2040 um 4,69 Mio. t** gegenüber der **Status quo Prognose** für das Jahr 2040 reduzieren. Im Vergleich zum Basisjahr 2017 reduziert sich der thermische Behandlungsbedarf im primären Wettbewerbsmarkt der TAB aufgrund der prognostizierten wirtschaftlichen und demografischen Entwicklungen nur um 2,45 Mio. t.

Die rechnerisch für das Aufkommen an thermisch zu behandelnden Abfällen ermittelten Effekte der zusammengefassten Szenarien sind **allein für die Bewertung nicht ausreichend**. Um die tatsächlichen Auswirkungen auf die Angebots- und Nachfragesituation im Markt bewerten zu können, sind auch die erkennbaren Entwicklungen auf der Kapazitätsseite im primären Wettbewerbsmarkt den TAB gegenüberzustellen.

Auf der **Kapazitätsseite** wurden die folgenden Entwicklungen identifiziert und im Rahmen von Annahmen hinterlegt:

### **MVA / EBS-Kraftwerke**

- Bei der Kapazitätsentwicklung in MVA und EBS-Kraftwerken wurde
  - der Zubau von Gießen II (Inbetriebnahme 2019),
  - die Neubauplanungen Wiesbaden, Jänschwalde und Stellingener Moor,
  - die Erweiterungsplanungen in Göppingen, Offenbach und Berlin sowie die
  - Differenz zur Ersatzneubauplanung Stapelfeldberücksichtigt. (siehe hierzu Kapitel 2.1). In Summe erhöhen sich dadurch die Kapazitäten in den TAB um 0,95 Mio. t auf **27,93 Mio. t** im Jahr 2040.
- Die Planungen für die beiden EBS-Kraftwerke in Schwedt und Eisenhüttenstadt wurden hier noch nicht berücksichtigt, da nach bisherigem Kenntnisstand eher davon ausgegangen wird, dass beide Kraftwerke aufgrund der steigende Produktionskapazitäten an den Standorten primär betriebseigene Schlämme und Rejekte einsetzen werden, bzw. auf die entsprechenden Fraktionen zurückgreifen werden, die über die geplante Stilllegung von Kohlekraftwerken, die Papierschlämme mitverbrennen, zukünftig neue Entsorgungswege finden müssen.

### **Kohlekraftwerke**

- Bei den Kohlekraftwerken, die auch Ersatzbrennstoffe einsetzen, wurden die Kapazitäten um das Kraftwerk Jänschwalde reduziert, da hier die geplante Ersatzinvestition im Bereich der EBS-Kraftwerke berücksichtigt wird. Ebenfalls nicht mehr berücksichtigt wurden das Heizkraftwerk Wuppertal-Elberfeld sowie das Gersteinwerk, da beide Kohlekraftwerke bereits im Jahr 2019 ihren Betrieb eingestellt haben, aber im Basisjahr 2017 noch in Betrieb waren.
- Weitere zu erwartende Stilllegungen werden in diesem Szenario zunächst nicht berücksichtigt, da die Entwicklungen im Bereich der Kohlekraftwerke noch einmal in einem separaten Szenario (siehe Kapitel 5.1) betrachtet werden. Im Markt verbleiben **nach 2025 noch theoretisch 0,89 Mio. t** an Mitverbrennungskapazitäten in Kohlekraftwerken, die aktuell bereits EBS / SBS einsetzen.

### **Zementwerke**

- Die Zementindustrie zählt zu den energieintensiven Branchen. Die Energie wird insbesondere für das Brennen des Zementklinkers benötigt. In den vergangenen Jahren hat sich dabei der **Anteil alternativer** gegenüber fossilen **Brennstoffen** erhöht (siehe Abbildung 11). Im Jahr 2017 wurden **bereits 65 %** der Energie durch geeignete

alternative Brennstoffe ersetzt.<sup>106</sup> Damit nimmt die deutsche Zementindustrie im europäischen Vergleich eine führende Rolle ein.

- Das Interesse an einem weiter steigenden Einsatz an Abfällen zur Mitverbrennung ist grundsätzlich vorhanden. Ecofys kommt in einer von Cembureau, dem Verband der europäischen Zementindustrie beauftragten Studie zu der Einschätzung, dass die deutsche Zementindustrie eine Substitutionsrate von bis zu 80 % erreichen könnte, wenn die Abfälle geeignet und die notwendigen stabilen Qualitäten zugesichert werden können.<sup>107</sup>
- Im Szenario 4 wird dieses **Substitutionspotenzial von 80 %** angenommen, wobei sich der Anteil für die primär in einer Wettbewerbssituation zu den TAB stehenden Fraktionen von 63 % im Jahr 2017 bis 2040 auf 60 % verringert. Dies entspricht den Beobachtungen für die Entwicklungen in den vergangenen Jahren. Das Mitverbrennungspotenzial im primären Wettbewerbsmarkt der TAB erhöht sich dadurch um bis zu 0,35 Mio. t auf insgesamt 2,6 Mio. t im Jahr 2040. Die Steigerung wurde proportional angenommen. Risiken in der Bewertung verbleiben in Bezug auf die Gewährleistung der erforderlichen Qualitäten.
- Generell muss man aber festhalten, dass die Zementindustrie stark im Wettbewerb steht und Konjunkturschwankungen im Baubereich eine große Rolle spielen. Somit ist eine gesicherte Entsorgung nicht gegeben.

## M(B)A

- Die Kapazitäten der mechanisch- (biologischen/physikalischen) Behandlungskapazitäten werden im Szenario 4 zunächst bis auf die bekannte Umwidmung der MBA Südniedersachsen fortgeschrieben, da zu erwartende Schließungen und Umwidmungen noch einmal in einem separaten Szenario (siehe Kapitel 5.2) betrachtet werden. In Summe reduzieren sich die Kapazitäten in den M(B)A um 0,13 Mio. t auf **5,64 Mio. t** im Jahr 2040.

Dem im Szenario ermittelten thermisch zu behandelnden **Aufkommen** in Höhe von **32,07 Mio. t** stehen demnach in Summe **37,11 Mio. t** an **genehmigten Kapazitäten** gegenüber. Bei der Bewertung der Verfügbarkeit von thermisch zu behandelnden Abfällen im Vergleich zu den Kapazitäten ist zwischen den **genehmigten Kapazitäten** und den zu erwartenden **tatsächlich möglichen Durchsatzmengen** zu differenzieren:

<sup>106</sup> VDZ 2018

<sup>107</sup> Ecofys 2017

**Tabelle 10: Zusammenfassende Übersicht des Aufkommens an Abfallmengen für die TAB und Kapazitäten unter Berücksichtigung der primären Wettbewerbssituation**

	2017	2020	2025	2030	2035	2040
	Mio. t					
<b>Abfallverfügbarkeit</b>						
Restabfälle aus Haushalten <sup>(1)</sup>	14,19	13,70	12,16	12,22	12,19	12,13
Typisch thermisch behandelte Abfälle <sup>(2)</sup>	16,52	16,25	16,10	16,61	16,99	17,37
Sonstige thermisch behandelte Abfälle <sup>(3)</sup>	2,63	2,54	2,07	2,12	2,17	2,21
Importe <sup>(4)</sup>	1,18	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
<b>Zwischensumme thermisch zu behandelnde Abfälle (ohne Exporte)</b>	<b>34,51</b>	<b>32,84</b>	<b>30,69</b>	<b>31,29</b>	<b>31,70</b>	<b>32,07</b>
<b>Kapazitäten</b>						
MVA <sup>(5)</sup>	20,66	20,66	20,93	20,93	20,93	20,93
EBS-Kraftwerke <sup>(5)</sup>	6,32	6,36	7,00	7,00	7,00	7,00
<i>Primärer Wettbewerb zu TAB</i>						
Kohlekraftwerke (Anteil primärer Wettbewerb <sup>(6)</sup> )	1,73	1,45	0,89	0,89	0,89	0,89
Zementwerke (Anteil primärer Wettbewerb <sup>(7)</sup> )	2,30	2,33	2,40	2,48	2,56	2,65
M(B)A <sup>(8)</sup>	5,78	5,78	5,64	5,64	5,64	5,64
<b>Zwischensumme genehmigte Kapazitäten</b>	<b>36,79</b>	<b>36,57</b>	<b>36,87</b>	<b>36,95</b>	<b>37,03</b>	<b>37,11</b>
↳ <b>davon verfügbare Kapazität <sup>(9)</sup></b>	<b>34,47</b>	<b>33,63</b>	<b>34,09</b>	<b>34,22</b>	<b>34,31</b>	<b>34,39</b>
<b>Differenz zwischen verfügbaren Kapazitäten und thermisch zu behandelndem Abfallaufkommen</b>	<b>0,0</b>	<b>0,79</b>	<b>3,40</b>	<b>2,93</b>	<b>2,60</b>	<b>2,32</b>

<sup>(1)</sup> Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung

<sup>(2)</sup> sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)

<sup>(3)</sup> sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme

<sup>(4)</sup> Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.) Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

<sup>(5)</sup> Zubau-Annahmen wie im Text separat beschrieben

<sup>(6)</sup> entspricht den genehmigten Kapazitäten in den Kohlekraftwerken, die EBS/SBS mitverbrennen. Der tatsächliche Durchsatz der Anlagen ist deutlich geringer (ca. 0,8 Mio. t /2017)

<sup>(7)</sup> entspricht dem tatsächlichen bzw. szenarisch angenommenem Durchsatz, da die genehmigten Kapazitäten nicht bekannt sind

<sup>(8)</sup> Fortschreibung des Status quo unter Berücksichtigung bekannter geplanter Umwidmungen;

<sup>(9)</sup> Annahmen wie im Text separat beschrieben

Für die **tatsächliche Auslastung** der genehmigten Durchsätze wurden die folgenden **Annahmen** getroffen:

- **MVA / EBS-Kraftwerke**  
Der Durchsatz betrug im Jahr 2017 rund 97 %. Im Szenario wird der Durchsatz auf durchschnittlich 95 % reduziert, da aufgrund des höheren durchschnittlichen Anlagenalters der Verbrennungslinien mit häufigeren bzw. längeren Revisionszeiten zu rechnen ist.
- **Kohlekraftwerke**  
Im Jahr 2017 wurden die genehmigten Kapazitäten in den Kohlekraftwerken, die auch EBS einsetzen, nur zu durchschnittlich 46 % genutzt. Dieser Anteil wurde bis zur jeweilig angenommenen Schließung im Zuge des Kohleausstiegs der fortgeschrieben.
- **Zementwerke**  
Für die Zementwerke wurden keine spezifischen Annahmen getroffen, da die angezeigten Kapazitäten aufgrund fehlender Angaben zu genehmigten Kapazitäten dem jeweiligen Durchsatz entsprechen.
- **M(B)A**  
Für die M(B)A wurde ein gegenüber dem Jahr 2017 reduzierter durchschnittlicher Durchsatz von 85 % für vergleichbare Abfallfraktionen, die auch in TAB eingesetzt werden eingesetzt. Ein spezifisches Szenario zur Entwicklung der M(B)A-Kapazitäten ist Bestandteil des Kapitels 5.2.

**i**

### **Gesamtergebnis: Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen**

Im Ergebnis der Zusammenführung der Umsetzung der aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen (VerpackG, GewAbfV, getrennte Erfassung Bioabfälle, KrWG) sinkt das thermisch zu behandelnde **Aufkommen** (bei vorausgesetztem Vollzug und vollständiger hochwertigem Recycling) im primären Wettbewerbsmarkt für die TAB bis zum Jahr 2040 um **4,69 Mio. t** gegenüber der Status quo Prognose. Zur thermischen Behandlung im primären Wettbewerbsmarkt der TAB verbleiben noch 32,07 Mio. t

Diesen Mengen stehen im Jahr 2040 in Summe **37,11 Mio. t** an genehmigten Kapazitäten gegenüber. Unter Berücksichtigung der tatsächlich verfügbaren Kapazität liegt dieser Wert bei angenommenen **34,39 Mio. t**. Damit wären im Ergebnis der Gesamtbeurteilung im Jahr 2040 bis zu **2,32 Mio. t** an **Behandlungskapazitäten nicht** ausgelastet.

## 5 Bewertung weiterer Potenziale für die Behandlung in TAB

### 5.1 Potenziale zur thermischen Behandlung aus der Stilllegung von Kohlekraftwerken

Im Jahr 2017 verfügten bundesweit insgesamt noch 20 Kohlekraftwerke über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Abfällen. Die genehmigte Kapazität lag bei 4,2 Mio. t<sup>108</sup>, während die Auslastung deutlich geringer angenommen werden kann. Prognos geht auf der Grundlage der Analysen von Flamme/Quicker<sup>109</sup> sowie eigener Zusatzrecherchen von Prognos von einem Durchsatz von ca. 1,8 Mio. t<sup>110</sup>, wobei hierbei auch betriebseigene Abfälle berücksichtigt sind. Aktuell sind noch 14 Kohlekraftwerke, die Abfälle mitverbrennen in Betrieb (gegenüber 20 im Jahr 2017). Nach Beschluss der Kohlekommission im Januar 2019 erfolgt in Deutschland die schrittweise Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung<sup>111</sup>. Damit einhergehend ist der Wegfall von Mitverbrennungskapazitäten und der Bedarf, entsprechend neue Verwertungswege zu erschließen. Die schrittweise Schließung der Kohlekraftwerke wird sich auch auf sowohl direkt als auch indirekt auf die Wettbewerbssituation der TAB auswirken.

**Tabelle 11: Entwicklung der genehmigten Mitverbrennungskapazitäten in Kohlekraftwerken**

	2017	2020	2025	2030	2035	2040
	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t
<i>Primäre Wettbewerbssituation der TAB:</i> Kohlekraftwerke mit Genehmigung für die Mitverbrennung von EBS/SBS <sup>(1)</sup>	1,73	1,45	0,89	0,89	-	-
<i>Sekundäre Wettbewerbssituation der TAB:</i> Kohlekraftwerke mit Genehmigung für die Mitverbrennung von Klärschlamm <sup>(2)</sup>	1,60	1,41	1,38	0,54	-	-
<i>Sonstiger Wettbewerb:</i> Kohlekraftwerke mit Genehmigung für die Mitverbrennung von sonstigen Abfällen	0,86	0,60	0,06	-	-	-
<b>Summe genehmigte Kapazitäten</b>	<b>4,19</b>	<b>3,46</b>	<b>2,33</b>	<b>1,43</b>	-	-

<sup>(1)</sup> Umstellungen auf andere Brennstoffarten sind in anderen Teilmärkten der thermischen Abfallbehandlung berücksichtigt

<sup>(2)</sup> ohne Kohlekraftwerke, die parallel auch Ersatz- bzw. Sekundärbrennstoffe einsetzen, diese sind bereits in der primären Wettbewerbssituation dargestellt sind.

Quelle: Prognos AG 2020 auf der Grundlage von UBA (Flamme/Quicker) 2018 und ergänzenden Eigenrecherchen.

© Prognos 2020

<sup>108</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

<sup>109</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

<sup>110</sup> die Hochrechnungen berücksichtigen den Anteil an Klärschlämmen als Trockenmasse (TM)

<sup>111</sup> Kommission 2019

## Primäre Wettbewerbssituation der TAB

Von den 20 Kohlekraftwerken, die Abfälle mitverbrennen und die im Bezugsjahr 2017 noch in Betrieb waren, verfügten 7 Kraftwerke nach jetzigem Kenntnisstand über eine Genehmigung zur Mitverbrennung von Ersatz- und Sekundärbrennstoffe (primäre Wettbewerbssituation zu TAB), mit einer genehmigten Kapazität von rund 1,73 Mio. t, wobei der tatsächliche Durchsatz bei ca. 0,8 Mio. t lag (siehe Kapitel 2.4). Wie bereits in Kapitel 4.1.4 erläutert, wurden das Heizkraftwerk **Wuppertal-Elberfeld** sowie das **Gersteinwerk bereits geschlossen**. Die in den beiden Kraftwerken mitverbrannten Abfälle in einer Größenordnung von 140 Tsd. t/a sind bereits in neuen Entsorgungswegen untergebracht.

Das Kohlekraftwerk **Jänschwalde (560 Tsd. t/a)** wird seinen Betrieb bis 2025 einstellen. Für die freiwerdenden Mengen ist jedoch eine **Ersatzinvestition in ein EBS-Kraftwerk (480 Tsd. t/a)** am Standort geplant. Die Stadtwerke Flensburg planen die komplette Umstellung des Kraftwerkes auf regenerative Brennstoffe, insbesondere Holzhackschnitzel. Der aktuelle Einsatz von Ersatzbrennstoffen liegt bei rund 18 Tsd. t/a und es wird davon ausgegangen, dass es nach 2035 zu keinem Einsatz von Ersatzbrennstoffen mehr kommt und die Kapazitäten (80 Tsd. t/a) zukünftig für Holzhackschnitzel und damit im Teilmarkt „Biomasseheizkraftwerke“ zur Verfügung stehen werden.

Im Fall des Kraftwerkes der Papierfabrik August Koehler, **Oberkirch (Kapazität: 128 Tsd. t/a)** ist eine **Ersatzinvestition in ein Biomasseheizkraftwerk** geplant. Hier könnten ggf. die betriebseigenen Papier- und Faserschlämme mitverbrannt werden, so dass dem Markt keine zusätzlichen Mengen aufgrund der Schließung des Kohlekraftwerkes zugeführt werden. Für die beiden verbleibenden Kraftwerke in Hürth und Spremberg (zusammen 680 Tsd. t/a) wird erwartet, dass sie bis 2035 vom Netz gehen. Hier wird der tatsächlich durchgesetzte Anteil an mitverbrannten Abfällen in den Markt fließen.

In Summe ergibt sich in der primären Wettbewerbssituation durch die Schließung bzw. Umstellung der Kohlekraftwerke ein zusätzliches Mengenpotenzial an thermisch zu behandelnden Abfällen von schätzungsweise 0,8 Mio. t/a, wobei für nahezu 0,5 Mio. t/a bereits Ersatzplanungen für ein EBS-Kraftwerk bestehen. Für weitere rund 0,3 Mio.t/a bezogen auf die Durchsatzannahme für 2017 sind neue Behandlungswege erforderlich.

## Sekundäre Wettbewerbssituation der TAB

Aufgrund der aktuellen rechtlichen Entwicklungen im Bereich der Klärschlammbehandlung (siehe Kapitel 5.4.1) ergeben sich weitere Mengenpotenziale aus der Schließung von Kohlekraftwerken, die aktuell Klärschlämme mitverbrennen. Im Jahr 2017 verfügten insgesamt **11 Kohlekraftwerke** über eine **Genehmigung zur Mitverbrennung von Klärschlämmen**. Aktuell (2019) sind dies noch 8 Kohlekraftwerke, von denen zwei auch Ersatzbrennstoffe einsetzen. Diese beiden Kohlekraftwerke wurden vorab bereits berücksichtigt und werden hier nicht weiter mitgeführt. Die verbleibenden 6 Kohlekraftwerke verfügen über eine genehmigte Kapazität von 1,41 Mio. t/a<sup>112</sup>, wobei der Block S des Kraftwerkes Lippendorf vorübergehend stillgelegt wurde. Der geschätzte

<sup>112</sup> UBA (Flamme/Quicker) 2018

**Durchsatz an Klärschlämmen** liegt bei **rund 0,4 Mio. t<sub>TM</sub>**<sup>113</sup>. Alle Kraftwerke werden nach bisherigem Informationsstand bis 2035 vom Netz gehen. Die bisher mitverbrannten Abfälle (Klärschlämme, Tiermehl und sonstige Schlämme) müssen zukünftig in anderen thermischen Anlagen – insbesondere Monoklärschlammverbrennungsanlagen, Zementwerken und TAB thermisch behandelt werden. Es wird im Szenario davon ausgegangen, dass schätzungsweise 25 % der bisher in Kohlekraftwerken mitverbrannten Klärschlamm-mengen (0,1 Mio. t<sub>TM</sub> im primären Wettbewerbsmarkt verbleiben (TAB, Zementwerke) und 75 % (0,3 Mio. t<sub>TM</sub>) in die Monoklärschlammverbrennungsanlagen (sekundärer Wettbewerbsmarkt) gehen. Die Realisierung der entsprechenden Kapazitäten wird bis 2040 vorausgesetzt.

### Sonstiger Wettbewerb

Weitere drei Kohlekraftwerke (0,60 Mio. t/a), die sich noch in der Betriebsphase befinden, setzen Kunststoffe, Spuckstoffe sowie organische Flüssigkeiten in der Mitverbrennung ein. Mit **0,5 Mio. t/a** hat das Kraftwerk im **Chemiepark Marl** die höchsten genehmigten Kapazitäten. Das Kraftwerk wird **durch ein neues Gas- und Dampfturbinenkraftwerk ersetzt** werden. Der Baubeginn ist für 2022 geplant. Mit der Schließung des Kohlekraftwerkes können zukünftig keine Rückstände aus der chemischen Produktion mehr mitverbrannt werden. Geplant ist in diesem Zusammenhang die Erweiterung der SAV in Marl, um die Abfälle weiterhin am Standort behandeln zu können.<sup>114</sup> Die Schließung der beiden anderen Kohlekraftwerke in Duisburg und Zülpich wird nur geringe Auswirkungen auf den Markt der thermischen Abfallbehandlung haben, da nur sehr geringe Mengen (zusammen rund 30 Tsd. t/a) mitverbrannt werden.

Da Einzelangaben zu den in Kohlekraftwerken insgesamt mitverbrannten Abfällen fehlen, ist eine genaue Bewertung potenzieller Auswirkungen der Schließungen nur schwer möglich. Dies gilt insbesondere für die Mitverbrennung von gefährlichen Abfällen. Es ist anzunehmen, dass neben dem Kraftwerk im Chemiepark Marl kleinere Mengen auch von anderen Kohlekraftwerken in allen Wettbewerbsmärkten angenommen werden. Insofern wird die Erweiterung der SAV in Marl nicht ausreichen, um alle Mengen aus der Schließung der Kohlekraftwerke aufzunehmen. Vor dem Hintergrund der aktuell bereits ausgelasteten SAV und eines zu erwartender bundesweit ansteigenden Aufkommens an gefährlichen Abfällen, ist eine Verdrängung geringer belasteter Abfälle aus den SAV in die Zementwerke und TAB, bzw. eine Direktverlagerung in den primären Wettbewerbsmarkt nicht ausgeschlossen, Dies würde eine zusätzliche, bisher nicht szenarisch betrachtete Bindung von Kapazitäten bedeuten.



#### Fazit: Mengenpotenziale aus der Stilllegung von Kohlekraftwerken

Aus der im Zuge der Energiewende erwarteten Stilllegung von Kohlekraftwerken ergibt sich ein **zusätzliches Mengenpotenzial** für Ersatz- und Sekundärbrennstoffe sowie Klärschlämme in Summe von schätzungsweise 1,2 – 1,3 Mio. t/a. Für nahezu 0,5 Mio. t/a an Ersatz- und Sekundärbrennstoffen bestehen bereits Ersatzplanungen für den Bau eines EBS-Kraftwerkes, die in den Szenarien berücksichtigt sind. Für die

<sup>113</sup> Hochrechnung auf Grundlage von UBA (Klärschlamm) 2018. In den Kohlekraftwerken wird i.d.R. entwässerter Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von etwa 25 bis 35 % verbrannt.

<sup>114</sup> Marler Zeitung 2019

verbleibenden **rund 0,3 Mio. t Ersatzbrennstoffe und 0,4 Mio. t<sub>TM</sub>** an Klärschlämmen (Bezugsjahr 2017) müssen Kapazitäten in TAB, Zementwerken sowie Klärschlammverbrennungsanlagen bereitgestellt werden. Der Anteil für den primären Wettbewerbsmarkt der TAB wird auf 0,1 Mio. t<sub>TM</sub> geschätzt. Unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Wassergehaltes von 25 % werden somit 0,4 Mio. t an TAB-Kapazitäten erforderlich. Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch auch, dass Klärschlämme i. d. R. einen geringeren Heizwert haben als andere Abfallfraktionen.

## 5.2 Potenzielle Auswirkungen durch M(B)A-Stillegungen / Umwidmungen

im Rahmen dieser Studie wird die primäre Wettbewerbssituation der M(B)A zu den TAB betrachtet. Dabei werden unter dem Begriff „**M(B)A**“ alle **mechanisch (-biologischen bzw. physikalischen) Anlagen** berücksichtigt, die **aktuell noch Verträge für kommunale Restabfälle haben**. In die Betrachtung einbezogen sind daher neben den

- „klassischen“ MBA, die insbesondere im Zuge der Umsetzung der TASI, d.h. der Beendigung des Deponieverbotes für unvorbehandelte Siedlungsabfälle im Jahr 2005 ihren Betrieb aufgenommen haben. auch
- mechanisch biologische bzw. mechanisch-physikalische Behandlungsanlagen sowie
- mechanische Behandlungsanlagen berücksichtigt.

Bundesweit sind dies derzeit **49 Anlagen** mit einer genehmigten **Kapazität von 5,78 Mio. t/a**. Rund 54 % der Kapazitäten sind mechanisch-biologische Behandlungsanlagen; weiteres 23 % der Kapazitäten beziehen sich auf eine physikalische oder mechanisch-biologische Stabilisierung, während der Rest von 24 % den mechanischen Aufbereitungsanlagen zuzurechnen ist.

Für die Wettbewerbssituation zu den TAB haben diese Anlagen eine doppelte Bedeutung. Zum einen treten sie in den direkten Wettbewerb um insbesondere kommunale Restabfälle (bezogen auf die verfügbaren Mengen, unabhängig davon, ob die Mengen im Markt ausgeschrieben werden oder nicht), zum anderen sind die nach der Vorbehandlung verbleibenden brennbaren Abfälle ein wichtiger Inputstrom für die thermischen Abfallbehandlungsanlagen.

Aufgrund der spezifischen Perspektive auf Anlagen, die auch kommunale Restabfälle vorbehandeln ist die statistische Datengrundlage zum Anlagendurchsatz bzw. den Anteil thermisch relevanter gemischter Siedlungsabfälle nicht eindeutig abgrenzbar, da die Anlagen sowohl unter dem Anlagentyp mechanisch-biologische Behandlungsanlagen als auch Sortier- und sonstigen Anlagen erfasst werden.

Der Anteil der in diesen Anlagen vorbehandelten insbesondere gemischten Siedlungsabfälle kann mit **rund 4,12 Mio. t/2017**<sup>115</sup> angenommen werden. Der Anteil des **Outputs an brennbaren Abfällen** ist stetig gestiegen und liegt derzeit bei **rund 60 %**, so dass aus der Behandlung gemischter

<sup>115</sup> Hochrechnungen Prognos AG

Siedlungsabfälle brennbare Abfälle in einer Größenordnung von nahezu 2,47 Mio. t wieder in die thermischen Behandlungsanlagen zurückgeflossen sind.

Die Kapazitäten der M(B)A, die kommunale Restabfälle vorbehandeln, sind in den vergangenen Jahren rückläufig. Dies ist neben der **Stilllegung** von Anlagen auch auf deren **Umwidmung und Fokussierung auf die Vorbehandlung von biologischen Abfällen** zurückzuführen. Der Rückgang der Kapazitäten durch Stilllegung bzw. Umwidmung betrug allein seit 2015 rund 0,65 Mio. t/a.

Für die zukünftige Entwicklung der genehmigten Kapazitäten mit dem Fokus auf die primäre Wettbewerbssituation zu den thermischen Behandlungsanlagen ist von weiteren Stilllegungen bzw. Umwidmungen auszugehen. Für die Bewertung zukünftiger Entwicklungen wurden Annahmen auf der Ebene der einzelnen Anlagen unter Berücksichtigung des Anlagentyps, der ggf. biologischen Stufe, des Anteils kommunaler Restabfälle am Anlageninput, der Vertragslaufzeiten für die Vorbehandlung kommunaler Restabfälle, der in den letzten Jahren erfolgten Investitionen sowie die Rechtsform der Anlageneigner berücksichtigt.

Für die Entwicklungen bis zum Jahr 2040 wird ein **Rückgang** der Kapazitäten von Anlagen, die aktuell auch kommunale Restabfälle behandeln von **2,19 Mio. t/a** erwartet. Dabei ist der angenommene Anteil an Anlagenstilllegungen gering und bezieht sich eher auf kleine Anlagen, die im Zuge anstehender Modernisierungsmaßnahmen nicht weiter betrieben werden. Die Mehrheit der Anlagen wird ihren Betrieb fortsetzen, jedoch den Schwerpunkt ihrer Vorbehandlungsaktivitäten in andere bedeutende Teilmärkte verlagern. Dies betrifft sowohl Anlagen, die zukünftig auf eine reine hochwertige Bioabfallbehandlung, insbesondere Vergärung, umstellen, als auch mechanische Aufbereitungsanlagen, die eine hochwertige Sortierung und Aufbereitung von Wertstoffen und Gewerbeabfällen in den Mittelpunkt ihrer Aktivitäten stellen werden.

**Tabelle 12: Entwicklung der genehmigten Kapazitäten in mechanisch-(biologischen) Abfallbehandlungsanlagen\***

	<b>2017</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>
	Mio. t					
MBA	3,14	3,10	2,75	2,45	2,38	2,38
MBS / MPS	1,31	1,31	1,21	0,90	0,57	0,41
MA	1,36	1,36	1,11	0,94	0,90	0,84
<b>Summe</b>	<b>5,82</b>	<b>5,78</b>	<b>5,07</b>	<b>4,29</b>	<b>3,85</b>	<b>3,63</b>

\* berücksichtigt sind Anlagen, die aktuell noch kommunale Restabfälle annehmen; die angenommene Umwidmung von Anlagenkapazitäten z. B. zu reiner Bioabfallbehandlung wird im Szenario als Rückgang bewertet, obwohl die Anlagenkapazitäten für andere Stoffströme immer noch im Markt verfügbar sind.

Im Ergebnis dieser angenommenen Entwicklungen reduziert sich das in M(B)A behandelte Aufkommen an primär gemischten Siedlungsabfällen, die dann insbesondere von den MVA thermisch zu verwerten sind. Im Gegenzug reduzieren sich die als Output aus der Vorbehandlung

erzeugten brennbaren Sekundärabfälle. Dieser Rückgang wirkt sich neben den MVA vor allem auch auf die Inputströme für die EBS-Kraftwerke und Zementwerke aus. Das Saldo aus der steigenden Verfügbarkeit von Primärabfällen und dem Rückgang an Sekundärabfällen beträgt rund 0,8 Mio. t, die zusätzlich in den thermischen Abfallbehandlungsanlagen zu verwerten sind.

**i**

### **Fazit: Auswirkungen von M(B)A-Stilllegungen und Umwidmungen**

Bis zum Jahr 2040 wird ein **Rückgang der Kapazitäten** in M(B)A die aktuell noch kommunale Restabfälle behandeln **von bis zu 2,19 Mio. t/a** durch Stilllegung und überwiegend Umstellung der Anlagen auf eine hochwertige Bioabfallbehandlung bzw. Wertstoff- und Gewerbeabfallsortierung angenommen.

Das führt zu einer Verlagerung von gemischten Siedlungsabfällen (Primärabfälle) in die thermische Abfallbehandlung. Gleichzeitig werden den thermischen Abfallbehandlungsanlagen brennbare Abfälle (Sekundärabfälle) entzogen. Diese entstehen als Output-Strom aus der mechanisch-(biologischen) Vorbehandlung, Im Saldo stehen dem Markt für die thermische Abfallbehandlung **zusätzliche 0,8 Mio. t** an Abfällen zur Verfügung.

## **5.3 Einfluss der Heizwerte und des Anlagenbetriebes auf den Durchsatz der TAB**

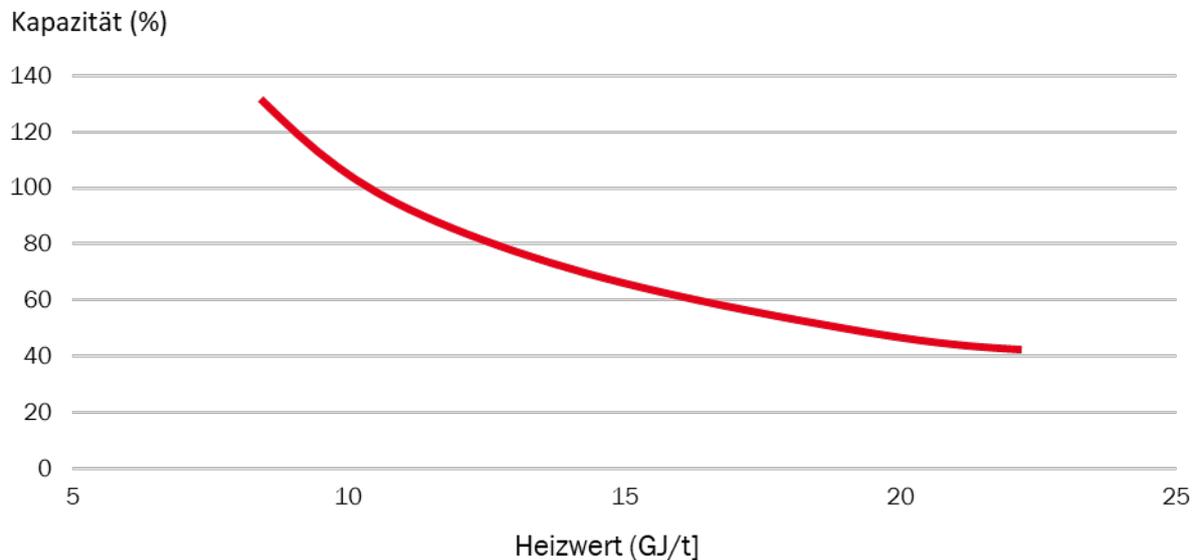
Eines der wesentlichen **Auslegungskriterien** für eine thermische Abfallbehandlungsanlage ist der **untere Heizwert** (Hu) des Abfalls. Durch die Verbrennung der Abfälle im Kessel einer TAB entsteht Wärme, die aus dem Kessel abgeführt werden muss. Die Wärmemenge wird durch den Abfallheizwert und die verbrannte Abfallmenge definiert.

Die Verbrennungsanlage wird für ein bestimmtes **Heizwertband** ausgelegt, bei der die gesetzliche Mindesttemperatur im Kessel von 850 C° eingehalten werden kann. Die Eckpunkte einer Anlage werden durch das Feuerleistungsdiagramm definiert. Wesentliche **Abweichungen** nach oben oder unten haben negative Auswirkungen auf den Gesamtbetrieb der Anlage.

Steigt der Heizwert, kann eine **thermische Überlastung** der Anlage nur durch **geringere Abfallmengen** kompensiert werden, der **Durchsatz** der Anlage sinkt entsprechend.

### **Beispiel (s. Abb. 25):**

Es besteht i. d. R. ein fast linearer Zusammenhang zwischen dem Heizwert (in kJ/kg) und der Kapazität: Bei einem Auslegungsheizwert von 9.000 kJ/kg liegt die Kapazität bei **100 %**. Bei einem Abfallheizwert von 8.000 kJ/kg würde sich die Kapazität auf ca. **112 %** steigern lassen, wogegen bei einem Heizwert von 12.000 kJ/kg bereits ca. **25 %** weniger Durchsatzleistung möglich wäre, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

**Abbildung 25: Abhängigkeit zwischen Kapazität der Anlage und Heizwert der Abfälle**


Quelle: eigene Darstellung Prognos AG nach Treder et al 2005

© Prognos / ITAD 2020

In den Bilanzierungen zur **Entsorgungssicherheit** wird das **Abfallaufkommen** in Form des Gewichtes in Tonne mit den vorhandenen **Kapazitäten** in Tonnen in Beziehung gesetzt. In Bezug auf die Bewertung der thermischen Behandlungskapazitäten können aber größere Unsicherheiten entstehen. Für den Betreiber einer TAB besteht ein großer Unterschied, ob er **Hausmüll** oder **Kunststoffabfälle** verbrennt. Somit müsste zur genaueren Ermittlung der Entsorgungskapazitäten die thermische Kapazität, ausgedrückt in GJ, eigentlich in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken. Da der Hu von Abfällen erst durch die Verbrennungsrechnung im Nachgang zur Anlieferung bestimmt werden kann, ist der Heizwert derzeit noch kein Steuerungsinstrument für das Anlieferungsmanagement.

#### Beispiel:

Von den 6,15 Mio. t Kunststoffabfällen, die 2017 in Deutschland anfielen, wurden rund 1,1 Mio. t exportiert, davon rund 50 % außerhalb der EU. Nimmt man an, dass davon nur **0,5 Mio. t** zusätzlich in Deutschland in TAB verwertet werden müssten, ergäbe dies bei einem Heizwert von 25.000 kJ/kg eine notwendige thermische Leistung von ca. 12,5 Mio. GJ, was etwa der Leistung von vier durchschnittlichen TAB von rund 300.000 t/a entspricht.

Der **Auslegungsheizwert** der ITAD Mitgliedsanlagen schwankt zwischen 8.500 und 14.000 kJ/kg, der Durchschnitt liegt bei ca. 10.700 kJ/kg im Jahr 2018. Der bei den Anlagen angelieferte Abfallheizwert schwankt zwischen 8.700 und 13.800 kJ/kg, der durchschnittliche Hu ist im Jahr 2018 auf fast 10.600 kJ/kg gestiegen. Eine durchschnittliche TAB<sup>116</sup> hat im Jahr 2018 knapp über

<sup>116</sup> Bezogen auf die Mitgliedsunternehmen der ITAD

300 Tsd. t Abfälle verbrannt, bezogen auf den bundesweiten Durchschnitt der Heizwerte müsste die Kapazität somit knapp unter 300 Tsd. t/a liegen.

TAB mit einem **niedrigen Auslegungsheizwert** haben derzeit in der i. d. R. einen zu hohen realen Abfallheizwert, liegen somit im **Überlastbereich**, woraus ein niedrigerer Durchsatz resultiert. Im Gegensatz dazu können Anlagen mit einem überdurchschnittlichen Auslegungsheizwert i. d. R. höherkalorische Abfälle verarbeiten als derzeit angeliefert werden. Dennoch arbeiten auch diese Anlagen vor dem Hintergrund anderer Restriktionen im Volllastbereich.

Ein weiterer **Einflussfaktor** für den Durchsatz ist die „zeitgenaue“ **Anlieferung** des „richtigen“ Abfalls. Es wird häufig unterschätzt, dass die thermischen Anlagen auch einer **zeitlichen Komponente** unterliegen. Wenn beispielsweise an mehreren Tagen der normale Tagesmengendurchsatz nicht erreicht werden kann, können die fehlenden Mengen durch eine Erhöhung des Durchsatzes i. d. R. nicht mehr ausgeglichen werden. Mögliche Ursachen können unerwartete Betriebsstillstände, wie technische Probleme oder Störstoffe im Abfall, fehlende Abfallmengen oder zu hoch- bzw. zu niederkalorische Abfallarten, sein.

Auch das **Bunkermanagement** hat einen wesentlichen Einfluss auf den Betrieb der Anlage, insbesondere im Volllastbetrieb. Neben dem Freihalten der Abkippbereiche im Bunker und dem Beschicken der Öfen, muss eine **Durchmischung** der Abfälle gewährleistet sein. So sollten im Bunker möglichst Bereiche mit heizwertreichen und heizwertarmen Abfällen vorgesehen werden, um ein möglichst optimales Heizwertband für den Kessel herzustellen. Kann eine Durchmischung des Abfalls im Bunker nicht mehr richtig erfolgen, können sich somit **negative Auswirkungen** auf die Durchsatzleistung ergeben.

Das Ziel der **Vollauslastung** der TAB kann

- durch ein vorausschauendes Stoffstrommanagement,
- unter Berücksichtigung des „richtigen“ Abfalls mit einem optimalen Heizwert und ohne Störstoffe sowie
- mit einer Anlieferung zur „richtigen“ Zeit,
- flankiert durch ein effektives Bunkermanagement und einer
- angepassten **Instandhaltungsstrategie**

maßgeblich unterstützt werden.

## 5.4 Zusätzliche Stoffströme zur Behandlung in den TAB

In den nächsten Jahren ist aus unterschiedlichen Gründen damit zu rechnen, dass neue Abfallmengen bzw. Abfallmengen in einem größeren Umfang als bisher in den TAB thermisch zu verwerten sind. In diesem Kapitel erfolgt für verschiedene Fraktionen die Analyse, in welchem Umfang künftig mit diesen Mengen in den TAB zu rechnen ist und welchen Einfluss diese Entwicklung auf die Auslastung der Kapazitäten hat.

#### 5.4.1 Klärschlämme aus der Abwasserbehandlung

Im Jahr 2017 wurden bundesweit insgesamt 4,2 Mio. t<sub>TM</sub> an kommunalen und betriebseigenen bzw. industriellen Klärschlämmen aus dem Inland behandelt, darunter

- 1,71 Mio. t<sub>TM</sub> kommunal Klärschlämme sowie
- 2,64 Mio. t<sub>TM</sub> betriebseigene bzw. industrielle Klärschlämme<sup>117</sup>. Der Anteil der gefährlichen betriebseigenen bzw. industriellen Klärschlämmen betrug 0,72 Mio. t<sub>TM</sub> (27 %).

#### **Klärschlämme aus der kommunalen Abwasserbehandlung**

Mit der Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung (AbfKlärV) vom 12.5.2017 wurde das Ausbringungsverbot auf landwirtschaftliche Nutzflächen für Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5, d.h. mit mehr als 50.000 bzw. 100.000 angeschlossenen Einwohnern sowie die Phosphorrückgewinnung ab 2029 beschlossen. Von den Regelungen sind bundesweit nahezu 575 kommunale Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5 betroffen. Die Rückgewinnung des Phosphors kann direkt aus dem Klärschlamm oder aus den Aschen von Monoverbrennungsanlagen erfolgen.<sup>118</sup> Eine weitere Begrenzung der Einsatzmöglichkeiten von Klärschlamm als Düngemittel (Aufbringungsverbot für synthetische Polymere) erfolgte mit der Düngemittelverordnung (DüMV).

Von den im **Jahr 2017** sind bundesweit erzeugten **1,71 Mio. t<sub>TM</sub> an kommunalen Klärschlämmen** erzeugt worden, die noch zu 28 % (0,48 Mio. t<sub>TM</sub>) in der Landwirtschaft bzw. bei landschaftsbaulichen Maßnahmen eingesetzt wurden. **1,19 Mio. t<sub>TM</sub> (70 %) wurden thermisch behandelt**, die verbleibenden 2 % (0,03 Mio. t<sub>TM</sub>) wurden stofflich verwertet.

Die neuen rechtlichen Regelungen haben zur Folge, dass zukünftig zusätzliche Mengen an Klärschlämmen thermisch behandelt werden müssen. Für deren Behandlung sind aktuell noch keine ausreichenden Monoverbrennungskapazitäten im Markt verfügbar (siehe Kapitel 2.5)

Die zukünftige Entwicklung des Aufkommens an kommunalen Klärschlämmen wird insbesondere durch die demografischen Entwicklungen beeinflusst. Da Einrichtungen zur dezentralen Abwasserentsorgung bestehen bleiben sollen und der Schlamm i. d. R. abgepumpt und in größeren Kläranlagen entsorgt wird, sind für Deutschland keine signifikanten Effekte aus einer Steigerung des Anschlussgrads an die öffentliche Kanalisation und Abwasserbeseitigung zu erwarten. Einflüsse von Verfahrensumstellungen auf Kläranlagen wurden im Szenario nicht berücksichtigt. Änderungen bei der Schlammbehandlung haben im Allgemeinen eine Reduzierung der zu entsorgenden Klärschlammmenge (Originalsubstanz) zum Ziel.

Aufgrund der demografischen Entwicklungen wird ein insgesamt stabiles **Aufkommen an kommunalen Klärschlämmen** in Höhe von **1,70 Mio. t<sub>TM</sub> bis 2040** erwartet. Unterschiede sind jedoch auf der regionalen Ebene zu berücksichtigen. Während das Aufkommen in siedlungsschwächeren Gebieten mit kleineren Kläranlagen eher rückläufig erwartet wird, ist für Ballungsräumen eher von einer steigenden Klärschlammmenge auszugehen. In diesen Ballungsräumen sind in

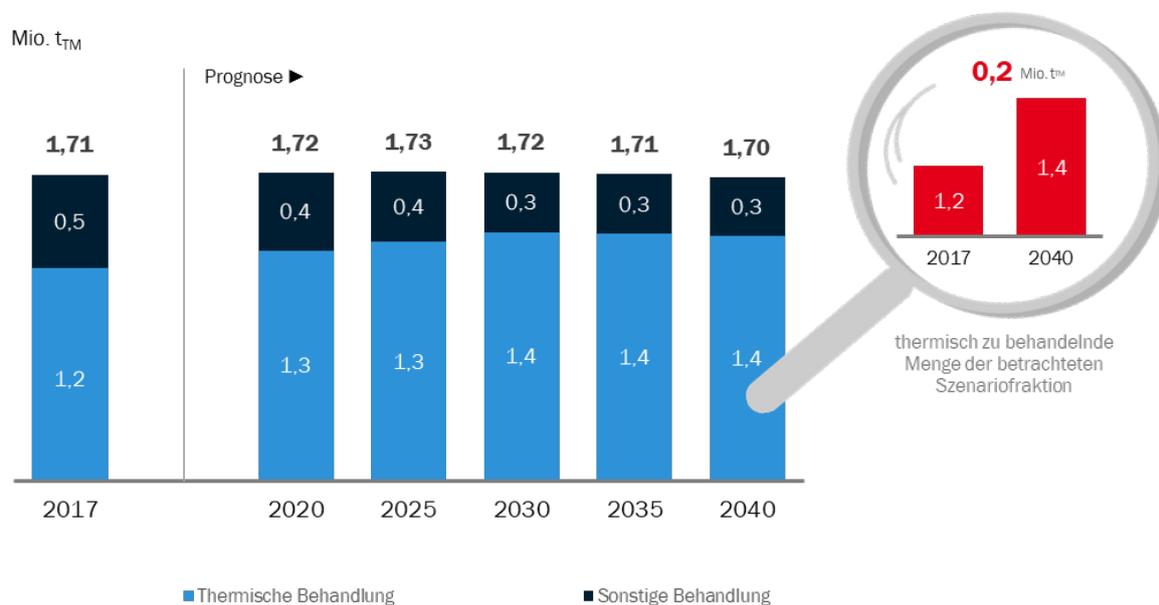
<sup>117</sup> Destatis 2019a; die betriebseigenen und industriellen Klärschlämme berücksichtigen alle AVV-Nr. zu Schlämmen aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung sowie Schlämme aus der Behandlung von industriellem Abwasser.

<sup>118</sup> Adam 2018

größeren Umfang auch größere Kläranlagen anzutreffen, deren Klärschlämme aufgrund der rechtlichen Regelungen tendenziell eher thermisch zu behandeln sind.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass sich aufgrund der Vielzahl von Abwasserzweckverbänden potenziell auch kleinere Anlagen (insbesondere GK 4a) verstärkt für die thermische Behandlung entscheiden. Dies kann potenziell zu weiter steigenden thermisch zu behandelnden Mengen führen. Auch Kläranlagen, bei denen keine Pflicht zur Phosphor-Rückgewinnung besteht, werden langfristig ihre Klärschlämme thermisch verwerten.

**Abbildung 26: Entwicklung des thermischen Behandlungsbedarfs für Klärschlämme aus der kommunalen Abwasserbehandlung (Trockenmasse)**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

Quellen: Destatis 2018, Destatis 2019d, Prognose Prognos AG 2020

© Prognos 2020

In Summe wird ein **Anstieg der thermisch zu behandelnden kommunalen Klärschlämme um 0,18 Mio. t<sub>TM</sub>** bis zum Jahr 2040 auf in Summe mindestens 1,37 Mio. t<sub>TM</sub> erwartet. Die kommunalen Klärschlämme wurden 2017 zu 40 % (0,48 Mio. t<sub>TM</sub>) in Monoverbrennungsanlagen, zu 54 % (0,65 Mio. t<sub>TM</sub>) in Mitverbrennungsanlagen wie Kohlekraftwerken, Zementwerken und TAB in unterschiedlichen Trocknungsgraden thermisch behandelt. Der durchschnittliche Wassergehalt liegt bei 25 % bis 35 %, wobei in einigen Kohlekraftwerken auch vollgetrockneter Klärschlamm eingesetzt wird. Für die verbleibenden 6 % (0,6 Mio. t<sub>TM</sub>) ist der genaue thermische Behandlungsweg nicht bekannt. Neben den zu erwartenden Mengensteigerungen ist bis zum Jahr 2040 auch zu berücksichtigen, dass die Kohlekraftwerke, die derzeit Klärschlämme mitverbrennen, schrittweise vom Markt gehen werden. In Summe werden zukünftig schrittweise bis zu 0,6 Mio. t<sub>TM</sub>

kommunale Klärschlämme den Weg in die thermischen Behandlungsanlagen (ohne Kohlekraftwerke) suchen.

Die verfügbaren Kapazitäten in Monoverbrennungsanlagen belaufen sich aktuell auf 0,92 Mio. t<sub>TM</sub>, die jedoch nicht nur kommunale Klärschlämme annehmen. Im Bau bzw. in der Genehmigungsphase befinden sich Kapazitäten in Höhe von gut 0,43 Mio. t<sub>TM</sub>. Weitere Kapazitäten befinden sich im Planungsstadium. Die Umsetzung – insbesondere auch auf der Zeitachse – ist aktuell nur schwer möglich. Neben dem Zeitbedarf für genehmigungsrechtliche Prozesse ist auch die Verfügbarkeit entsprechender Anlagenbaukapazitäten zu berücksichtigen. Es wird daher davon ausgegangen, dass rund 25 % (0,05 Mio. t<sub>TM</sub>, entspricht unter **Berücksichtigung eines durchschnittlichen Wassergehaltes** von 25 % rund 0,2 Mio. t) der zusätzlich thermisch zu behandelnden kommunalen Klärschlämme in TAB und Zementwerken mitverbrannt werden.

### **Klärschlämme aus der betrieblichen und industriellen Abwasserbehandlung**

Die im Jahr 2017 aus dem Inland behandelten betriebseigenen und industriellen Klärschlämme in Höhe von 2,64 Mio. t<sub>TM</sub> wurden zu knapp einem Drittel **thermisch behandelt (0,79 Mio t<sub>TM</sub>)**. Mit 0,45 Mio. t<sub>TM</sub> überwogen hieran die gefährlichen betriebseigenen und industriellen Klärschlämme. Diese wurden überwiegend in Sonderabfallverbrennungsanlagen beseitigt.

Von den **nicht gefährlichen Klärschlämmen** wurden **18 % (0,34 Mio. t<sub>TM</sub>) thermisch behandelt**. Eine genaue Differenzierung zwischen den einzelnen Teilmärkten der thermischen Abfallbehandlung ist statistisch nicht ausgewiesen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese bisher mehrheitlich in Klärschlammverbrennungsanlagen, Kohlekraftwerken und Zementwerken behandelt wurden. Weitere 0,28 Mio. t<sub>TM</sub> (8%) wurden insbesondere aufgrund von Schadstoffgehalten bzw. geringen Heizwerten deponiert. Die verbleibenden 1,57 Mio. t<sub>TM</sub> wurden in anderen Behandlungsanlagen behandelt.

Im Bereich der betrieblichen und industriellen Klärschlämme ist vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen Entwicklung einerseits und Einsparungsbestrebungen der Industrie andererseits eher von stagnierenden bis nur leicht steigenden Aufkommensentwicklungen auszugehen. Während die gefährlichen Klärschlämme zukünftig weiterhin primär in der Sonderabfallverbrennung beseitigt werden, wird es im Bereich der Behandlung nicht gefährlicher betriebseigener und industrieller Klärschlämme vor dem Hintergrund insbesondere der Schließung der Kohlekraftwerke zu einer Verschiebung in die anderen Teilmärkte der thermischen Abfallbehandlung kommen. Langfristig ist auch hier von einem Zubau an Monoverbrennungskapazitäten auszugehen. Da diese aktuell aber noch nicht in ausreichendem Umfang verfügbar sind und zunächst eher für kommunale Klärschlämme aufgebaut werden, ist zu erwarten, dass betriebliche und industrielle Klärschlämme zwischenzeitlich stärker auch in Zementwerken und den TAB mitverbrannt werden. Szenarisch wurde konservativ davon ausgegangen, dass potenzielle zusätzliche Mengen in Monoklärschlammverbrennungsanlagen behandelt werden. Die Verlagerung aus den Kohlekraftwerken in die Zementwerke und TAB ist über das Schließungsszenario der Kohlekraftwerke bereits berücksichtigt.

**i****Fazit: Mengenpotenziale aus dem thermischen Behandlungsbedarf für Klärschlämme**

Das Aufkommen an **thermisch zu behandelnden kommunalen Klärschlämmen** wird aufgrund der rechtlichen Begrenzung der bodenbezogenen Verwertung in der Landwirtschaft für Kläranlagen mit einer Ausbaugröße > 50.000 Einwohner sowie der künftigen Pflichten zur Phosphorrückgewinnung um mindestens 0,2 Mio. t<sub>TM</sub> ansteigen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Mitverbrennung in den Kohlekraftwerken aufgrund der zu erwartenden Stilllegungen im Zuge der Energiewende schrittweise ausläuft und für rund 0,4 Mio. t<sub>TM</sub> alternative thermische Behandlungskapazitäten erschlossen werden müssen.

Die bestehenden thermischen Behandlungskapazitäten in Monoverbrennungsanlagen sind nicht ausreichend, die Umsetzung der aktuellen Planungen ist nur mittelfristig zu realisieren. Daher wird die Mitverbrennung in Zementwerken und TAB eine höhere Bedeutung gewinnen. Aufgrund der **alternativen Möglichkeiten zur Phosphorrückgewinnung** nicht nur aus den Aschen von Mono-Verbrennungsanlagen, sondern auch direkt aus dem Klärschlamm, ist eine Mitverbrennung auch nach dem Inkrafttreten der Phosphorrückgewinnungspflicht im Jahr 2029 bei entsprechenden technischen Möglichkeiten nicht ausgeschlossen. Es wird daher davon ausgegangen, dass rund 25 % (0,05 Mio. t<sub>TM</sub> - entspricht unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Wassergehaltes von 25 % rund **0,2 Mio. t**) der zusätzlich thermisch zu behandelnden kommunalen Klärschlämme in TAB und Zementwerken mitverbrannt werden.

Im Bereich der **thermischen Behandlung von betrieblichen und industriellen Klärschlämmen** wird es zu einer Verlagerung von nicht gefährlichen Klärschlämmen aus den zu schließenden Kohlekraftwerken in die Monoklärschlammverbrennungsanlagen sowie Zementwerke und TAB kommen. Da Monoverbrennungskapazitäten derzeit primär für kommunale Klärschlämme errichtet werden, verbleiben die betrieblichen und industriellen Klärschlämme aus den Kohlekraftwerken noch längerfristig im primären Wettbewerbsmarkt der TAB. Dies wurde bereits im Schließungsszenario der Kohlekraftwerke berücksichtigt.

#### 5.4.2 Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugaufbereitung

Nach der Demontage werden die Restkarossen in Schredderanlagen behandelt. Neben dem Schredderschrott (Eisen und Stahl) entstehen hierbei die so genannten Schredder**schwerfraktion** (Buntmetalle) und die Schredder**leichtfraktion**, bestehend aus Kunststoffen, Gummi, Glas und weiteren Materialien, die z. T. schadstoffhaltig sind.

Im Jahr 2017 wurden rd. 390 Tsd. t an Schredderleichtfraktionen<sup>119</sup> durch Schredderanlagen erzeugt, darunter allein rund 99 Tsd. t aus der Altautoverwertung. Von den 390 Tsd. t wurden 54 % (210 Tsd. t) stofflich verwertet, 38 % (147 Tsd. t) energetisch genutzt und 8 % (33 Tsd. t) beseitigt<sup>120</sup>.

<sup>119</sup> Schredderleichtfraktionen werden unter den AVV-Nr. 19 10 03\* und 19 10 04 sowie im Falle von Tatfahrzeugen auch unter den AVV-Nr. 19 12 09 und 19 12 10 statistisch erfasst.

<sup>120</sup> Destatis 2019c

Potenziale für die energetische Verwertung ergeben sich vor allem aus der Altfahrzeugaufbereitung. Eine Studie der Prognos AG aus dem Jahr 2018 hat gezeigt, dass durch eine nicht fachgerechte Entsorgung von Altfahrzeugen bzw. den Export von Gebrauch- und Altfahrzeugen der deutschen Recyclingindustrie ein Großteil der heute in Fahrzeugen (PKW) verbauten Rohstoffe verloren gehen. Die Analysen haben gezeigt, dass von den 3,08 Mio. Fahrzeugen, die im Jahr 2017 stillgelegt worden sind, nur 20 % fachgerecht in Deutschland entsorgt wurden. Die verbleibenden **80 % (nahezu 2,47 Mio.)** der Altfahrzeuge werden entweder **nicht fachgerecht entsorgt oder gehen ins Ausland** und damit der deutschen Recyclingindustrie verloren.<sup>121</sup>

Unter Ressourcenaspekten ist ein Umdenken in der Altautoverwertung zwingend erforderlich. Eine zunehmende Altfahrzeugverwertung in Deutschland wäre jedoch mit einem relevanten Anstieg der Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugverwertung um bis zu 1,6 Mio. t (bezogen auf 2017) verbunden, wenn man alle Altfahrzeuge in Deutschland behandeln würde. Bei einem gleichbleibenden Anteil der thermischen Verwertung der Schredderleichtfraktion gegenüber anderen Behandlungsverfahren würde das ein Zusatzpotenzial von + 0,6 Mio. t ergeben. Werden ferner die aktuellen Entwicklungen im Fahrzeugbau berücksichtigt, die zu einer veränderten durchschnittlichen Zusammensetzung der Fahrzeuge führen, kann sich der thermisch zu behandelnde Anteil der Schredderleichtfraktion noch weiter erhöhen. Aufgrund der zunehmenden Leichtbauweise wird ein Anstieg des Anteils von Kunststoffen und Verbunden im Fahrzeug von heute rund 15 % auf 28 % im Jahr 2030 erwartet. Der Anteil an nicht-verwertbaren Materialien nimmt im Fahrzeugbau stetig zu. Die thermische Abfallbehandlung gewinnt im Zusammenhang mit einer umweltgerechten Entsorgung weiter an Bedeutung.

Im Rahmen dieser Studie wurde die Annahme getroffen, dass zukünftig mindestens 50 % der Altfahrzeuge statt bisher 20 % fachgerecht in Deutschland behandelt werden. Daraus ergibt sich eine Erhöhung der zu behandelnden Schredderleichtfraktion von 0,2 Mio. t.

**i****Fazit: Mengenpotenziale aus der Entwicklung der Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugverwertung**

Nur 20 % der in Deutschland im Jahr 2017 stillgelegten Fahrzeuge wurde auch im Inland einer ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt. Von den 0,4 Mio. t Schredderleichtfraktion aus der Altfahrzeugbehandlung wurden 2017 insgesamt 147 Tsd. t thermisch verwertet.<sup>122</sup>

Das unter Ressourcenaspekten notwendige Umdenken muss zu einem Ansteigen der im Inland verwerteten Altfahrzeuge führen. Dies sowie die zunehmende Leichtbauweise führen zu einem weiteren Anstieg des Aufkommens der Schredderleichtfraktion. Da erwartet wird, dass der Anteil nicht verwertbarer Materialien steigen wird, ist von einem gleichbleibenden bis leicht steigendem Anteil der Schredderleichtfraktion, die thermisch zu behandeln ist, auszugehen. Das zukünftige zusätzliche Potenzial für die energetische Verwertung kann bei einer Verwertungsquote von 50 % der Altfahrzeuge in Deutschland mit mindestens 0,2 Mio. t angenommen werden.

<sup>121</sup> Prognos 2018

<sup>122</sup> Destatis 2019a

### 5.4.3 Feinfraktionen aus gemischten Bau- und Abbruchabfällen

Feinfraktionen aus der mechanischen Aufbereitung von gemischten Bau- und Abbruchabfällen (anteilig enthalten in den AVV-Nr. 19 12 09 und 19 12 12) dürfen aufgrund eines teilweise zu hohen Anteils an organischen Bestandteilen nicht unmittelbar deponiert werden, da die Ablagerungskriterien für die Deponieklassen I und II überschritten werden. Einem Steckbrief des Landesamtes für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) über Feinmaterial aus der Sortierung von Baustellenmischabfällen zufolge weist die Feinfraktion durchschnittlich einen Glühverlust zwischen 8 und 20 Ma.-% TS und einen TOC-Gehalt (Total Organic Carbon) von 4 bis 10 Ma.-% TS auf.<sup>123</sup> Diese Werte werden auch in anderen Analysen bestätigt. Hier wurden Glühverluste von bis zu 14 % festgestellt. Als alternatives Behandlungsverfahren wird dann eine thermische Behandlung notwendig.

Bundesweit fielen im Jahr 2017 rund 3,9 Mio. t gemischte Bau- und Abbruchabfälle an. Der Anteil der Feinfraktion aus der Bauschutt- und Bauabfallaufbereitung wird unter Berücksichtigung von möglichen Schwankungen in Abhängigkeit von Aufbereitungsverfahren und Siebschnitt auf ca. 28 %<sup>124</sup>, entspricht ca. 1,0 Mio. t geschätzt. Dies entspricht nahezu den Angaben in der Fachserie 19, Reihe 1 zur Outputmenge für den Abfallschlüssel 19 12 09 mit (0,9 Mio. t). Der Abfallschlüssel 19 12 12 wird hier nicht weiter berücksichtigt, da kaum noch nennenswerte Mengen deponiert werden.

Detailangaben zu den derzeitigen Entsorgungswegen sind derzeit nicht bekannt. Allerdings kann ausgehend von den Angaben zum Anteil der deponierten Mengen der AVV-Nr. 19 12 09 00 davon ausgegangen werden, dass die unter diesem Schlüssel summierte Feinfraktion aus Bauschutt- und Bauabfallaufbereitungsanlagen mehrheitlich deponiert wird. Vereinfachend wird hier von einem 100 %-Ansatz ausgegangen. Diese Menge reduziert sich leicht um 0,1 Mio. t des Anteiles, der auf höheren Deponieklassen abgelagert wurde. Damit verbleibt ein theoretisches Potenzial von 0,8 Mio. t an deponierter Feinfraktion aus Bau- und Abbruchabfällen, die auf die Einhaltung der Grenzwerte für eine Deponierung hin überprüft werden müssen. Im Rahmen dieser Studie wird die thermisch zu behandelnde Menge auf knapp ein Drittel, dies entspricht rund 0,3 Mio. t, geschätzt.



#### **Fazit: Mengenpotenziale aus Feinfraktionen aus gemischten Bau- und Abbruchabfällen**

Aufgrund eines teilweise zu hohen Anteils an organischen Bestandteilen dürfte die Feinfraktion aus der Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen nicht unmittelbar deponiert werden, da die Ablagerungskriterien für die Deponieklassen I und II überschritten werden.

Das Potenzial, das zukünftig thermisch zu behandeln ist, kann auf nahezu 0,3 Mio. t geschätzt werden.

<sup>123</sup> UBA (CUTEC) 2015 /18

<sup>124</sup> UBA (CUTEC) 2015, S. 51.

#### 5.4.4 POP-haltige Abfälle

Im Juli 2019 ist die neue Verordnung über persistente organische Schadstoffe<sup>125</sup> in Kraft getreten. Mit der erstmaligen Festlegung einer Konzentrationsgrenze für das früher als Flammschutzmittel verwendete Decabromodiphenylether (decaB-DE) sowie weiterer polybromierter Diphenylether (PBDE) werden insbesondere Recyclingverfahren vor neue Herausforderungen gestellt, da sichergestellt werden muss, dass die schädlichen Inhaltsstoffe zerstört und unumkehrbar umgewandelt werden. Die Verordnung legt einen neuen Summengrenzwert für die polybromierter Diphenylether von **1.000 mg/kg** fest (Anhang IV). Von der neuen EU-POP-Verordnung sind vor allem die Entsorgungswege von Elektroaltgeräten, Kunststoffteilen bzw. Sitzbezüge in Altfahrzeugen, spezifische Fraktionen in Bau- und Abbruchabfällen betroffen, die künftig in größerem Umfang als bisher verbrannt werden, um die Einhaltung der geforderten Grenzwerte sicherstellen zu können. Auswirkungen ergeben sich potenziell auch für die Schredderleichtfraktion, vor allem wenn Elektro- und Elektronikaltgeräte sowie Altfahrzeuge gemeinsam in Schredderanlagen behandelt werden.

Das jährliche Potenzial an relevanten Ausgangsfraktionen, die auf die neuen Konzentrationsgrenzwerte hin überprüft werden müssten, wurden im Rahmen einer Studie des UBA im Jahr 2015 analysiert.<sup>126</sup> Betroffen sind rund 2,7 Mio. t<sup>127</sup> an übergreifenden Abfallströmen, die potenziell POP-haltige Abfälle enthalten können. Zu den relevantesten Stoffströmen zählen hierbei die Schredderleichtfraktion, Kunststoffe aus der Elektroaltgeräteaufbereitung bzw. dem Baubereich sowie Gummiförderbänder und Altholz.

Belastetes Altholz wird bereits mehrheitlich thermisch verwertet, so dass Auswirkungen aus der Anpassung der Konzentrationswerte kaum zusätzliche Potenziale für die thermische Behandlung beinhalten. Anders ist die Situation im Fall der Schredderleichtfraktion, von Kunststoffen aus dem Baubereich sowie Gummiförderbändern, für die im Jahr 2013 bereits ein stofflich verwerteter Anteil von 53 % (0,7 Mio. t)<sup>128</sup> identifiziert wurde. Dieser Anteil ist auf die neuen Konzentrationswerte hin zu überprüfen.

Eine Quantifizierung der tatsächlichen Auswirkungen der POP-Verordnung ist nur schwer möglich. Durch praktikablen Vollzug und die Abtrennung POP-haltiger Fraktionen von den Massenströmen der genannten Abfallströme ist jedoch anzunehmen, dass den Effekten auf Entsorgungswege zumindest anteilig entgegengewirkt werden kann. Auswirkungen werden insbesondere für kunststoffhaltige Abfälle erwartet, die zukünftig in größerem Umfang als bisher thermisch behandelt werden müssten, um die Konzentrationswerte einhalten zu können. Im Rahmen dieser Studie wird in Summe von einem geschätzten Potenzial von bis zu 0,3 Mio. t ausgegangen, das zusätzlich thermisch zu behandeln ist.

Von den Auswirkungen eines höheren Bedarfs an thermisch zu behandelnden Abfällen werden insbesondere die Sonderabfallverbrennungsanlagen betroffen sein. Diese können aber aufgrund der hohen Auslastung kaum mehr weitere Mengen annehmen, so dass es im primären

<sup>125</sup> EU 2019 / 1021

<sup>126</sup> UBA (Bipro) 2015

<sup>127</sup> UBA 2016 / 18, S. 43

<sup>128</sup> UBA (Bipro) 2015

Wettbewerbsmarkt der TAB potenziell zu Stoffstromverlagerungen zwischen den Teilmärkten kommen kann.

**i**

### **Fazit: Mengenpotenziale aus der Umsetzung der EU POP-Verordnung**

Die im Juli 2019 in Kraft getretene POP-Verordnung legt einen neuen Summengrenzwert für die polybromierter Diphenylether (PBDE) von 1.000 mg/kg fest. Betroffen sind potenziell mit POP-Stoffen belastete Abfälle, die derzeit stofflich verwertet werden und nun auf die neuen Summengrenzwert hin neu überprüft werden müssen.

Es wird geschätzt, dass sich das künftig thermisch zu behandelnde **Potenzial** für den primären Wettbewerbsmarkt der TAB auf **rund 0,3 Mio. t** beläuft.

## **5.5 Auswirkungen von zu erwartenden Änderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen**

### **5.5.1 Veränderung und Erhöhung der Recyclingquoten sowie Umstellung der Berechnungsmethodik**

Neben den in Kapitel 4 szenarisch berücksichtigten aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen zeichnen sich nach dem Inkrafttreten des EU-Abfallwirtschaftspaketes weitere neue Vorgaben insbesondere für Recyclingquoten und Berechnungsverfahren ab.

Für die Vorbereitung zur Wiederverwendung und das Recycling von Siedlungsabfällen wurden **neue Quotenziele** (Artikel 11 Abs. 2) festgelegt:

- bis 2025 mindestens 55 %
- bis 2030 mindestens 60 %
- bis 2035 mindestens 65 %.

Für die Berechnungsmethoden zur Überprüfung der Einhaltung der Zielvorgaben sind grundsätzlich die in Anhang II des Beschlusses der Kommission vom November 2011<sup>129</sup> festgelegten Berechnungsvorschriften anzuwenden. Die Mitgliedsstaaten können eine der vier grundsätzlichen Berechnungsmethoden wählen:

- 1.** Recyclingrate von Haushaltsabfällen aus Papier; Metall; Kunststoff und Glas
- 2.** Recyclingrate von Haushaltsabfällen und ähnlichen Abfällen
- 3.** Recyclingrate von Haushaltsabfällen (ausgenommen Fahrzeuge, Schlämme und mineralische Abfälle)
- 4.** Recycling von Siedlungsabfällen.

<sup>129</sup> EU 2011/753

Galten jedoch bisher Anlagen-inputbezogene Berechnungsansätze, wird die Berechnungsmethodik zukünftig auf die **tatsächlich stofflich verwertbaren Anteile** (Output-bezogen) umgestellt. Die Vorgaben wurden im Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 der Kommission im Juni 2019 veröffentlicht.<sup>130</sup> Als Berechnungspunkt<sup>131</sup> gilt der Input in ein Recyclingverfahren. Sowohl die Berechnungspunkte als auch Recyclingverfahren wurden im Anhang 1 des Durchführungsbeschlusses separat für die einzelnen Materialien festgelegt. Bei der Berechnung der Recyclingquote werden Metalle, die nach der Verbrennung von Siedlungsabfällen abgetrennt und recycelt werden mitberücksichtigt. Für Bioabfälle gilt gemäß Artikel 4, dass die Menge an recycelten biologischen Siedlungsabfällen berücksichtigt werden kann, die einer aeroben oder anaeroben Behandlung zugeführt wurde (hier wird also der Wassergehalt mitgerechnet). Ab dem Jahr 2027 werden biologische Siedlungsabfälle nur **als recycelt** anerkannt, wenn diese entweder

- getrennt an der Anfallstelle gesammelt,
- gemeinsam mit Abfällen mit ähnlichen Eigenschaften hinsichtlich der biologischen Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit gesammelt oder
- an der Anfallstelle getrennt und verwertet werden.

Die Eigenkompostierung kann in die Berechnung einbezogen werden (EU 2019/1004, Anhang II).

Die Berechnungsmethodik bezieht sich auf die geänderte Definition für Siedlungsabfälle in Artikel 3 Nr. 2 der EU-Abfallrahmenrichtlinie (Begriffsbestimmungen).<sup>132</sup>

Hier werden „Siedlungsabfälle“ wie folgt definiert:

„2b. „Siedlungsabfall“

- a) gemischte Abfälle und getrennt gesammelte Abfälle aus Haushalten, einschließlich Papier und Karton, Glas, Metall, Kunststoff, Bioabfälle, Holz, Textilien, Verpackungen, Elektro- und Elektronik-Altgeräte, Altbatterien und Altkumulatoren sowie Sperrmüll, einschließlich Matratzen und Möbel;
- b) gemischte Abfälle und getrennt gesammelte Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen, sofern diese Abfälle in ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung Abfällen aus Haushalten ähnlich sind.“

Explizit **ausgeschlossen** sind Abfälle aus Produktion, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Klärgruben, Kanalisation und Kläranlagen (einschließlich Klärschlamm), Altfahrzeuge sowie Bau- und Abbruchabfälle. Die Abfallschlüsselnummern, die für das Siedlungsabfallaufkommen zu berücksichtigen sind, wurden in Anhang 5 festgelegt und beziehen sich auf die Abfallkapitel 20 und 15 (Verpackungen).

Für das Szenario wurde aufgrund der differenzierteren Datenlage die Berechnungen auf der Grundlage der Methode 3 (Recyclingrate von Haushaltsabfällen)<sup>133</sup> durchgeführt. Für den

<sup>130</sup> EU 2019/1004

<sup>131</sup> Punkt, an dem die Abfallmaterialien in Siedlungsabfällen dem Recyclingverfahren zugeführt werden,

<sup>132</sup> EU 2018/851

<sup>133</sup> Deutschland hat bisher die Berichterstattung auf der Grundlage der Methode 4 (Recycling von Siedlungsabfällen) durchgeführt.

Berechnungspunkt wurde hilfsweise auf die Ausnahmeregelung (Output aus Sortieranlagen unter Berücksichtigung von durchschnittlichen Verlustraten) zurückgegriffen. Für die Bioabfälle wurden die ab 2027 geltenden Regelungen berücksichtigt.

Für die Erreichung der Recyclingquoten auf der Grundlage der neuen Output-basierten Berechnungsmethodik ist eine weitere Intensivierung der getrennten Erfassung von Wertstoffen sowie auch Bio- und Grünabfällen (in Abhängigkeit vom Umfang der Einbeziehung der Eigenkompostierung) erforderlich. Aufgrund der angenommenen Intensivierung der getrennten Bio- und Grünabfallerfassung wurde nur eine leichte Rückführung aus der Eigenkompostierung angenommen. Diese kann jedoch auch deutlich höher ausfallen und so zu einer geringen Abschöpfung aus dem Hausmüll führen. Die potenziell mögliche Berücksichtigung der Eigenkompostierung in die Quotenberechnung ist im Szenario ebenfalls nicht enthalten. Auch in diesem Fall wären die Auswirkungen auf den verbleibenden Restabfall geringer, um die Zielquoten erreichen zu können. Einbezogen wurde im Szenario auch die gesteigerte Getrennterfassung und das Recycling von Elektroaltgeräten.

Im Ergebnis des Szenarios reduziert sich das thermisch zu behandelnde Abfallaufkommen um bis zu 6,28 Mio. t im Jahr 2040 gegenüber der Status quo Prognose für 2040. Im Vergleich zum Basisjahr 2017 entspricht dies einem reduzierten Behandlungsbedarf in Höhe von -4,03 Mio. t.

**Tabelle 13: Annahmen für das Szenario 4 - Umsetzung der Output-basierten Berechnungsmethodik für Siedlungsabfälle unter Berücksichtigung der Umsetzung der GewAbfV und des VerpackG**

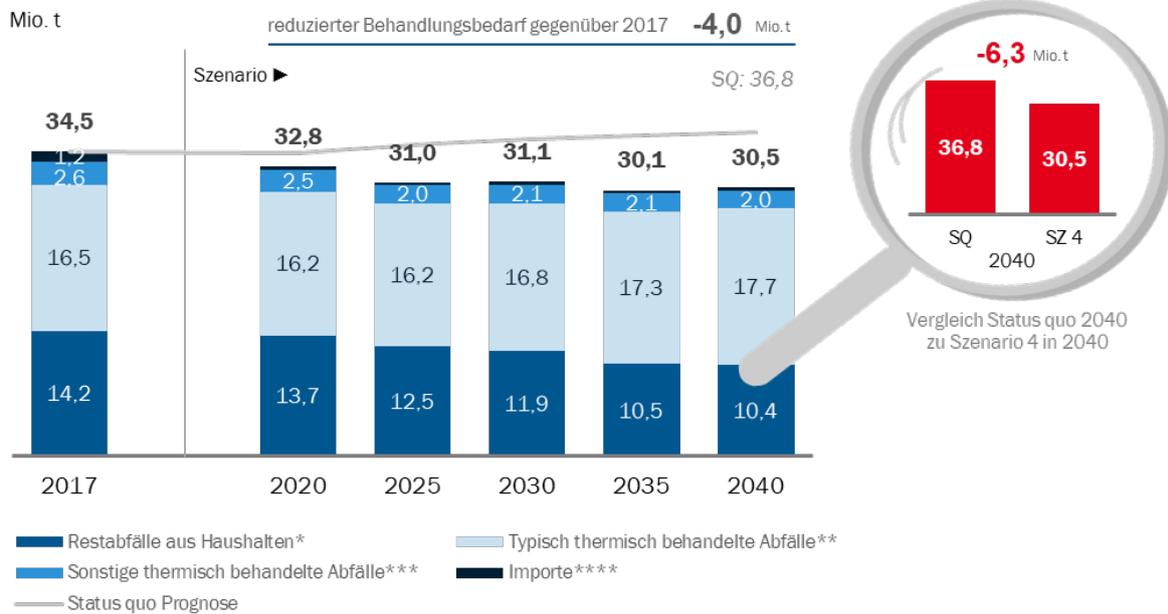
Szenario:	Szenario 4: Outputrechnung	
Inhalt:	Prognose der Auswirkungen der Umsetzung der geänderten Berechnungsmethodik für die Ermittlung der Recyclingquote von Siedlungsabfällen in Verbindung mit der Umsetzung der Gewerbeabfallverordnung und des Verpackungsgesetzes auf das verbleibende Aufkommen an thermisch zu behandelnden Restabfällen aus Haushalten, Industrie und Gewerbe	
Logik / Methodik:	explorativ („was passiert, wenn ...“)	
Stoffströme:	thermisch zu behandelnde Restabfälle aus Haushalten Siedlungsabfälle, gemischte Gewerbeabfälle, Verpackungsabfälle	
Annahmen:	Zielwert	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berechnungsmethode 3 (Recycling von Haushaltsabfällen)</li> <li>- Recyclingquoten für Siedlungsabfälle 55 % (bis 2025), 60 % bis 2030, 65 % bis 2035</li> <li>- Ergebnisse Szenario 1 -3</li> <li>- mitgeltende Regelungen des VerpackG (materialspezifische Quoten), der GewAbfV, des ElektroG (Kategorie-spezifische Quoten) sowie des BattG</li> </ul>
	Umsetzungszeitraum:	stufenweise ab 2025 bis 2035
Grenzen:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nach Methode 3 berechnet, ohne Berücksichtigung der Eigenkompostierung</li> <li>- Hilfsweise über Annahmen zu durchschnittlichen materialspezifischen Aufbereitungsverlusten aus der Sortierung/Aufbereitung berechnet.</li> <li>- Die tatsächliche Umsetzung des Szenarios setzt einen konsequenten Vollzug voraus.</li> <li>- Qualität und Vermarktbarkeit der Recyclingrohstoffe werden vorausgesetzt.</li> </ul>	

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Die Auswirkungen betreffen in erster Linie die klassischen MVA, in denen deutlich weniger kommunale Restabfälle thermisch behandelt werden müssen. Dies wird zu einem steigenden Wettbewerb um Ersatzbrennstoffe und brennbare Abfälle aus der mechanischen Behandlung führen. Die tatsächlichen Auswirkungen im primären Wettbewerbsmarkt werden unter Berücksichtigung der vorab skizzierten Szenarien zur Entwicklung der Kapazitäten in Kohlekraftwerken und M(B)A sowie potenzieller weiterer zukünftig thermisch zu behandelnder Stoffströme deutlich geringer erwartet (siehe auch Kapitel 5.7).

**Abbildung 27: Auswirkungen des Szenario 4 - Umsetzung der Output-basierten Berechnungsmethodik für Siedlungsabfälle unter Berücksichtigung der Umsetzung der GewAbfV und des VerpackG auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

\* Hausmüll (inkl. gemeinsam mit dem Hausmüll erfasste hausmüllähnliche Gewerbeabfälle) und Anteil Sperrmüll zur Beseitigung

\*\* sonstige Abfälle aus der Gruppe 20 und ausgewählte Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $\geq 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt (ohne gefährliche Abfälle, Altholz, Klärschlämme)

\*\*\* sonstige Abfallschlüssel, die i. d. R. typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden und bei denen der Anteil der thermischen Behandlung bei  $< 50\%$  am Gesamtaufkommen des Abfallschlüssels liegt zuzüglich der in MVA/EBS-Kraftwerken mitverbrannten gefährlichen Abfälle und Klärschlämme

\*\*\*\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)

Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

**i**

**Fazit Szenario 4:  
 Umsetzung der Output-basierten Berechnungsmethodik für Siedlungsabfälle und Berücksichtigung der Umsetzung der getrennten Bioabfallerrfassung, der GewAbfV und des VerpackG auf das Aufkommen thermisch zu behandelnder Abfälle**

Unter den im Szenario angenommen Rahmenbedingungen wird sich das thermisch zu behandelnde Aufkommen im primären Wettbewerbsmarkt der TAB um **bis zu 6,28 Mio. t** gegenüber der Status quo Prognose für das Jahr 2040 verringern.

Gegenüber dem Basisjahr 2017 ergibt sich ein Rückgang um bis zu **4,03 Mio. t**.

### 5.5.2 Potenziale aus der Europäischen Arbeitsteilung

Auf dem Weg zur europäischen Kreislaufwirtschaft nimmt der Umgang mit Siedlungsabfällen einen hohen Stellenwert ein. Im Jahr 2018 wurden in den EU-Mitgliedsstaaten in Summe **250 Mio. t Siedlungsabfälle** behandelt. Bei der Umsetzung der 5-stufigen Abfallhierarchie sind die einzelnen Mitgliedsstaaten bei allen bereits erzielten Erfolgen noch unterschiedlich weit fortgeschritten. Der **Anteil der auf Deponien abgelagerten Siedlungsabfälle** seit 2008 im Durchschnitt aller EU-Mitgliedsstaaten bereits deutlich **von 40 % auf 23 %<sup>134</sup> reduziert**. Im Vergleich der einzelnen Mitgliedsstaaten zeigen sich noch große Unterschiede mit länderspezifischen Deponieraten zwischen 0 % und 86 %. Umgerechnet in Tonnen werden somit immer noch 57 Mio. t Siedlungsabfälle deponiert, da die verfügbaren Behandlungskapazitäten in den Ländern nicht ausreichen. Hinzu kommen noch Mengen an hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, da nicht alle Mitgliedsstaaten diese bisher definitorisch miterfasst haben.

Maßgeblicher Treiber für die Abkehr von der Deponierung und Schaffung alternativer Behandlungskapazitäten war bisher die EU Deponierichtlinie 1999/31/EC<sup>135</sup>, die die Mitgliedsstaaten dazu verpflichtete, die Deponierung unbehandelter biologischer Siedlungsabfälle bis 2016 stufenweise auf 35 % der im Bezugsjahr 1995 erzeugten Mengen zu reduzieren. Einigen Mitgliedsstaaten wie Nordirland oder Polen wurde eine Übergangsfrist von vier Jahren eingeräumt.

Mit dem EU-Kreislaufwirtschaftspaket wurden nicht nur Vorgaben in Richtung Abfallvermeidung und Recycling festgeschrieben, die **Herstellerverantwortung verschärft**, sondern auch den Ausstieg aus der Deponierung von Siedlungsabfällen beschlossen. Bis 2035 soll der **Anteil der deponierten Siedlungsabfälle auf unter 10 %** des Aufkommens gesenkt werden. Bei konsequenter Umsetzung ließen sich bezogen auf die Summe der in 2018 behandelten Siedlungsabfälle mindestens 40 Mio. t deponierter Abfälle vermeiden. Das heißt aber auch, dass für diese 40 Mio. t alternative Behandlungskapazitäten, vorzugsweise in Sortier- und Aufbereitungsanlagen nach vorheriger Getrennterfassung sowie biologischen Behandlungsanlagen zur Verfügung stehen müssen und andererseits nicht verwertbare Abfälle aus der Vorbehandlung einen sicheren Weg in die energetische Verwertung finden.

Die für eine Abkehr von der Deponierung notwendige Infrastruktur steht noch nicht in entsprechendem Umfang zur Verfügung. Der Investitionsbedarf in eine hochwertige und leistungsfähige Infrastruktur, die auch die entsprechenden Qualitäten für den Wiedereinsatz von Rezyklaten in der Produktion gewährleistet werden kann, kann nicht von allen Ländern gleichermaßen für alle relevanten Wertstofffraktionen geleistet werden. Im Rahmen der europäischen Arbeitsteilung werden wertstoffhaltige Abfälle auch zukünftig in anderen Mitgliedsstaaten zu Sekundärrohstoffen für die Industrie aufbereitet werden, die sich dann auch um die umweltverträgliche Beseitigung und Verwertung der Reststoffe aus der Aufbereitung kümmern müssen. Hier werden thermische Behandlungsanlagen weiterhin eine wichtige Rolle als Schadstoffsенke einnehmen.

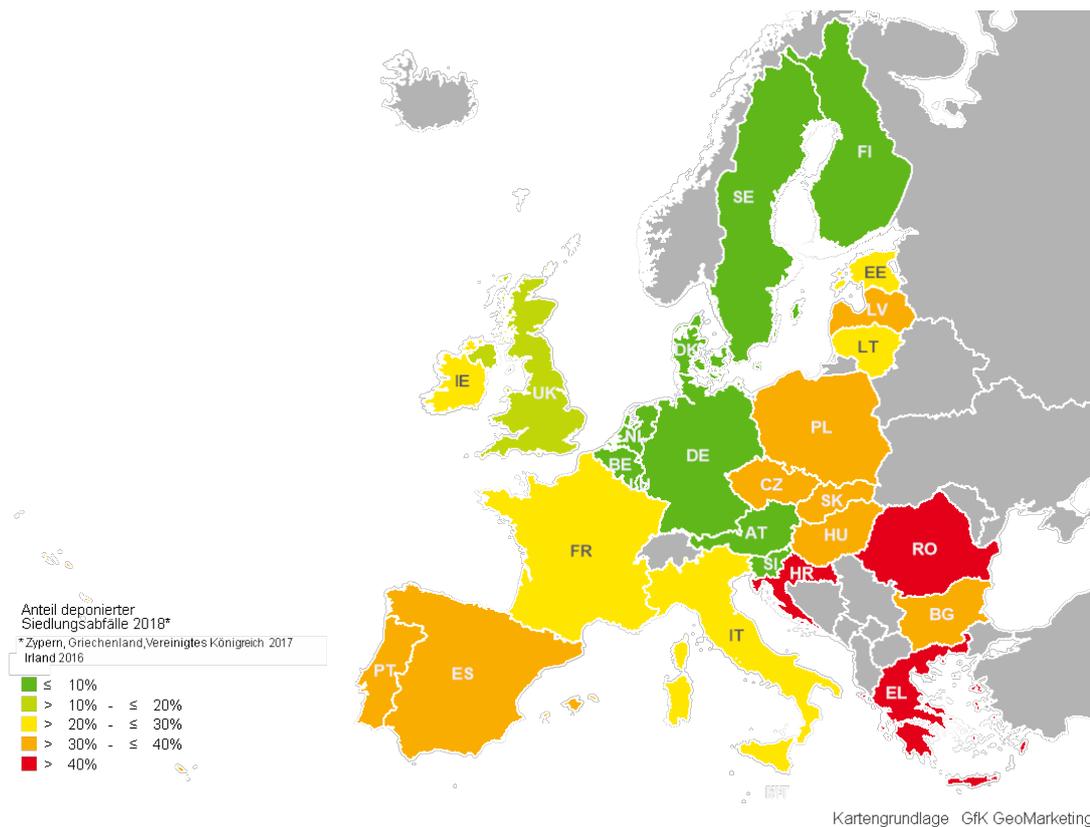
Auf der anderen Seite ist es auch aus Gründen des Klima- und Ressourcenschutzes, der sich nicht auf nationale Grenzen beschränken lässt, sowie vor dem Hintergrund der Umsetzung der 5-stufigen Abfallhierarchie sinnvoll, Abfälle aus bestimmten Mitgliedsstaaten in anderen

<sup>134</sup> Eurostat (env\_wasmun) 2020

<sup>135</sup> EU 1999/91

Mitgliedsstaaten hochwertig stofflich oder thermisch verwerten zu lassen. Dies sollte zumindest so lange erfolgen, bis eine eigene nachhaltige Infrastruktur in diesen Ländern aufgebaut wurde. Nur so lässt sich eine schnelle und konsequente Abkehr von der Deponierung erreichen. Zudem kann eine bestehende hochwertige Infrastruktur wirtschaftlich weiter genutzt werden.

**Abbildung 28: Anteil der Deponierung von Siedlungsabfällen in den EU-Mitgliedsstaaten 2018**



Quellen: Eurostat (env\_wasmun) 2020

© Prognos 2020

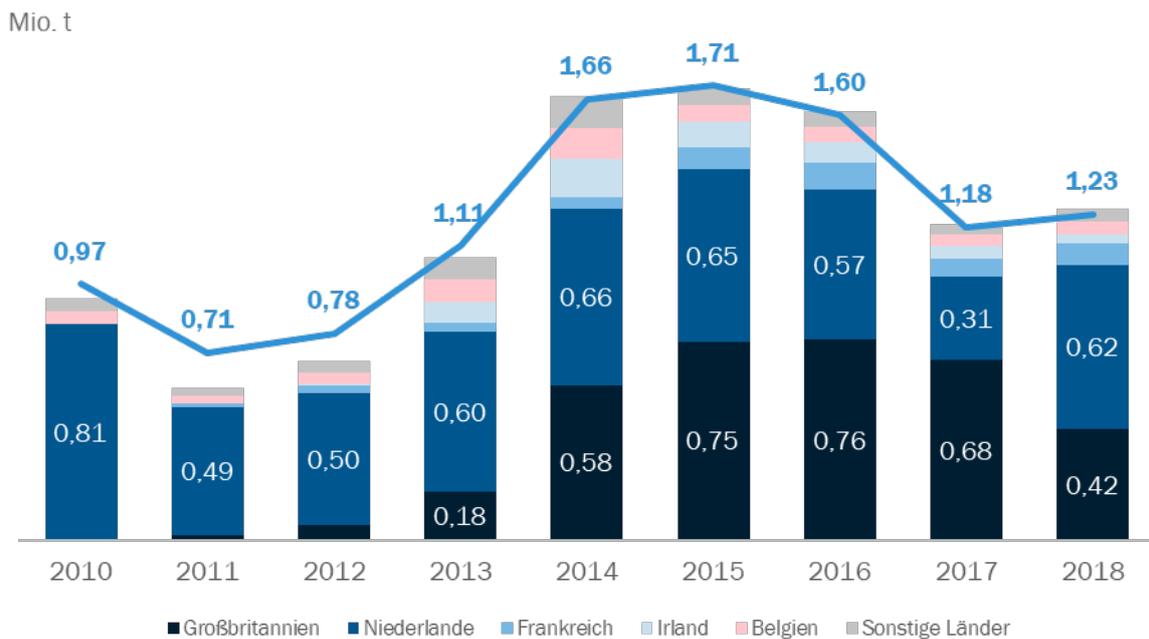
Auch **Deutschland** hat bereits von den **Möglichkeiten der internationalen Arbeitsteilung profitieren** können. Mit der Umsetzung der TAsi im Juni 2005 waren in Baden-Württemberg ausreichend Kapazitäten in MVA und MBA verfügbar, um die rechtlichen Anforderungen der Vorbehandlung von gemischten Siedlungsabfällen umsetzen zu können. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten mussten jedoch die mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen in Buchen und Heilbronn im Jahr 2007 vorzeitig schließen, wodurch Abfallbehandlungskapazitäten in Höhe von rund 240 Tsd. t im Jahr verloren gegangen waren. Teilmengen konnten in die MVA nach Stuttgart verlagert werden, für einen nicht unwesentlichen Teil wurden befristete Ausnahmeregelungen für die Behandlung in Schweizer Kehricht-Verbrennungsanlagen erteilt. Diese gelten derzeit immer noch. Im Jahr 2017 wurden 154 Tsd. t an gemischten Siedlungsabfällen (AWV-Nr. 200301) in die

Schweiz exportiert.<sup>136</sup> Die Gesamtexportmenge an Abfällen zur thermischen Behandlung (R1 / D10) in anderen Ländern betrug im Jahr 2017 insgesamt 0,71 Mio. t.

Es zeigte sich jedoch auch, dass große Abfallmengen (insb. PPK, Metalle und Kunststoffe) vor Kurzem noch aus Deutschland nach China und Südostasien zum Recycling, teilweise unter sehr fragwürdigen Bedingungen, exportiert wurden. Durch restriktive Annahmebedingungen ist dieser Export fast vollständig zum Erliegen gekommen. Die Recyclingwirtschaft befindet sich hierdurch immer noch in einer Umbruchsphase.

Von den Möglichkeiten, die Abkehr von der Deponierung gemischter Siedlungsabfälle durch Exporte zu forcieren, hat in den vergangenen Jahren auch das **Vereinigte Königreich** Gebrauch gemacht. Mit dem schrittweisen Aufbau eigener Behandlungskapazitäten sind die Exporte in andere EU-Länder wieder rückläufig, wie sich aus nachfolgender Grafik am Beispiel Deutschlands ergibt. Wie sich die Mengen jetzt nach dem EU-Austritt entwickeln werden, bleibt abzuwarten – eine verlässliche Prognose ist nicht möglich.

Abbildung 29: Hauptherkunftsländer für Abfallimporte an brennbaren Abfällen\* 2010 bis 2018



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

\* berücksichtigt die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 (siehe 3.2.), Anlieferungsmengen an die EVI Emlichheim sind hier bei den Importen aus den Niederlanden mit enthalten

Quelle: UBA 2010-2018

© Prognos 2020

<sup>136</sup> UBA 2010-2018

Für die Zukunft ist aufgrund der vorgenannten Gründe auch weiterhin von einer grenzüberschreitenden Abfallverbringung brennbarer Abfälle auszugehen. Im Rahmen der Betrachtungen von Angebot und Nachfrage im Rahmen dieser Studie wurde **konservativ** von der Annahme ausgegangen, dass die **Exporte auf dem Niveau von 2017** verbleiben und zusätzlich zu den bestehenden Importen im Sonderfall Emlichheim (0,35 Mio. t/a) durchschnittlich weitere 0,50 Mio. t importiert werden. Alternativ würde eine deutliche Reduzierung der Importe eine Rückführung von Exporten zur Folge haben können. Diese konservative Annahme basiert auf den Einschätzungen einer insgesamt ausreichenden Inlandsverfügbarkeit. In Abhängigkeit von den Entwicklungen in den anderen EU-Mitgliedsstaaten und den Fortschritten bei der Abkehr von der Deponierung unvorbehandelter Siedlungsabfälle ist eine höhere Importquote ebenso denkbar wie die Rückführung von aktuellen Exporten, die bisher nicht berücksichtigt wurde. Hier wurde insbesondere bei den Exporten von gemischten Siedlungsabfällen davon ausgegangen, dass ein leichter Rückgang eng im Zusammenhang mit Intensivierung der getrennten Wertstoffeffassung sowie Bio- und Grünabfallfassung stehen wird.

**i****Fazit: Potenziale aus der Europäischen Arbeitsteilung**

Die thermische Abfallbehandlung wird weiterhin eine wichtige Rolle als Schadstoffsенке in der internationalen Arbeitsteilung einnehmen. Gleichzeitig kann sie einen wichtigen Beitrag leisten, um Mitgliedsstaaten zu unterstützen, den Weg der klimaschädlichen Deponierung von gemischten Siedlungsabfällen mindestens im vorgegebenen Zeitrahmen zu erreichen – mindestens so lange, bis eigene Behandlungskapazitäten aufgebaut wurden. Gemäß der neuen Definition von Siedlungsabfällen zählen hierzu sowohl gemischt Abfälle aus Haushalten als auch hausmüllähnliche Gewerbeabfälle.

Konservativ wird unter Annahme gleichbleibender Exporte auf dem Niveau von 2017 von **zusätzlichen Importen** in Höhe von **0,50 Mio. t/a** über die 0,35 Mio. t/a hinaus ausgegangen, die jährlich für die EVI Emlichheim anzusetzen sind. Alternativ kann von der Annahme ausbleibender Importe aber dafür der Rückführung von Exportmengen ausgegangen werden.

## 5.6 Ausgewählte Einflussfaktoren auf die Kosten und Erlöse der TAB

Die Analyse der **Gesellschafterstrukturen** der TAB zeigt, dass die Anlagen zu etwa jeweils 1/3 kommunal, privat oder gemischt-wirtschaftlich (PPP-Model) betrieben werden. Die daraus resultierenden betrieblichen Freiheitsgrade für den Betrieb der Anlagen können sehr unterschiedlich und komplex sein. Bei den **kommunalen Strukturen** spielt insbesondere das Gebührenrecht, die Leitsätze für die Preisermittlung auf Grund von Selbstkosten (LSP), das öffentliche Preisrecht und das Vergaberecht eine wesentliche Rolle. Die meisten PPP-Modelle sind hiervon ebenfalls betroffen, sofern der kommunale Anteil bei >50 % liegt. Bei den TAB, die **privatwirtschaftlich** betrieben werden, sind dagegen oft unternehmensinterne Vorgaben und die Einbindung in das private Stoffstrommanagement wichtige Kriterien.

## Annahmepreise

Wesentliche Faktoren für die Annahmepreise im Markt sind Abfallart, Mengen, Vertragslaufzeit, Region sowie die Auslastungs- und Wettbewerbssituation. Bei den kommunalen Unternehmen sind hier im Wesentlichen die ansetzbaren Kosten relevant, so dass für die Preisgestaltung die Abschreibung eine große Rolle spielt.

## Energieerlöse

Die **Stromerlöse** hängen von vielen bundesweiten Entwicklungen, wie den Vermarktungsstrukturen, rechtlichen Vorgaben, dem aktuellen Wettbewerb oder auch den Umlagen auf Eigenverbrauch ab. Bei den **Wärmerlösen** hängt die Situation jedoch stark von der jeweiligen örtlichen Strukturen ab. Wenn es nur einen Nachfrager gibt, sind die Verhandlungsmöglichkeiten der TAB begrenzt. Durch den ökologischen Mehrwert (CO<sub>2</sub>-Belastung, Primärenergiefaktor) sind jedoch strukturelle Vorteile gegenüber fossilen und volatilen Alternativen der Energieversorgung zu erwarten.

## CO<sub>2</sub>-Bepreisung

Die TAB unterliegen nicht dem EU-Emissionshandelssystem (EHS). Jedoch könnten sie in das nationale Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) ab dem Jahr 2023 einbezogen werden. Hier besteht derzeit noch eine große Rechtsunsicherheit. In diesem System müsste ein gestaffelter CO<sub>2</sub> Preis für den fossilen Anteil im Abfall als Zertifikat bezahlt werden. Wenn Abfälle ab 2023 dem BEHG unterliegen sollten, wären CO<sub>2</sub>-Abgaben von 35 €/t und ab 2026 voraussichtlich 60 €/t zu zahlen. Legt man, wie ITAD annimmt, grob geschätzt 20 Mio. t fossile Abfälle zur thermischen Behandlung zugrunde<sup>137</sup>, würde die Kreislaufwirtschaft ab dem Jahr 2026 mit mehr als 1,2 Mrd. € pro Jahr belastet.

### Beispiel:

Bei abbeschriebenen kommunalen Müllverbrennungsanlagen können die Vertragspreise mit den Kommunen bei 60 €/t Abfall liegen. Bei einem biogenen Anteil von 50 % wird von dem CO<sub>2</sub>-Preis von 60 €/t die Hälfte, also 30 €/t, auf den Annahmepreis umgelegt. Auf den Gebührenzahler käme somit eine Steigerung des Annahmepreises von ca. 50 % zu.

Besonders hohe Kostenzuwächse sind bei den Sortierresten aus den Recyclingmaßnahmen (Sortieranlagen für Gewerbeabfälle und Verpackungen, Schredderanlagen, E-Schrottaufbereitung etc.) zu erwarten, da es sich hier weitestgehend um fossil-stämmige Abfälle (Kunststoffe) handelt. Bei der Verbrennung von einer Tonne Kunststoff entstehen rund 2 t CO<sub>2fossil</sub>. Sortierreste aus Recyclingprozessen können häufig die Hälfte des Inputs ausmachen. Wenn diese Fraktionen auf Grund des BEHG nur in Deutschland rund 120 €/t teurer würden, hätte dies deutliche Auswirkungen auf die Entsorgungsstrukturen für gewerbliche Abfälle sowie die Exporte und Importe.

<sup>137</sup> unter Berücksichtigung: durch eine Tonne Abfall entsteht eine Tonne CO<sub>2</sub>, biogener Anteil, Mitverbrennung in EHS-Anlagen

## Steigende Umweltauflagen

Die BREF Vorgaben werden über die Umsetzung der 17. BImSchV zu verschärften Auflagen kommen, u. a. in Bezug auf die kontinuierliche Quecksilbermessung, die Radioaktivitätsmessung etc., und damit auch zu Kostensteigerungen für den Anlagenbetrieb. Ständig weiter steigende Anforderungen aus dem Abfall-, Wasser-, Boden-, Emissions-, Klima-, Energie- und Chemikalienrecht lassen weitere Kostensteigerungen erwarten.



### Fazit: Einflussfaktoren auf die Kosten und Erlöse der TAB

Tendenziell ist für die Abfallerzeuger mit steigenden Kosten für die Entsorgung zu rechnen. Ob sich dadurch auch die Erlössituation des Anlagenbetreibers verbessert, hängt stark von der weiteren Marktentwicklung ab.

## 5.7 Zusammenfassung der Ergebnisse und Abgleich mit der Status Quo Prognose

Die im Rahmen dieser Studie betrachtete Entwicklung des thermisch zu behandelnde Aufkommens für die TAB umfasst auch Mengen, die in konkurrierenden Anlagen wie Zementwerken und Kohlekraftwerken mitverbannt werden, sofern es sich um vergleichbare Abfälle handelt, die auch in TAB thermisch behandelt werden könnten. Somit wird die Wettbewerbssituation um diese Mengen berücksichtigt, Als Sonderfall der (Vor-) Behandlung von gemischten Siedlungsabfällen werden auch die in M(B)A behandelten Abfälle berücksichtigt. Einbezogen wurden alle M(B)A, die derzeit noch über Verträge über die Vorbehandlung kommunaler Restabfälle verfügen.

Die Ergebnisse der Status quo Prognose haben gezeigt, dass das thermisch zu behandelnde Abfallaufkommen im primären Wettbewerbsmarkt der TAB unter Berücksichtigung ausschließlich wirtschaftlicher (branchenspezifische Entwicklung der Bruttowertschöpfung, private Konsumausgaben) und demografischer (Bevölkerungsentwicklung, Altersstruktur und Haushaltsgröße) Entwicklungen bis 2040 weiter um 2,25 Mio. t auf insgesamt 36,76 Mio. t ansteigen wird.

Unter Berücksichtigung aktueller gesetzlicher Rahmenbedingungen, die sich in Getrennterfassung- und Recyclingquoten aus dem Verpackungsgesetz, der Gewerbeabfallverordnung, der Pflicht zur Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten sowie des 65 % Recyclingziels für Siedlungsabfälle aus dem Kreislaufwirtschaftsgesetz ergeben, werden im Jahr 2040 insgesamt 4,69 Mio. t an bisher thermisch behandelten Abfällen in die Vorbereitung zum Recycling verlagert. Wird zudem noch die bereits beschlossene Umstellung der Berechnungsmethodik für die Recyclingquote für Siedlungs- und Verpackungsabfälle einbezogen, können weitere 1,68 Mio. t stofflich verwertet werden. Die thermisch zu behandelnden Abfälle reduzieren sich damit in Summe um 6,28 Mio. t bis zum Jahr 2040. Effektiv bedeutet dies jedoch aufgrund der zu erwartenden Mengensteigerungen eine Reduktion gegenüber dem Jahr 2017 in Höhe von 4,03 Mio. t, wie aus Tabelle 14 ersichtlich.

Werden einerseits die sich ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt, die zu einem Anstieg der stofflich zu verwertenden Abfälle führen, müssen andererseits auch Entwicklungen betrachtet werden, die potenziell zu einem Anstieg der thermisch zu behandelnden Abfälle aus Gründen des Umweltschutzes führen. Hierzu zählen beispielsweise die Umsetzung der POP-Verordnung bzw. die neuen Anforderungen an die Ablagerung der Feinfraktion aus der Aufbereitung von Bau- und Abbruchabfällen in Bezug auf die Ablagerungskriterien für die Deponie-Klassen I und II bzw. die Umsetzung der Klärschlammverordnung. Hier werden zukünftig schätzungsweise 0,76 Mio. t zusätzlich in den primären Wettbewerbsmarkt aus anderen Teilmärkten verlagert. Mengenanteile, die – wie beispielsweise beim kommunalen Klärschlamm – in angrenzenden Märkten (Monoklärschlammverbrennung) behandelt werden, sind in diesen Angaben nicht mehr enthalten.

Nicht auszuschließen und unter Aspekten der Ressourcenrückgewinnung und -schonung erforderlich ist beispielsweise die verstärkte fachgerechte Entsorgung von Altfahrzeugen. Werden beispielsweise 50 % statt wie bisher 20 % der Altfahrzeuge in Deutschland fachgerecht entsorgt, können nicht nur höhere Mengen wertvoller Rohstoffe zurückgewonnen werden, sondern es fällt auch zusätzlich eine höhere Menge der Schredderleichtfraktion, die einer fachgerechten Behandlung bedarf, an. Der Anteil der thermisch zu behandelnden Schredderleichtfraktion steigt um rund 0,23 Mio. t. Zusätzliche Anforderungen aus der POP-Verordnung wurden bei den POP-haltigen Abfällen berücksichtigt.

Die Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen hat auch Auswirkungen auf die zur Verfügung stehenden Kapazitäten. So wird die Umsetzung des Kohleausstiegs zu einem Wegfall von Mitverbrennungskapazitäten führen. Für den primären Wettbewerbsmarkt der TAB bedeutet dies, dass rund 0,7 Mio. t von TAB und Zementwerken aufgefangen werden müssen. Ein weiterer Teil der insbesondere mitverbannten Klärschlämme kann den primären Wettbewerbsmarkt verlassen und von zukünftig erwarteten steigenden Kapazitäten im Bereich der Monoklärschlammverbrennung übernommen werden. Ungewiss bleibt die Verlagerung weiterer von Kohlekraftwerken insgesamt verbrannten Fraktionen, wie z. B. auch Tiermehl, gefährliche Abfälle. Sie wurden konservativ bisher nicht in den Wettbewerbsmarkt der TAB verlagert, könnten aber über die bisherigen Annahmen zusätzliche Mengeneffekte durch Verschiebungen zwischen den diversen Teilmärkten auslösen.

Die mit der rechtlich verbindlichen Umsetzung der getrennten Bio- und Grünabfallerrfassung einhergehende Reduzierung insbesondere kommunaler Restabfälle wird die Entwicklung im Bereich der M(B)A Kapazitäten beeinflussen. Hier ist zukünftig in geringem Umfang eine Schließung, vielmehr jedoch eine Umwidmung der M(B)A-Kapazitäten in Richtung einer Fokussierung auf Bio- und Grünabfälle bzw. Wertstoffe zu erwarten. Werden keine kommunalen Restabfälle mehr behandelt sind diese Kapazitäten nicht mehr dem primären Wettbewerbsmarkt der TAB zuzurechnen. In Folge müssen aber die kommunalen Restabfälle insbesondere von den MVA thermisch behandelt werden, andererseits entfallen brennbare Sekundärabfälle / Ersatzbrennstoffe aus den M(B)A. In Summe wird dies zu einem zusätzlichen Behandlungsbedarf von 0,77 Mio. t führen.

In der Status quo Prognose wurden im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung konservativ nur die Importe zur EVI Emlichheim an der Grenze zwischen den Niederlanden und Deutschland berücksichtigt, da es sich hierbei um einen Sonderfall handelt. Dies erscheint für die Zukunft aber

nicht realistisch, daher wurde im Vergleich eine zusätzliche Importmenge von 0,5 Mio. t berücksichtigt. Die Einbeziehung dieser Menge in die Bilanz erscheint auch vor dem Hintergrund realistisch, dass konservativ bisher in keinem Szenario Exporte (0,7 Mio. t in 2017) wieder zurückgeführt wurden. Wird die angenommene Importmenge aus unterschiedlichen Gründen bezweifelt, so sind auch die Exporte zu hinterfragen. Ein Gesamtansatz für Importe bzw. zurückgeführte Exporte von 0,5 Mio. t erscheint daher realistisch.

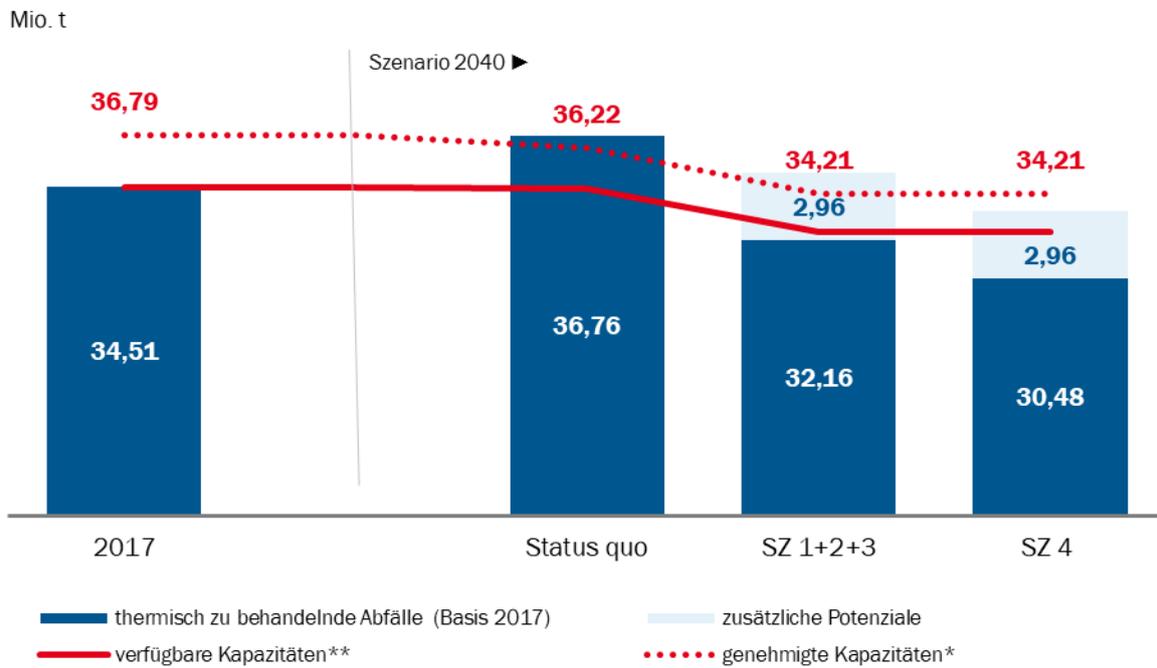
Nicht berücksichtigt werden die Stoffströme, die bisher in Altholzwerkstätten eingesetzt werden – die Kapazitäten gleichen sich durch Zubau und Stilllegung aus. Des Weiteren wird angenommen, dass alle Stoffströme, die zukünftig ins Recycling gehen, auch tatsächlich vollständig hochwertig verwertet werden und keine zusätzlichen Rückflüsse aus der Produktion zu erwarten sind.

In Summe aller vorgenannten Stoffströme ergibt sich ein **zusätzliches Potenzial** von **rund 2,96 Mio. t**, so dass im Jahr 2040 in Summe **33,44 Mio. t** an Abfällen im primären Wettbewerbsmarkt der TAB thermisch zu behandeln sind. Gegenüber dem Aufkommen des **Jahres 2017** resultiert daher nur noch eine Reduzierung um **insgesamt 1,07 Mio. t**.

Den thermisch zu behandelnden **Abfällen** in Höhe von **33,44 Mio. t** werden zukünftig unter Berücksichtigung der Schließung der Kohlekraftwerke, der genannten Veränderungen der zu berücksichtigenden M(B)A Kapazitäten, einer zu erwartenden Steigerung des Einsatzes von Abfällen in der Zementindustrie sowie der Umsetzung der Planungen bei den TAB **genehmigte Kapazitäten** in einer Größenordnung von **34,21 Mio. t** gegenüber stehen. Rechnerisch würde sich hieraus ein Kapazitätsüberhang von **0,77 Mio. t** ergeben. Allerdings ist anzumerken, dass die genehmigte Kapazität aufgrund von Revisionen, Heizwertsteigerungen etc. nicht voll ausgeschöpft werden kann. Wird für die TAB-Kapazitäten ein **möglicher Durchsatz** auf Grund von **Revisionszeiten von 95 %** gegenüber den **genehmigten Kapazitäten** angenommen, fehlen bereits **0,81 Mio. t** an Kapazitäten für die Behandlung der thermisch zu verwertenden Abfälle.<sup>138</sup> In der folgenden Abbildung 30 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt, Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die Einzelergebnisse zum Abfallaufkommen und den zur Verfügung stehenden Kapazitäten.

<sup>138</sup> Eine Reserve von **5 %** für Wartungs- und Revisionsarbeiten ist **sehr konservativ** gerechnet. Unter Berücksichtigung weiterer Reserven für unvorhergesehene Wetterereignisse wie Starkregen, Stürme, Hochwasser etc. könnten auch bisherige Erfahrungswerte in der Größenordnung von **10 %** in Ansatz gebracht werden. Dies würde das rechnerische Kapazitätsdefizit auf **2,02 Mio. t/a** im Jahr 2040 erhöhen.

**Abbildung 30: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Status quo Prognose und den Mengen-Szenarien sowie Abgleich mit den zur Verfügung stehenden Kapazitäten**



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich  
 SZ 1+2+3: Umsetzung der gesetzlichen Rahmenbedingungen (VerpackG, GewAbfV, getrennte Erfassung Bioabfälle)  
 SZ 4: zzgl. Umstellung der Berechnungsquote für Recycling bei Siedlungsabfällen zu einer Output-bezogenen Berechnung  
 \* Im Status quo Prognose werden nur die Schließungen der Kohlekraftwerke berücksichtigt, während in den beiden anderen Zusammenfassungen der Szenarien auch die Umwidmungen und Stilllegungen der M(B)A mit einbezogen wurden.  
 Die absehbaren Entwicklungen bei den MVA- und EBS-Kraftwerken sowie Zementwerken sind in allen drei Szenarien gleich.  
 \*\* Berücksichtigung von z. B. Revisionszeiten

**Tabelle 14: Zusammenfassung der Ergebnisse und Abgleich mit der Status Quo Prognose**

	2017	2040
	Mio. t	Mio. t
<b>Ergebnisse Status quo Prognose</b>	<b>34,51</b>	<b>36,76</b>
↳ Umsetzung aktueller rechtlicher Rahmenbedingungen (Szenario 1-3)		- 4,60
↳ zzgl. Umstellung auf Output-basierte Recyclingquote für Siedlungsabfälle (Szenario 4)		- 1,68
<b>Abfallverfügbarkeit</b>		
<b>thermisch zu behandelnde Abfälle, darunter</b>	<b>34,51</b>	<b>30,48</b>
↳ Restabfälle aus Haushalten	14,19	10,40
↳ Typisch thermisch zu behandelnde Abfälle	16,52	17,69
↳ Sonstige thermisch behandelte Abfälle	2,63	2,04
↳ Importe <sup>(1)</sup>	1,18	0,35
<b>zusätzliche Potenziale, darunter</b>	<b>-</b>	<b>2,96</b>
↳ Klärschlämme	-	~0,20 <sup>(2)</sup>
↳ Verlagerung von Abfällen durch Schließung von Kohlekraftwerken	-	0,70 <sup>(2)</sup>
↳ Verlagerung von Abfällen durch Umwidmung von M(B)A	-	0,77
↳ Schredderleichtfraktion aus der zusätzlichen Altfahrzeugaufbereitung		~0,23
↳ POP-haltige Abfälle	-	~0,30
↳ Feinfraktion von Baustellenabfällen	-	~0,26
↳ Importe / Rückführung von Exporten <sup>(1)</sup>	-	~0,50
<b>Zwischensumme thermisch zu behandelnde Abfälle</b>	<b>34,51</b>	<b>33,44</b>
<b>Kapazitäten</b>		
TAB (MVA + EBS-Kraftwerke)	26,98	27,93
↳ davon verfügbare Kapazität	26,24	26,55
Kohlekraftwerke (Anteil primärer Wettbewerb)	1,73	-
Zementwerke (Anteil primärer Wettbewerb)	2,30	2,65
M(B)A	5,78	3,63
<b>Zwischensumme genehmigte Kapazitäten</b>	<b>36,79</b>	<b>34,21</b>
Differenz genehmigte Kapazitäten zu thermisch zu behandelnden Abfällen		0,77
<b>Zwischensumme verfügbare Kapazitäten<sup>(3)</sup></b>		<b>32,63</b>
Differenz verfügbare Kapazitäten zu thermisch zu behandelnden Abfällen		-0,81

<sup>(1)</sup> Unter Importen wurden nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe hierzu Erläuterungen in 3.2.)

<sup>(2)</sup> Umrechnung der Trockenmasse-Potenziale in Potenziale mit einem durchschnittlichen Wassergehalt von 25 %

<sup>(3)</sup> In den durchgeführten Berechnungen wird das Abfallaufkommen der einzelnen Fraktionen nach Gewicht bilanziert, eine Heizwertbereinigung findet aus Gründen der Vergleichbarkeit mit dem Jahr 2017 nicht statt. Grundsätzlich ist durch die Veränderungen im Durchsatz mit einem leicht steigenden Heizwert zu rechnen, welcher die Durchsatzleistung einiger Anlagen mit geringer Heizwertauslegung verringern dürfte. Annahme: Verfügbarkeit für TAB und M(B)A mit 95 % angesetzt.

---

## 6 Künftige abfallwirtschaftliche, infrastrukturelle und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für den Betrieb der TAB - Roadmap 2040

---

### 6.1 Erweiterung des Aufgabenspektrums der TAB

Die Thermische Behandlung von Abfällen hat sich in den letzten 125 Jahren in Deutschland zu der wichtigsten Säule der Entsorgung von Hausmüll und Gewerbeabfällen entwickelt. Die erste TAB wurde 1896 in Hamburg zur Seuchenabwehr als Reaktion auf die große Choleraepidemie in Betrieb genommen. Seit dieser Zeit haben die TAB vielfältige technische Veränderungen und auch eine unterschiedliche Akzeptanz in der Bevölkerung erfahren. Ebenso verändert haben sich im Zeitverlauf die Funktionen der TAB innerhalb der Abfallentsorgung und innerhalb der städtischen Infrastrukturen. Die Verhinderung von Seuchen steht heute nicht mehr im Vordergrund des Betriebs von TAB.

Viele aktuelle Untersuchungen und Stellungnahmen bewerten die Zukunft der TAB nur mit Focus auf deren Entsorgungsfunktion von Haushalts- und Gewerbeabfällen, vergleichen heutige und künftige Mengen und Kapazitäten und leiten daraus nicht mehr benötigte Kapazitäten ab. Dieser Bewertungsansatz für den künftigen Bedarf wird aus unserer Sicht den unterschiedlichen Funktionen der TAB weder inhaltlich noch methodisch ausreichend gerecht. Wirtschaft und Gesellschaft verändern sich, ebenso die Städte, ihr Umland und die wichtigen Infrastrukturen der Ver- und Entsorgung. Ein erweiterter Bewertungsansatz für die Funktionen bzw. die Notwendigkeit der TAB im Jahr 2040 muss daher zusätzlich auf einer Vision für die Stadt- und Infrastrukturen der Zukunft aufsetzen, um die Schnittstellen und Wechselwirkungen mit ihrem Umfeld berücksichtigen zu können.

Heute haben die TAB mit einem Durchsatz von 26,17 Mio. t einen Anteil von 55 % an der umweltgerechten Entsorgung von Haushalts- und Gewerbeabfällen. Die Mengen an ebenfalls thermisch verwerteten Klärschlämmen, gefährlichen Abfällen, Abfällen aus Abfallbehandlungsanlagen oder auch Schredderleichtfraktionen zeigen auch heute schon, dass die TAB auch als notwendige Schadstoffsенke für Abfälle und Sortierresten aus anderen Infrastrukturbereichen und Recyclingprozessen dienen.

#### 6.1.1 Rückblick

In den letzten 30 Jahren haben sich die Rahmenbedingungen für den Betrieb von TAB bereits mehrfach nachhaltig verändert:

- Die **Technische Anleitung Siedlungsabfall** (TASI) hat seit 1993 mit der Perspektive, dass ab dem Jahr 2005 keine unvorbehandelten Abfälle mehr auf Deponien abgelagert werden dürfen, nicht nur zu einer deutlichen Einsparung von rund 30 Mio. t an THG-

Emissionen<sup>139</sup>, sondern auch zu einem deutlichen Zubau an TAB-Kapazitäten geführt, ohne die es aus Gründen der Entsorgungssicherheit keine Deponieschließungen hätte geben können. Der Aufbau an Vorbehandlungskapazitäten durch mechanisch-biologische Behandlungsanlagen (MBA) lag in diesem Zusammenhang bei rund 5,1 Mio. t/2005 und hätte die notwendige Entsorgungssicherheit für die überlassungspflichtigen Abfälle allein nicht sicherstellen können.

- Die so genannte „Liberalisierung“ der **Entsorgung von Gewerbeabfällen** im Jahr 1996, nach der gewerbliche Abfälle zur Verwertung nicht mehr weiter als überlassungspflichtige Abfälle über den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger in die TAB geliefert werden, sondern über private Unternehmen mit eigenen Verträgen bzw. Kontingenten, hat zu massiven Veränderungen der Mengenströme, der Preise, dem Wissen über Stoffströme und nicht zuletzt auch der Planbarkeit der Kapazitätsauslastung geführt. Ein Teil der heute zu verzeichnenden Auslastungsschwankungen ist auf die Einführung dieser Regelung vor fast 25 Jahren zurück zu führen.
- Die **Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung** in Deutschland verläuft stabil und damit auch das erzeugte Gesamtabfallaufkommen. Während vor einigen Jahren noch von einem kontinuierlichen Rückgang der Bevölkerung ausgegangen werden musste, hat der starke Zuzug ab dem Jahr 2015 für eine stabile Perspektive der Bevölkerungsentwicklung in den nächsten Jahren gesorgt. Die Binnenwanderung von Ost- nach Westdeutschland und die zunehmende Attraktivität der Agglomerationsräume hat in der Vergangenheit räumliche Verschiebungen des Abfallaufkommens zur Folge gehabt. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass nicht nur die absolute Anzahl der Bevölkerung, sondern auch die Entwicklung der Anzahl der Haushalte und die Alterststruktur für die thermisch zu behandelnden Abfallmengen von Bedeutung sind.
- Die Entwicklung des **Gewerbes und der Industrie** verlief in den letzten Jahren vergleichsweise stabil bzw. positiv. Im Jahre 2009 konnte jedoch gut beobachtet werden, welchen Einfluss die Wirtschaftskrise im Jahr 2008 auf die thermisch zu behandelnden Abfälle haben kann. Umgekehrt führte die gute Konjunktur seit diesem Zeitraum zu einer Zunahme der gewerblichen Abfälle und zu einer guten Auslastung der TAB.

Aus den Erfahrungen der jüngeren Vergangenheit heraus sollte der Einfluss der Konjunktur auf die Auslastung der TAB nicht unterschätzt werden. Dies gilt aber auch für den umgekehrten Fall, fehlende TAB-Kapazitäten können auch gewerbliche und industrielle Aktivitäten einschränken.

### 6.1.2 Status quo

Derzeit bestehen für die TAB, ihre Eigner und Betreiber stabile Entsorgungsstrukturen. Insgesamt 100 TAB gewährleisten die **Entsorgungssicherheit** für Haushalte, Industrie und Gewerbe. Einzig die Bundesländer Brandenburg und Niedersachsen haben nach dem Jahr 2005 im Schwerpunkt auf die M(B)A gesetzt. Von den rund 82 Mio. Einwohnern Deutschlands werden die kommunalen Restabfälle von rund 75 % direkt thermisch verwertet. Die Menge ist mit insgesamt um die

<sup>139</sup> Die Größenordnung von 30 Mio. t bezieht sich ausschließlich auf die Emissionen im CRF-Sektor 5 „Abfall“, welcher im Wesentlichen die Entwicklung der THG-Emissionen der Deponien bilanziert. THG-Emissionen aus anderen Bereichen der Kreislaufwirtschaft (TAB, Recycling, Abfallsammlung und -Transport etc.) werden in anderen CRF-Sektoren bilanziert.  
Quelle: UBA (Inventarbericht) 2018, S. 673

26 Mio. t/a seit Jahren annähernd stabil. Aus unserer Sicht werden vor dem Hintergrund der internationalen Arbeitsteilung auch weiterhin Importe zur Auslastung beitragen, voraussichtlich aber in einem deutlich geringeren Umfang als noch im Jahr 2017 mit etwa 1,2 Mio. t.

Darüber hinaus gewährleisten die TAB auch die **Versorgungssicherheit** von Industrieparks und energieintensiven Betrieben durch die Produktion von Strom, Fernwärme und Prozessdampf. Die Einspeisung von Energie in Stromnetze und lokale Fernwärmenetze wird in dem Maße wichtiger, wie innerstädtische Kohlekraftwerke vom Netz gehen. Insgesamt liegt die Energiebereitstellung<sup>140</sup> der TAB<sup>141</sup> an Strom, Fernwärme und Prozessdampf bei fast 30 Mio. MWh.

### 6.1.3 Künftige Marktentwicklungen

Für die Bewertung der künftigen Rolle der TAB in der Kreislaufwirtschaft und im Gesamtsystem städtischer Infrastrukturen ist es wichtig, sich mit den Rahmenbedingungen zu beschäftigen, die das Marktumfeld der TAB absehbar beeinflussen werden, und diese in ihren Auswirkungen transparent zu machen.

Für die Bewertung der künftigen Rolle der TAB ist die **Wettbewerbssituation** insbesondere zu angrenzenden Teilmärkten zu berücksichtigen, die auf die **gleichen Stoffströme** zurückgreifen. Das sind anteilig insbesondere die Kohlekraftwerke sowie Zementwerke, aber auch die M(B)A, die derzeit noch kommunale Restabfälle annehmen. Im Rahmen dieser Studie wurde daher in Summe der primäre Wettbewerbsmarkt der TAB betrachtet. Alle nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf die Mengen- und Kapazitätsentwicklung in diesem **primären Wettbewerbsmarkt**, in dem die Einzelanlagen um die verfügbaren Mengen konkurrieren.

#### ■ **Ergebnisse der Status quo Prognose**

Die Status quo Prognose kommt unter Berücksichtigung der Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaft zu dem Ergebnis, dass sich das Abfallaufkommen ohne zusätzliche Einflüsse von heute 34,51 Mio. t bis zum Jahr 2040 auf 36,76 Mio. t erhöhen wird. Maßgeblich verantwortlich für diese Entwicklung ist die (vorerst) stabile Bevölkerungsentwicklung, die steigende Anzahl der Haushalte und die langfristig nach wie vor guten Konjunkturaussichten.

#### ■ **Umfassenderes Recycling**

Die Berechnung der Effekte der konsequenten Umsetzung des Verpackungsgesetzes, der Gewerbeabfallverordnung und der getrennten Erfassung von Bioabfällen zeigt, dass auf diese Weise 2040 im Vergleich zur Status quo Prognose 2040 zusätzlich rund 4,57 Mio. t der stofflichen Verwertung zugeführt werden können.

Die Veränderung der Vorschriften zur Berechnung der Recyclingquoten geht einher mit der Erhöhung der Vorgaben zur Verwertung von Siedlungsabfällen. Durch ein intensiveres Recycling entsteht ein Rückgang des Primärabfalls für die energetische Verwertung,

<sup>140</sup> ohne Eigenverbrauch Strom

<sup>141</sup> nur ITAD-Mitglieder

welcher zum Teil durch einen Anstieg der Sortierreste wieder kompensiert wird. Das Delta für die TAB schätzen wir im Jahr 2040 auf rund 1,6 Mio. t.

Das Gesamtaufkommen an thermisch zu behandelnden Abfällen im primären Wettbewerbsmarkt der TAB reduziert sich als Folge dieser Entwicklungen bis zum Jahr 2040 um insgesamt rund 6,28 Mio. t.

#### ■ **Zusätzlichen Mengen aus Struktur-Veränderungen in anderen Teilmärkten**

Auf der Grundlage des so genannten „Kohlekompromisses“ werden in den kommenden Jahren eine Reihe von **Kohlekraftwerken** vorzeitig stillgelegt, die derzeit auch die Genehmigung zur Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen haben. Die auf diese Weise „frei“ werdenden Mengen belaufen sich nach unseren Recherchen im primären Wettbewerbsmarkt der TAB auf etwa 1,9 Mio. t<sup>142</sup>, davon sehen wir einen Anteil von 0,7 Mio. t (= 37 %) künftig zur Verwertung in den TAB und Zementwerken. Für den verbleibende Anteil an Klärschlämmen wird eine Monoverbrennung angenommen.

Die **mechanisch-(biologischen) Vorbehandlungsanlagen** (M(B)A) verändern zunehmend ihr Behandlungsspektrum. Durch die vielerorts getroffenen Entscheidungen, auf den mechanischen Teil der Behandlung zu verzichten, reduziert sich die Kapazität zur Behandlung von Abfällen aus Haushalten und Gewerbe. Die Mengen, die somit künftig zusätzlich für die TAB zur Verfügung stehen werden, schätzen wir – unter Berücksichtigung zusätzlicher Primärmengen und wegfallender Sekundärmengen im Jahr 2040 auf rund 0,8 Mio. t.

Mit der Verordnung zur **Neuordnung der Klärschlammverwertung** wurde 2017 das Ausbringungsverbot auf landwirtschaftliche Nutzflächen für Kläranlagen der Größenklassen 4b und 5 sowie die Phosphorrückgewinnung zur Pflicht. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche Mengen an kommunalen Klärschlämmen thermisch behandelt werden müssen, für die aktuell noch keine ausreichenden Monoverbrennungskapazitäten im Markt verfügbar sind. Die zusätzlichen Mengen für die TAB und Zementwerke schätzen wir bis zum Jahr 2040 auf rund 0,2 Mio. t pro Jahr. <sup>143</sup>

Im Bereich der thermischen Behandlung **von betrieblichen und industriellen Klärschlämmen** wird es zu einer Verlagerung von nicht gefährlichen Klärschlämmen aus den zu schließenden Kohlekraftwerken in die Monoklärschlammverbrennungsanlagen sowie Zementwerke und TAB kommen. Dies wurde bereits im Schließungsszenario der Kohlekraftwerke berücksichtigt.

Durch eine Steigerung der **Verwertung von Altfahrzeugen** von derzeit 20 % auf mindestens 50 % wird das Aufkommen der thermisch zu behandelnden Schredderleichtfraktion in Deutschland um mindestens 0,23 Mio. t/a zunehmen.

Die Mengen an **POP-haltigen Abfällen**, die thermisch verwertet werden müssen, werden in Zukunft aufgrund der neuen Konzentrationsgrenzwerte für die polybromierter

<sup>142</sup> 0,3 Mio. t Ersatzbrennstoffe sowie 0,4 Mio. t<sub>TM</sub> Klärschlämme, letztere umgerechnet auf einen durchschnittlichen Wassergehalt von 25 %

<sup>143</sup> durchschnittlicher Wassergehalt von 25 % angenommen

Diphenylether, einschließlich DecaBDE und HBCD, ebenfalls zunehmen. Wir schätzen die Zunahme dieser Fraktion für die TAB und Zementwerke um 0,3 Mio. t.

Die **Feinfraktion aus der Aufbereitung von Bau und Abbruchabfällen**, die nicht unmittelbar deponiert werden, da die Ablagerungskriterien für die Deponieklassen I und II überschritten werden, wird um schätzungsweise bis zu 0,3 Mio. t für die TAB und Zementwerke zunehmen.

Die letzten Jahre zeigen für die Entwicklung der **Im- und Exporte** an brennbaren Abfällen (AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12, 20 03 01) einen volatilen Verlauf. Im Rahmen der europäischen Arbeitsteilung werden auch zukünftig Abfälle zur thermischen Behandlung importiert werden, wenn auch auf einem niedrigeren Niveau. Auf der anderen Seite ist auch eine Teilrückführung von bisherigen Exporten an thermisch zu behandelnden Abfällen aus Deutschland in Nachbarländer zukünftig nicht auszuschließen. In Summe wird konservativ ein Potenzial für die thermischen Behandlungsanlagen aus Importen und/oder der Reduzierung von Exporten in Höhe von 0,5 Mio. t/a<sup>144</sup> angenommen. Faktisch entspricht dies einem Rückgang der Importe gegenüber 2017 um 0,33 Mio. t.

#### 6.1.4 Bilanzierung der marktseitigen Rahmenbedingungen

Bis zum Jahr 2040 ergibt sich im Vergleich zum Jahr 2017 unter Berücksichtigung der wesentlichen marktseitigen Einflussfaktoren im Saldo ein rückläufiges Abfallaufkommen um 1,07 Mio. t auf rund 33,44 Mio. t. Im Vergleich zum Ergebnis der Status quo Prognose von rund 36,76 Mio. t überwiegen langfristig die Recyclingpotenziale die zusätzlich zu verwertenden Abfallfraktionen um insgesamt 3,32 Mio. t.

Bis zum Jahr 2040 werden sich nicht nur die zu behandelnden **Abfallmengen**, sondern auch die **Kapazitäten** weiter verändern. Für die **TAB** insgesamt wird auf der Grundlage aktueller Projektplanungen ein leichter Zuwachs von rund 0,95 Mio.t/a erwartet. Die Kapazitäten in **Kohlekraftwerken** und **Zementwerken**, die in direkter Konkurrenz (zumindest von Teilmengen) zu den TAB stehen, werden in Summe durch die Stilllegung der Kohlekraftwerke und nur leichten Zuwächsen bei den Zementwerken um etwa 1,4 Mio. t/a abnehmen. Von entscheidender Bedeutung ist jedoch die Entwicklung der Vorbehandlungskapazitäten in den M(B)A: Hier rechnen wir mit einem langfristigen Rückgang der Kapazitäten aufgrund von Stilllegungen und vor allem Umwidmungen um 2,15 Mio. t/a. In Summe werden die genehmigten Kapazitäten für die überwiegend thermische Behandlung der Siedlungsabfälle aus Haushalten, Industrie und Gewerbe im Jahr 2040 mit 34,22 Mio. t um insgesamt rund 2,57 Mio. t/a niedriger liegen als heute. Die **tatsächlich verfügbaren** Kapazitäten werden nach unserer Einschätzung bei rund 32,63 Mio. t liegen, sofern eine konservative Kapazitätsreserve von nur 5 % angenommen wird.

Der **Abgleich** von **Abfallmengen** und **Kapazitäten** für das Jahr 2017 ergibt eine Mehrkapazität von rund 2,27 Mio. t/a bezogen auf die Kapazitäten in Höhe von 36,76 Mio. t/a. Dies entspricht etwa 6,2 % der genehmigten Gesamtkapazität. Bezogen auf die rechnerisch verfügbaren Kapazitäten ergibt sich eine **Vollauslastung** von nahezu 100 %.

<sup>144</sup> zusätzlich zu den Importen für die EVI Emlichheim, die in den Szenarien bereits berücksichtigt wurden.

Im Jahr 2040 werden sich als Saldo sehr unterschiedlicher Entwicklungen die Abfallmengen insgesamt um rund 1,07 Mio. t und die **Kapazitäten** um rund 2,58 Mio. t/a verringern. Die **Differenz** zwischen genehmigter Kapazität und verfügbaren Abfallmengen reduziert sich auf **0,77 Mio. t**. Die **tatsächlich verfügbare Kapazität** (unter Berücksichtigung von notwendigen Kapazitätsreserven) wird im Jahr 2040 bei etwa 32,63 Mio. t liegen. Im Vergleich zu den Abfallmengen von 33,44 Mio. t ergibt sich rechnerisch ein **Kapazitätsbedarf** von rund **0,81 Mio. t**.

Die **Zusammensetzung** der thermisch verwerteten Abfälle hat sich ebenso, wie der daraus resultierende Heizwert in den letzten Jahren **kontinuierlich** verändert. TAB mit einem niedrigen Auslegungsheizwert haben derzeit in der i. d. R. einen zu hohen realen Abfallheizwert, liegen somit im Überlastbereich, woraus ein niedrigerer Durchsatz resultiert. Im Gegensatz dazu können Anlagen mit einem überdurchschnittlichen Auslegungsheizwert i. d. R. höherkalorische Abfälle verarbeiten als derzeit angeliefert werden. Im Durchschnitt arbeiten derzeit alle Anlagen im Volllastbereich. **Gravierendere Veränderungen** der Abfallzusammensetzung, wie ein höherer Kunststoffanteil, können die Durchsätze in Tonnage jedoch **signifikant reduzieren**.

Darüber hinaus ist derzeit festzustellen, dass im Rahmen laufender **Modernisierungsdiskussionen** aus verschiedenen Gründen zum Teil auch über eine **stärkere Anpassung** der modernisierten Kapazitäten an das Aufkommen an überlassungspflichtigen Abfällen nachgedacht wird. Die Summe der daraus potenziell langfristig möglichen Reduzierung an Behandlungskapazitäten kann momentan noch nicht quantifiziert werden, es muss aber davon ausgegangen werden, dass sie den Umfang der **verfügbaren Kapazitäten** im Jahr 2040 **weiter reduzieren** werden.

Abschließend kann als **Ergebnis der Bilanzierung** der marktseitigen Rahmenbedingungen festgehalten werden, dass die im Jahr 2040 zur Verfügung stehenden Kapazitäten an TAB aller Voraussicht nach unter der benötigten Größenordnung liegt, sofern das Delta zwischenzeitlich nicht durch neue Projekte ausgeglichen wird.

#### 6.1.5 Aktuelle Entwicklungen für die Erweiterung des künftigen Aufgabenspektrums der TAB

In den nächsten Jahren werden sich nicht nur die **marktseitigen Rahmenbedingen** der TAB verbessern, es wird auch zwangsläufig zu einer **Aufwertung** der Funktionen der TAB innerhalb der **Kreislaufwirtschaft** und den **städtischen Infrastrukturen** kommen:

- Feststellbar ist ein zunehmender Einfluss des **Chemikalienrechtes** auf das Abfallrecht. Die Einordnung von schadstoffbelastetem (HBCD) Styropor als gefährlicher Abfall im Jahr 2018 hat gezeigt, wie notwendig TAB-Kapazitäten für die Abfederung kurzfristiger Marktverwerfungen sind. Über weitere Einstufungen von Abfällen als gefährliche Abfälle wird nachgedacht, dies wird nicht nur zur Erhöhung der thermisch zu verwertenden Mengen führen, sondern wird die TAB Kapazitäten für die Entsorgungssicherheit von nicht überlassungspflichtigen Abfällen auch immer wichtiger machen.
- Die Kapazitäten der **Sonderabfallverbrennungsanlagen** (SAV) werden künftig in Deutschland eher auf dem derzeitigen Niveau verbleiben. Bei einer Zunahme der gefährlichen Abfälle werden die „weniger gefährlichen“ Abfälle zwangsläufig in Richtung der TAB und Zementwerke verlagert. Daher sind die TAB im marktseitigen Zusammenspiel mit den SAV

auch von Bedeutung für die Sicherstellung der gewerblichen und industriellen Entsorgung von gefährlichen Abfällen.

- Die TAB werden zunehmend wichtig für **kommunale Sonderentsorgungsmaßnahmen**: Zum Zeitpunkt der Corona-Krise dürfen Abfälle aus Haushalten, die eventuell mit dem Virus kontaminiert sein könnten, nicht mehr über die Sammelsysteme für die getrennte Erfassung von Wertstoffen (z. B. Papiertonne, Biotonne, gelber Sack) entsorgt werden. Bundesländer wie Hessen haben in diesem Zusammenhang verfügt, dass im Verdachtsfall der Restmüll in jedem Fall der Verbrennung zuzuführen ist. Die Hygienisierung erfolgt ebenso für die Abfälle aus dem Gesundheitswesen. Auch hier sind die TAB der einzige Entsorgungsweg, der Sicherheit bietet und die notwendigen Kapazitäten vorhält.

Sonderentsorgungsmaßnahmen entstehen aber auch in anderen Bereichen kommunaler Zuständigkeiten: Der Eichenprozessionsspinner ist ein Nachtfalter, der sich aufgrund der Klimaveränderungen immer stärker in Deutschland ausbreitet. Die Brennhaare der Raupen sind für Mensch und Tier gefährlich und lösen allergische Reaktionen aus. Bereits bei geringem Befall müssen die Raupen abgesaugt und in geschlossenen Behältern entsorgt werden (mechanische Bekämpfung). Dieses Verfahren ist aufwändig und nur durch geschultes Personal durchzuführen. Dieses Material darf nicht über die Biotonne oder Hausmüll entsorgt werden, es bleibt also nur die gesonderte Entsorgung in den TAB.<sup>145</sup>

- Die **Erzeugung** von Strom, Fernwärme und Prozessdampf durch TAB wird umso bedeutender, je mehr die innerstädtischen Kraftwerke stillgelegt werden. Wie das Beispiel Wuppertal<sup>146</sup> zeigt, verfügen die Kommunen mit einer TAB über **verschiedene Optionen**, die örtliche Energieversorgung zu optimieren, Treibhausgase einzusparen und nicht zuletzt auch die Verkehrswende (H<sub>2</sub> Produktion für Busse) zu unterstützen. Damit verbunden ist auch eine zunehmend größere Bedeutung der TAB für die Erbringung von **Energiedienstleistungen**, die bei einem Rückgang der Kohleverstromung einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität gewährleisten können.
- Eine große Menge an **wertvollen Metallen** wird nicht getrennt erfasst, sondern wird von den Bürgern über den Rest- und Sperrmüll in den TAB entsorgt. Im Rahmen der Aufbereitung der entstehenden Schlacken sind heute die Möglichkeiten vorhanden, mit innovativen Technologien Metalle auch in kleinsten Mengen<sup>147</sup> zurückzugewinnen zu können. Momentan beläuft sich die Menge an recycelten Metallen aus der Schlacke von TAB auf rund 0,5 Mio. t pro Jahr<sup>148</sup> mit steigender Tendenz.
- Im Hinblick auf den aktuellen „**Green Deal**“ der EU wird es voraussichtlich neue Initiativen zur **frühzeitigeren Schließung von Deponien** in Europa geben (müssen), da die Reduktion von THG-Emissionen in der Abfallwirtschaft **deutlich günstiger** zu finanzieren ist als in anderen Wirtschaftsbranchen (geringe CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten). In der Übergangszeit bis zum Aufbau von geordneten stofflichen und thermischen Verwertungsstrukturen

<sup>145</sup> vgl. dazu: MULNV 2020 S. 24.

<sup>146</sup> Hier ersetzt jetzt die TAB die Prozessdampfversorgung der örtlichen Wirtschaft nach der Stilllegung des Kraftwerkes Elberfeld (CO<sub>2</sub>-Einsparung: 400 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq). Aus dem erzeugten Strom der TAB wird Wasserstoff für den ÖPNV erzeugt.

<sup>147</sup> in der Größe der Kugel einer Kugelschreibermine

<sup>148</sup> Laut ITAD 2018 wurden im Jahr 2017 480.000 Tonnen reine Metalle wie Eisen, Aluminium, Kupfer und andere recycelt.

insbesondere in Ost- und Südeuropa werden im Rahmen der Europäischen Arbeitsteilung auch deutsche TAB einen wichtigen Beitrag leisten müssen.

- Der **wirtschaftliche Betrieb** der TAB wird über genannte marktseitige Einflussfaktoren hinaus noch durch andere Faktoren beeinflusst, die aus den Rahmenbedingungen für den Betrieb der Anlagen resultieren: Das Ziel der Vollauslastung der TAB kann durch ein vorausschauendes Stoffstrommanagement, unter Berücksichtigung des „richtigen“ Abfalls (evtl. über Vorsortierungsanlagen) mit einem optimalen Heizwert und ohne Störstoffe sowie mit einer Anlieferung zur „richtigen“ Zeit, flankiert durch ein effektives Bunkermanagement und einer angepassten Instandhaltungsstrategie maßgeblich unterstützt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die TAB in den letzten Jahren über die **klassischen Entsorgungsfunktionen** hinaus auch eine Art **Sonderfunktion** für die Abfederung geplanter und auch ungeplanter Entwicklungen im Abfallrecht, in der Energie- und Verkehrspolitik, im Klimaschutz, in der sowie in der Stadtentwicklung übernommen haben.

#### 6.1.6 Veränderungen im urbanen Umfeld der TAB

Wichtige Funktionen der TAB werden sich künftig auch aus den **absehbaren Entwicklungen** der **Städte** und der zugehörigen **Agglomerationsräume** ergeben.

- In der **Stadt der Zukunft** wird es künftig **enger** werden, da der Zuzug in die Städte aller Voraussicht nach anhalten wird. Gegenläufige Wanderungsbewegungen, die in der Vergangenheit immer wieder zu beobachten waren, dürften auf Grund des zunehmenden Infrastrukturgefälles zwischen Stadt und Land künftig deutlich geringer ausfallen. Die Verdichtung wird also zunehmen, die Transportentfernungen werden geringer. Flächen, die innerstädtisch von der Abfallwirtschaft genutzt werden, werden von einer verstärkten Konkurrenz mit anderen Flächennutzungen, wie beispielsweise dem Wohnungsbau, betroffen sein.
- Damit die **Stadt der Zukunft weitgehend emissionsfrei** sein kann, werden die TAB einen wichtigen Beitrag in Form von Fernwärme, Prozessdampf und Wasserstoff leisten müssen. Die parallele Entwicklung der Stromerzeugung aus regenerativen Energien wird es ferner notwendig machen, dass künftig auch die TAB ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen weiter senken werden. Die derzeit laufenden Pilotprojekte zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung werden in den kommenden Jahren das technische Know-how für diese umfassende Maßnahmen liefern.
- Die **Stadt der Zukunft** wird auch weitgehend **auto- und staufrei** sein, Teile der Abfalllogistik werden unterirdisch organisiert werden, die zentral gelegenen Standorte der meisten TAB weisen für solche Konzepte<sup>149</sup> Vorteile auf, sofern sie bis dahin nicht verlagert worden sind.
- Die **Stadt der Zukunft** wird **ressourcenorientiert** sein: Die Funktion als **Schadstoffsenke** im Rahmen des Abfallrecyclings nimmt zu, gleichzeitig werden die TAB aber auch zur ortsnahen **Rohstoffquelle**. Die Standorte der TAB entwickeln sich kontinuierlich weiter: nach der Vorsortierung gemischt gesammelter Fraktionen und der Trennung spezifischer

<sup>149</sup> viele Konzepte für Neubausiedlungen beinhalten mittlerweile unterirdische Entsorgungslösungen

Abfallströme werden stofflich verwertbare Abfälle dem Recycling oder der biologischen Abfallbehandlung zugeführt. Nicht verwertende Restabfälle werden energetisch verwertet, Metalle und mineralische Ersatzbaustoffe werden im Nachgang verwertet. Hochkalorische und saubere Kunststofffraktionen können dem Chemischen Recycling zugeführt werden. Die TAB werden so zum **Zentrum** der stofflichen und energetischen Abfallverwertung und verfügen dabei über kurze Wege, um Synergien zwischen dem Recycling, der energetischen Verwertung und der Energieproduktion herstellen und realisieren zu können.

Das **städtische Umfeld der TAB** wird sich in den nächsten Jahren weiter verändern und daraus werden auch **neue Aufgaben** für die TAB resultieren. Das **Leitbild** vieler Städte, emissionsfrei, weitgehend autofrei und auf dem Weg zu Circular Economy zu sein, führt auch für die Eigner und Betreiber von TAB zu **neuen Herausforderungen**. Es wird notwendig sein, die TAB nicht nur im Hinblick auf die Erfordernisse der Abfallentsorgung, sondern auch inklusive der Standorte gemeinsam mit den **Zielen der Stadtentwicklung** zu entwickeln.

Die TAB werden weiterhin die **Entsorgungssicherheit** für Haushalte, Gewerbe und Industrie sicherstellen müssen, ein sehr wichtiger Aspekt, der durch die **Gewöhnung** an die permanent verfügbaren Kapazitäten ein wenig aus den Augen verloren worden ist. Untersuchungen zu kritischen Infrastrukturen zeigen, dass Städte ohne funktionierende Stromversorgung, Wasserversorgung und Abfallentsorgung in nur wenigen Tagen kollabieren. Lokale Entscheidungen haben vor diesem Hintergrund auch großen Einfluss für die Ver- und Entsorgungssicherheit der Regionen.

- Die TAB haben auch im Rahmen der weiter zunehmenden Anstrengungen zum **Recycling** verwertbarer Abfälle wichtige, aber **veränderte Funktionen** für künftige Entwicklungen in unterschiedlichen Bereichen der Infrastruktur und der Stadtentwicklung.
- Ein **Ausbau** von TAB-Kapazitäten scheint nach dieser und anderen vorliegenden Studien aktuell **keine Option** zu sein. Der **Erhalt** und die **Modernisierung** der vorhandenen Kapazitäten erscheinen aus ganz unterschiedlichen Perspektiven notwendig. Wo perspektivisch **ohne** TAB-Kapazitäten geplant wird, gibt es weniger **Handlungsoptionen** im Hinblick auf die Optimierung
  - der regionalen Kreislaufwirtschaft,
  - der örtlichen Energieversorgung und -sicherheit,
  - der Recyclingwirtschaft und der ortsnahe Ressourcenversorgung sowie
  - einer zukunftsfähigen Infrastrukturentwicklung.

Die **umfassende Analyse** der verschiedenen Funktionen der TAB hat gezeigt, dass die TAB über die Gewährleistung der Entsorgungssicherheit hinaus als **multi-funktionale Infrastruktureinrichtung** der Städte und Gemeinden noch weitere wichtige Funktionen haben, die auf der einen Seite weitere und neue Anforderungen an den **Betrieb und die Entwicklung** der TAB stellen werden, auf der anderen Seite aber auf örtlicher Ebene auch die **Diskussionsbasis** über die Modernisierung der vorhandenen Kapazitäten verbreitern sollte.

## 6.2 Wirtschaftlichkeit und Perspektiven der TAB

### 6.2.1 Ausgangssituation

Die erstmalig durchgeführte **systematische Analyse des gesamten Marktumfeldes** der TAB zeigt in den einzelnen **Marktsegmenten** unterschiedliche Entwicklungen auf. Im klassischen Bereich der thermischen Verwertung von Abfällen aus Haushalten und Gewerbe wird der Mengenzuwachs durch die demografische und wirtschaftliche Entwicklung von 2,25 Mio. t durch ein intensiveres Recycling (VerpackG, GewAbfV, Bioabfallverfassung, Umstellung der Berechnungsmethodik für die Recyclingquote für Siedlungsabfälle etc.) dieser Fraktionen im Umfang von 6,28 Mio. t mehr als kompensiert. Die frei werdenden Kapazitäten werden kurz-, mittel- und langfristig aller Voraussicht nach benötigt, um Fraktionen thermisch zu verwerten, deren Umfang deutlich zunehmen wird, für die es aber keine Entsorgungsalternativen mehr gibt oder die durch veränderte gesetzliche Regelungen erstmals thermisch zu verwerten sind.

Insofern bedeutet ein intensiveres Recycling von Haushalts- und Gewerbeabfällen zwangsläufig auch mehr Entsorgungssicherheit für Abfallfraktionen, für die künftig nur noch die energetische Verwertung in Frage kommen wird. Aus Sicht des gesamten Marktes für die energetische Verwertung sind Anstrengungen für ein umfassenderes Recycling sinnvoll und notwendig, um für die nächsten Jahre Entsorgungsengpässen in anderen Teilmärkten soweit als möglich vorzubeugen.

Um die Entsorgungssicherheit durch die TAB und ihre Beiträge zur Energieerzeugung auch weiterhin gewährleisten zu können, ist eine kontinuierliche Instandhaltung und Modernisierung der TAB notwendig. Derzeit gibt es bundesweit und auch örtlich Diskussionen über die Zukunft der thermischen Verwertung und die Frage, welche Kapazitäten vor dem Hintergrund veränderter Marktbedingungen künftig noch notwendig sein werden. Ein Zubau an Kapazitäten ist als Ergebnis dieser Diskussionen bundesweit sicher nicht zu erwarten, somit stellt sich vor dem Hintergrund des ermittelten Bedarfes an thermischen Verwertungskapazitäten die Frage, wie die vorhandenen Kapazitäten auf Dauer so erhalten werden können, dass ein umweltgerechter und wirtschaftlicher Betrieb der Linien weiterhin möglich ist. Allerdings sind regionale Verschiebungen aufgrund von Bevölkerungswanderung und somit auch der Unternehmen denkbar (Abbau der Kapazität in strukturschwachen Regionen, Zubau/Erweiterung in prosperierenden Regionen).

### 6.2.2 Modernisierungsbedarf bis zum Jahr 2040

Unter normalen Voraussetzungen ist eine TAB-Linie nach 35 Jahren einer umfassenden Modernisierung zu unterziehen.

Die Analyse des Alters der einzelnen Linien der TAB in Deutschland kommt zu dem Ergebnis, dass die Linien der MVA aktuell ein durchschnittliches Alter von 23 Jahren, die der EBS-Kraftwerke von 11 Jahren aufweisen. Bezogen auf den Modernisierungsschnitt von 35 Jahren ergibt sich bis zum Jahr 2040 der in Tabelle 15 dargestellte Modernisierungsbedarf.

**Tabelle 15: Modernisierungsbedarf in Mio. t Kapazität**

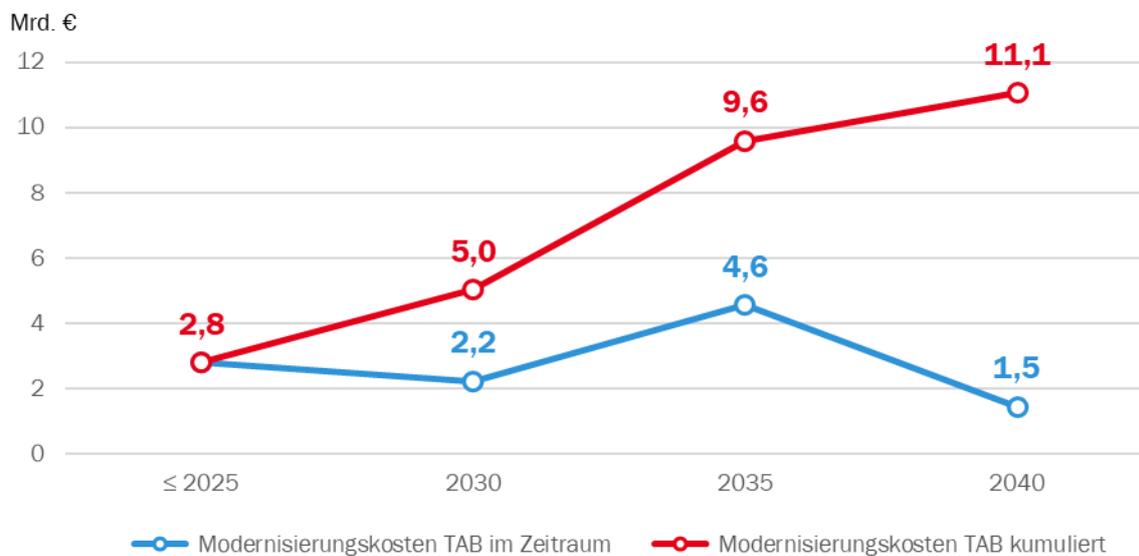
	≤ 2025	2030	2035	2040
	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t
MVA	3,8	3,0	6,1	1,6
EBS	0,0	0,0	0,0	0,4
<b>Summe TAB</b>	<b>3,8</b>	<b>3,0</b>	<b>6,1</b>	<b>2,0</b>

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Entscheidend für die Frage, wie wir in den nächsten Jahren mit den vorhandenen Kapazitäten an TAB umgehen, sind nicht zuletzt die Kosten für den Erhalt der Infrastrukturen. Auf der Grundlage von differenzierten Informationen über die jeweiligen Kosten nach Liniengrößen<sup>150</sup> ergibt sich eine durchschnittliche Größenordnung von aktuell rund 75 Mio. €<sup>151</sup> bezogen auf eine durchschnittliche Kapazität von 100 Tsd. t/a. Aus diesen Durchschnittswerten resultiert bis zum Jahr 2040 ein kumulierter Investitionsbedarf von rund 11 Mrd. €<sup>152</sup>.

**Abbildung 31: Modernisierungskosten für die TAB bis zum Jahr 2040 in Mrd. €(Mittelwert)**



Quellen: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

<sup>150</sup> Grundlage sind aktuelle und konkrete Angebote für die Modernisierung von TAB unterschiedlicher Größenklassen

<sup>151</sup> Berechnet aus den Anteilen der unterschiedlichen Größenklassen der TAB, die einem Modernisierungsbedarf unterliegen

<sup>152</sup> Prognose real, Basis = 2019

Die TAB gewährleisten die **Entsorgungssicherheit** nicht nur für die direkt angeschlossene Bevölkerung<sup>153</sup>, sondern auch für die **regionsübergreifende Verwertung** von kommunalen Infrastrukturabfällen sowie von Gewerbe- und Industrieabfällen und sind damit im Hinblick auf ihre Bedeutung nicht nur standortbezogen, sondern in ihrer flächendeckenden Funktion zu bewerten. Bezieht man die kumulierten Modernisierungskosten von rund 11 Mrd. € auf die gesamte Bevölkerung Deutschlands von rund 82 Mio., so ergeben sich hochgerechnet Modernisierungskosten bzw. Kosten für den Erhalt der Infrastruktur von rund **135 € pro Einwohner** für den Zeitraum von 20 Jahren bis zum Jahr 2040. Diese Kosten werden perspektivisch nicht allein durch öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger und ihre Gebühren, sondern über die Annahmepreise und -mengen anteilig auch durch das Gewerbe und die Industrie getragen werden. Die Modernisierung der EBS-Kraftwerke wird dabei ohnehin über private Unternehmen finanziert und ist für den Gebührenhaushalt daher nicht relevant.

### 6.2.3 Gründe für die kontinuierliche Modernisierung der TAB

Die Akzeptanz für die Notwendigkeit der TAB und die Bereitschaft der kommunalen und privaten Betreiber, entsprechende Investitionen auszulösen, wird über die Gewährleistung der **Entsorgungssicherheit** hinaus noch von einer Reihe von **weiteren Faktoren** abhängen, die u. a. auch die Zukunftsfähigkeit der Standorte und der TAB betreffen:

- Die Bilanzierung der künftigen Mengenströme und Kapazitäten zeigt, dass für die TAB trotz eines umfassenden Recyclings auch im Jahr 2040 noch eine **Vollauslastung** gegeben ist. Für die Betreiber wird es - wie bisher auch - notwendig sein, sich auf der **Zeitachse** kontinuierlich auf neue Abfallmengen, veränderte Inhaltsstoffe und Heizwerte einzustellen.
- Die **Standorte** der TAB können sich zu **Recyclingzentren** weiterentwickeln, die für die Abfalllogistik kurze Wege garantieren sowie auf dem Standort selbst unterschiedliche Verwertungswege vorhalten und Synergien zwischen den Anlagen ermöglichen. So wird gegenüber der Öffentlichkeit und der Politik deutlich, dass nur nicht weiter stofflich verwertbare Abfälle aus Haushalten und Gewerbe künftig in den TAB thermisch verwertet werden.
- Im Hinblick auf die aktuellen Diskussionen über emissionsfreie Antriebe werden sich die TAB-Standorte auf Dauer auch zu **Lade-Standorten** für emissionsfreie Kraftstoffe entwickeln. Aus dem in den TAB erzeugten Strom, welcher auf Dauer gegenüber regenerativ erzeugtem Strom nicht mehr marktfähig sein wird, lässt sich eine elektrische Ladeinfrastruktur aufbauen und gegebenenfalls auch Wasserstoff erzeugen, mit dem wiederum PKW, Busse und Müllfahrzeuge betrieben werden können. Motto: Ihr Abfall – Ihr Treibstoff
- Die TAB werden dort, wo sie Bestandteil der städtischen Infrastrukturen sind, unverzichtbarer Bestandteil der örtlichen **Energieversorgung** beim klimabedingten Ausstieg aus der Kohleverbrennung sein, in dem sie schrittweise die Aufgaben der Kohlekraftwerke in der Erzeugung von Strom-, Fernwärme und Prozessdampf übernehmen. Darüber hinaus übernehmen die TAB auch wichtige Aufgaben im Bereich der Systemdienstleistungen zur Gewährleistung der Netzstabilität.

<sup>153</sup> ca. 75 % der Bevölkerung in Deutschland

- Die **Öffentlichkeitsarbeit** der Betreiber von TAB sollte offensiver und differenzierter werden. Die Bedeutung der TAB für die Entsorgung der Bevölkerung, der örtlichen Wirtschaft und von als problematisch eingestuften Abfallfraktionen auf der einen und der Energieerzeugung auf der anderen Seite muss offensiver kommuniziert werden. Ferner gilt es herauszuheben, dass es überwiegend der örtlich anfallende Abfall ist, der thermisch verwertet wird und aus dem ein Großteil der enthaltenen Metalle recycelt wird. Sinnvoll wäre eine gemeinsame **Öffentlichkeitsarbeit** der Branche, welche auf die **Multifunktionalität der TAB** sowohl für die Entsorgung als auch die Versorgung der Bevölkerung abzielt und dabei auch das wichtige Thema Metallrecycling herausarbeitet.
- Bei den anstehenden Modernisierungen der Anlagen ist auch darauf zu achten, dass sich die zunehmende **Integration** in die städtischen **Infrastrukturen** auch in einer besseren (visuellen) **Integration** in das **Stadt- bzw. Landschaftsbild** widerspiegelt.
- Durch die verschiedenen Beiträge der TAB zur **Umweltentlastung** und zur **regionalwirtschaftlichen Entwicklung** sowie durch ihre Funktion als **Arbeitgeber** mit sozialer Verantwortung werden die Unternehmen auch in den nächsten Jahrzehnten zur **nachhaltigen Entwicklung** der Kreislaufwirtschaft und der entsorgten Regionen beitragen.

Die TAB haben ihre **Funktion** innerhalb der Daseinsvorsorge in den letzten 125 Jahren kontinuierlich verändert, ihre Daseinsberechtigung dabei aber nicht verloren. Im Gegenteil: Die TAB werden auf Grund ihrer **Flexibilität** auch in den nächsten 20 Jahren dafür sorgen, dass die unterschiedlichen Anforderungen der Abfallentsorgung, der Energieversorgung und des Klimaschutzes erfüllt werden können. Investitionen in TAB bedeuten vor diesem Hintergrund nicht nur Investitionen in die klassische Abfallentsorgung, sondern auch in eine **multi-funktionale Infrastruktureinrichtung**, welche kontinuierlich Lösungen für verschiedene bereits bekannte und auch neue Probleme der Ver- und Entsorgung bietet, so wie beispielsweise die Hygienisierung von Hausmüll.

Das gemeinsame **Leitbild** für die anstehenden Modernisierungen im Anlagenpark sollte sich aus der Diskussion ergeben, welche Funktion die TAB künftig im Rahmen der **Circular Economy** einnehmen werden. Eine funktionierende Circular Economy würde auf der einen Seite zu einer weiteren Veränderung der Mengenströme in Richtung weniger, dafür aber recyclingfähigerer Produkte und damit weniger Restabfällen aus Haushalten, Industrie und Gewerbe führen. Dieser Entwicklung sollten die TAB, wo möglich, durch differenzierte Verwertungsangebote bzw. -anlagen auf den Standorten Rechnung tragen. Auf der anderen Seite wird bei zunehmender **Fokussierung** der Politik und Wirtschaft auf die Circular Economy als neuem Leitbild der Wirtschaftspolitik auch die Notwendigkeit einer vorhandenen und hochwertigen **Schadstoffsenke** deutlich: Ohne TAB wird keine vollständige Circular Economy möglich sein.

Für die Herbeiführung von positiven **Investitionsentscheidungen** in den nächsten Jahren wird es wichtig sein, die vielfältigen Funktionen der TAB für die Öffentlichkeit und die Entscheidungsträger nachvollziehbar aufzubereiten. Die Verantwortung für die Modernisierung und damit auch die Erhaltung der vorhandenen TAB-Kapazitäten liegt nicht nur im Bereich der Abfallentsorgung, sondern im Hinblick auf die Zukunftsfähigkeit der Infrastrukturen auch im Gesamtinteresse der Kommunen und der Wirtschaft.

Die kontinuierliche Beobachtung der Entwicklungen in der Kreislaufwirtschaft der letzten Jahre zeigt deutlich auf, welche Konsequenzen eine nicht eindeutig geregelte **Verantwortung** für die

ausreichende **Sicherstellung von Kapazitäten** und eine mangelnde Sensibilität für die **Auswirkungen von abfallrechtlichen Entscheidungen** auf Bevölkerung und Wirtschaft haben können. Die mittlerweile eingetretene Situation regional nicht ausreichender Deponiekapazitäten, insbesondere der Klassen I und III, führen zu deutlich längeren Anfahrtswegen und zu deutlich höheren Kosten bei öffentlichen und privaten Baumaßnahmen. Engpässe bei der Entsorgung gefährlicher Abfälle und mineralischer Massenabfälle sind ebenfalls absehbar, sofern keine neuen Kapazitäten genehmigt und realisiert werden.

Vor diesem Hintergrund ist der **Erhalt der thermischen Verwertungskapazitäten** auch als ein regional bedeutsamer **Wirtschafts- und Standortfaktor** zu sehen. Kommunale und private Entscheidungsträger sollten bei den anstehenden Diskussionen zur Zukunft der TAB das gesamte Spektrum der Funktionen im Auge haben, wozu insbesondere die Entsorgungssicherheit für Haushalte und Gewerbe, die Strom- und Wärmeerzeugung, die Systemdienstleistungen, die Funktion als Schadstoffsenke sowie die künftige Rolle innerhalb der Circular Economy gehören.

---

## Weitergehende Erläuterungen zu den wesentlichen Grundlagen und Ergebnissen der Untersuchung

---

Die Einschätzung der Bedeutung der TAB für die künftige Entsorgungssicherheit beruht auf dem Abgleich der Entwicklung der Abfallmengen mit den Anlagenkapazitäten und erfordert ein methodisch differenziertes Vorgehen. Dies hat sehr vielfältige Gründe, wie beispielsweise

- unterschiedliche Begrifflichkeiten,
- fehlende bzw. unvollständige statistische Erhebungen,
- unterschiedliche Bezugsjahre wichtiger Rahmendaten
- Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Einflussfaktoren oder
- Schwierigkeiten bei der eindeutigen Zuordnung von Abfallarten und -mengen zu den wichtigsten Abfallbehandlungsverfahren (z. B. mechanische, thermische und biologische Behandlung)

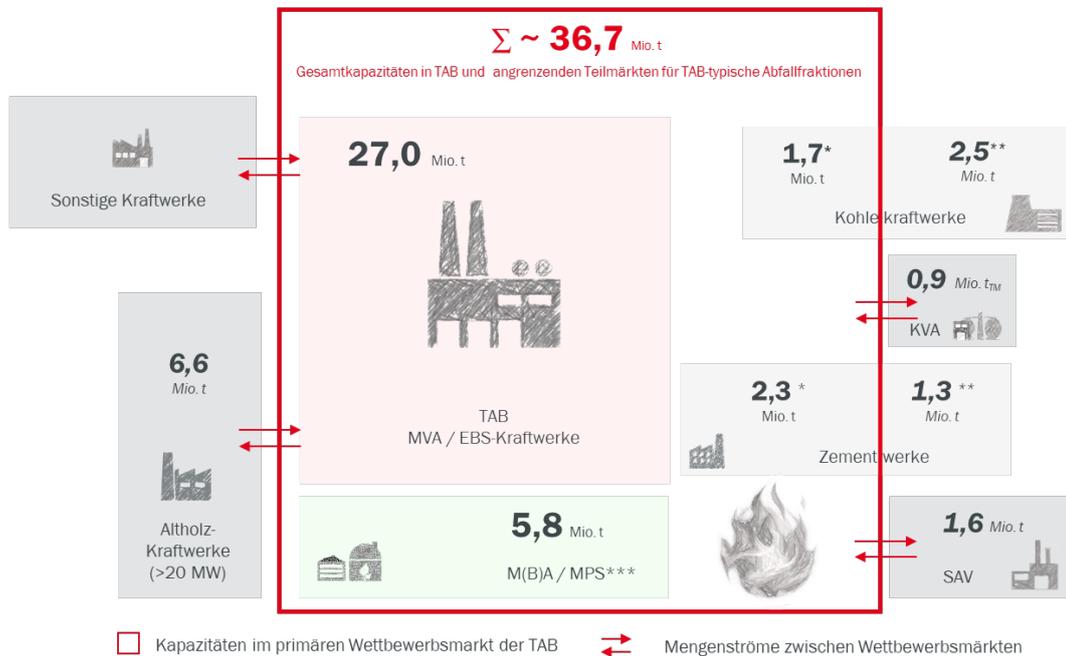
Daher werden die wesentlichen Grundlagen dieser Studie im Folgenden noch einmal komprimiert und detailliert hergeleitet, um eine möglichst hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Kernaussagen der Studie zu gewährleisten.

### ❖ Untersuchte **Anlagenarten**

Für die Einschätzung der zukünftigen Situation der TAB im Jahr 2040 ist zunächst die Wettbewerbssituation zu **angrenzenden Teilmärkten** zu analysieren. Hierbei spielt die direkte **primäre Wettbewerbssituation**, die in relevantem Umfang auf die **gleichen Stoffströme** zugreifen wie die TAB, eine wichtige Rolle. Im Falle der TAB sind **anteilig** insbesondere die **Kohlekraftwerke** sowie **Zementwerke** entsprechende Markbegleiter, die eine bestimmte Schnittmenge bei den Stoffströmen (im Wesentlichen bei hochkalorischen Sekundärbrennstoffen) aufweisen

Eine weitere, zusätzliche spezifische Wettbewerbssituation seitens der TAB (hier insbesondere der MVA) ergibt sich zu den **mechanisch-(biologisch/physikalischen) Behandlungsanlagen** (M(B)A) in Bezug auf **Siedlungs- und Gewerbeabfälle**, wobei brennbare Abfälle (Sortierreste, Ersatz- und Sekundärbrennstoffe) nach der Vorbehandlung wieder für die thermische Abfallbehandlung zur Verfügung stehen. Die in M(B)A behandelten Mengen werden im Rahmen der Wettbewerbsbetrachtung auch den potenziell thermisch zu behandelnden Abfällen zugerechnet.

Abbildung 32: Übersicht über die Wettbewerbssituation und die Teilmärkte der TAB



Hinweis: Abweichungen in der Darstellung der Mengen aufgrund von Rundungsdifferenzen möglich

- \* Berücksichtigung anteiliger Kapazitäten für vergleichbare Abfallfraktionen, die typischerweise in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelt werden.
- \*\* Kapazitäten für sonstige Abfallarten. Für gefährliche Abfälle und Klärschlämme ist nur der in TAB behandelte Anteil berücksichtigt
- \*\*\* Berücksichtigung der Kapazitäten von mechanisch-biologischen, mechanisch-physikalischen sowie mechanischen Aufbereitungsanlagen, die aktuell noch Verträge für kommunale Restabfallmengen haben

Quellen: Prognos AG 2020, Destatis 2019a

© Prognos 2020

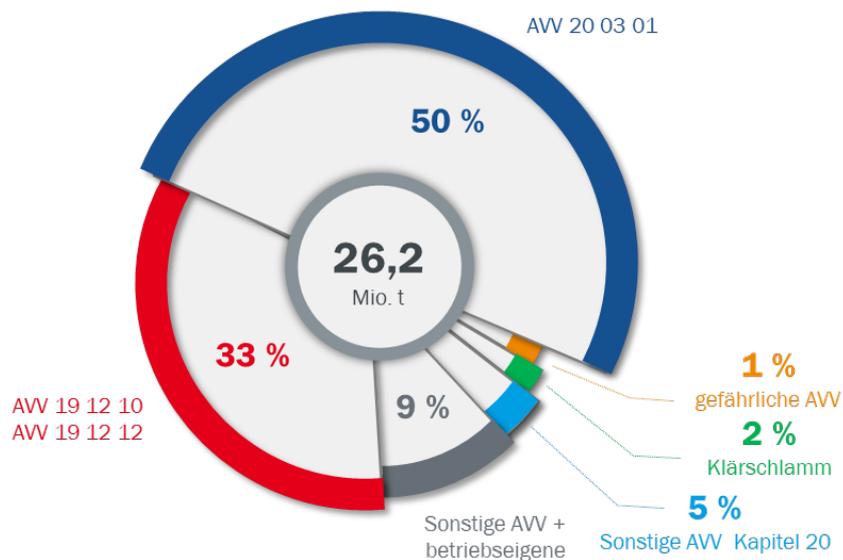
Zu den **weiteren thermischen Anlagen**, wie beispielsweise den Klärschlammverbrennungsanlagen (KVA), den Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV), den Altholzkraftwerken sowie den sonstigen Kraftwerken (meist Industriekraftwerke) gibt es im Hinblick auf die behandelten Stoffströme nur untergeordnete Schnittmengen. Auch wenn für einzelne Abfallarten regional Konkurrenzsituationen auftreten können, wurde diese Anlagen dennoch nicht dem primären Wettbewerbsmarkt zugerechnet, da eine grundsätzlich unzureichende Datenlage für den Abfallinput bei Altholzkraftwerken und Industriekraftwerken besteht und auch weiterhin davon ausgegangen werden kann, dass sich die Märkte weitgehend getrennt entwickeln.

❖ **Untersuchte Abfallarten** für die Thermischen Abfallbehandlungsanlagen

Im **primären Wettbewerbsmarkt** der TAB wurden im Jahr 2017 insgesamt 34,51 Mio. t an Abfällen behandelt. Der Anteil der in MVA und EBS-Kraftwerken thermisch behandelten Abfällen aus **Haushalten, Industrie** und **Gewerbe** betrug insgesamt rund **26,17 Mio. t**. Davon entfielen

- 50 % (13,1 Mio. t) auf den „klassischen“ **Hausmüll** (AVV-Nr. 20 03 01),
- 33 % (8,7 Mio. t) auf die **Sekundärabfälle** mit den AVV-Nr. 19 12 10 (Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen) und 19 12 12 (sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen),
- 9 % (2,4 Mio. t) auf eine Vielzahl **sonstiger AVV-Nr.**, die z. T. nur in geringen Mengen angenommen wurden,
- 5 % (1,2 Mio. t) auf sonstige AVV-Nr. des Kapitels 20 **Siedlungsabfälle** (z. B. Sperrmüll zur Beseitigung) und die verbleibenden
- 3 % (0,8 Mio. t) auf **Klärschlämme** und **gefährliche Abfälle**.

Abbildung 33: **Zusammensetzung der in MVA und EBS-Kraftwerken 2017 behandelten Abfälle\***



\* inkl. betriebseigene Abfälle

❖ **Ergebnis der Status quo Prognose: 36,76 Mio. t** Abfall im Jahr 2040

Die Aufgabe der Status quo Prognose besteht darin, eine bestehende Ausgangssituation (hier die Abfallmengen und die Kapazitäten im primären Wettbewerbsmarkt der TAB) unter „Status quo“ Bedingungen fortzuschreiben. Diese Fortschreibung beinhaltet die Analyse der Auswirkungen der wesentlichen Einflussfaktoren auf das Abfallaufkommen, wie beispielsweise die demografische Entwicklung (Anzahl, Alter, Haushaltsgröße), die wirtschaftliche Entwicklung und die Entwicklung des verfügbaren Einkommens als Indikator für den Konsum. Damit erhält man ein Ergebnis, welches aufzeigt, was passiert, wenn „nichts“ passiert, also ein Ergebnis ohne Einfluss von abfallrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Maßnahmen. Letztere werden häufig nachfolgend auf der Grundlage von Status quo Prognosen initiiert bzw. beschlossen, wenn deutlich wird, dass der resultierende Trend in eine nicht gewünschte Richtung geht. Status quo Prognosen haben daher nicht in erster Linie den Anspruch „einzutreffen“, sondern einen Handlungsbedarf transparent zu machen bzw. auszulösen.

**Tabelle 16: Ergebnis der Status quo Prognose 2040**

	2017	2040
	Mio. t	Mio. t
<b>Abfallverfügbarkeit</b>		
<b>thermisch zu behandelnde Abfälle, darunter</b>		
L Restabfälle aus Haushalten	14,19	14,44
L Typisch thermisch zu behandelnde Abfälle	16,52	18,91
L Sonstige thermisch behandelte Abfälle	2,63	3,06
L Importe*	1,18	0,35
<b>Ergebnisse Status quo Prognose</b>	<b>34,51</b>	<b>36,76</b>

\* Für 2017 wurden unter Importen nur die AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 berücksichtigt (siehe 3.2.)  
 Fortschreibung ausschließlich der spezifischen Importmengen aus den Niederlanden für die EVI Emlichheim (0,35 Mio. t)

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Ursachen für die dargestellten Entwicklungen der Status quo Prognose:

- Die Restabfälle aus den privaten Haushalten werden durch eine zunehmende Kaufkraft (Konsum), durch die Überalterung der Gesellschaft und durch insgesamt kleiner werdende Haushalte weiter anwachsen.
- Zu den „typisch thermisch zu behandelnden Abfälle“ zählen beispielsweise die Mengen-relevanten AVV-Schlüssel 19 12 10 (brennbare Abfälle) und 19 12 12 (sonstige Abfälle, einschließlich Materialmischungen ...). Sie entstehen bei der Behandlung von Abfällen aus Industrie und Gewerbe, die ihrerseits vor dem Hintergrund der langfristig steigenden wirtschaftlichen Entwicklung weiter zunehmen werden.
- Zu den „sonstigen thermisch behandelten Abfällen“ zählen weitere Abfallschlüssel, deren Anteil der thermischen Behandlung bei < 50% am Gesamtaufkommen des

Abfallschlüssels beträgt. Die positive Mengenentwicklung im Status quo-Szenario resultiert im Wesentlichen aus der Wirtschaftsentwicklung bzw. der angenommenen positiven Baukonjunktur.

- Die Importmengen an brennbaren Abfällen (AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12, 20 0 3 01) wurden im Rahmen der Status quo Prognose aus methodischen Gründen reduziert, um Überlagerungseffekte bei der Bewertung der Anlagenauslastung zu vermeiden. Nur die Mengen für den Sonderfall der EVI Emlichheim an der Grenze zu den Niederlanden werden dauerhaft berücksichtigt.

❖ **Ergebnis der Szenarien zum Recycling: 30,48 Mio. t** Abfall im Jahr 2040

Um mittel- und langfristig die zu behandelnden Abfallmengen zu reduzieren und gleichermaßen das Recycling zu fördern, sind vom Gesetzgeber in Deutschland und der EU verschiedene Gesetze und Verordnungen erlassen worden, deren Auswirkungen auf das Mengenpotenzial für den primären Wettbewerbsmarkt quantifiziert werden müssen.

**Tabelle 17: Ergebnis der Szenarien zum Recycling**

	2017	2040
	Mio. t	Mio. t
<b>Ergebnis Status quo Prognose</b>	<b>34,51</b>	<b>36,76</b>
Umsetzung aktueller rechtlicher Rahmenbedingungen		
↳ Szenario 1: "Verpackungsgesetz"		-1,25
↳ Szenario 2: "Gewerbeabfallverordnung"		-1,54
↳ Szenario 3: "Getrennterfassung von Bio- und Grünabfällen aus Haushalten"		-1,81
↳ Szenario 4: zzgl. "Umstellung auf Output-basierte Recyclingquote"		-1,68
<b>Ergebnis der Szenarien im Vergleich zur Status quo Prognose</b>		<b>30,48</b>

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Die detaillierte Analyse der einzelnen Vorgaben führt zu dem Ergebnis, dass ein umfassenderes Recycling gemäß der gesetzlichen Vorgaben sowie die Umstellung für die Berechnung der Recyclingquote<sup>154</sup> für Siedlungsabfälle zu einer Output-orientierten Berechnungsmethodik zu einer Reduzierung der Ergebnisse der Status quo Prognose um 6,28 Mio. t auf 30,48 Mio. t führt.

<sup>154</sup> Bisher wurde die Berechnung der Recyclingquote (RQ) auf die Inputmenge („Zuführung zu einem Recyclingverfahren“) einer Anlage bezogen, so dass die tatsächlich dem Recycling zugeführten Mengen um den Anteil an Sortier- und Aufbereitungsresten geringer ausfiel. Um die vorgegebenen Recyclingquoten zu erreichen, die sich nunmehr auf den Outputstrom einer Anlage beziehen, wird die Sortiertiefe erhöht. Dies führt zu einer Reduzierung des Anteils an Sortier- und Aufbereitungsresten, die thermisch zu behandeln sind. Aufgrund der Qualität des Inputmaterials (Anteil Fehlwürfe, Verunreinigungen etc.) lässt sich jedoch die Sortiertiefe nicht immer in dem Maße erhöhen, dass die Recyclingquote im Output erreicht werden kann. Hier sind weitere Anstrengungen an eine Steigerung der einem Recyclingverfahren zugeführten Mengen erforderlich. Dies führt dazu, dass der thermischen Abfallbehandlung anteilig auch weitere Primärmengen entzogen werden.

❖ **Ergebnis der Verlagerung von Abfallmengen aus anderen Entsorgungswegen: 33,44 Mio. t**

Gesetzliche Vorgaben beziehen sich häufig auch auf Rechtsbereiche oder Branchen, deren Wechselwirkungen mit der Abfallwirtschaft zunächst nicht zu erkennen sind.

So führt der Kohleausstieg aus Klimaschutzgründen zu einem Rückgang der Braunkohle- und Steinkohlekraftwerke. Schon jetzt laufen diese Kraftwerke nicht mehr im Grundlastbereich und benötigen daher weniger Brennstoffe. Die in diesen Anlagen mit verbrannten Sekundärbrennstoffe werden zunehmend (zumindest teilweise) dem primären Wettbewerbsmarkt zusätzlich zur Verfügung stehen. Auf diese Weise entsteht an verschiedenen Stellen ein Handlungsdruck, der notwendigerweise zu einer Neuorientierung bei den Entsorgungswegen führt. Bei der Mitverbrennung in Zementwerken wird nur wenige bis keine Änderungen im Saldo erwartet.

Geänderte bzw. neue rechtliche Grundlagen beispielsweise aus dem Bereich Abfall- und Chemikalienrecht lassen durch stringendere Anforderungen auch zusätzliche Stoffströme zur thermischen Abfallbehandlung erwarten, Hierbei wird die Schadstoffentfrachtung der treibende Faktor sein. Vor diesem Hintergrund wurde untersucht, welche mengenrelevanten Wechselwirkungen mit dem primären Wettbewerbsmarkt für die TAB bestehen. Im Ergebnis kann damit gerechnet werden, dass in den nächsten Jahren eine schrittweise Verlagerung von rund 3 Mio. t an Abfällen in den primären Wettbewerbsmarkt stattfinden wird.

**Tabelle 18: Ergebnis der Szenarien zur Verlagerung von Abfallmengen aus anderen Entsorgungswegen**

	2017	2040
	Mio. t	Mio. t
<b>Ergebnisse Status quo Prognose/Umsetzung rechtlicher Vorgaben</b>	<b>34,51</b>	<b>30,48</b>
<b>zusätzliche Potenziale aus der Verlagerung von Stoffströmen, darunter</b>		<b>2,96</b>
└ Klärschlämme		~0,20
└ Verlagerung von Abfällen durch Schließung von Kohlekraftwerken		0,70
└ Verlagerung von Abfällen durch Umwidmung von M(B)A		0,77
└ Schredderleichtfraktion aus der zusätzlichen Altfahrzeugaufbereitung		0,23
└ POP-haltige Abfälle		~0,30
└ Feinfraktion von Baustellenabfällen		~0,26
└ Importe / Rückführung von Exporten		~0,50
<b>Gesamtergebnis Mengenpotenzial im Jahr 2040</b>		<b>33,44</b>

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Zusätzlich zu den Verlagerungen von Abfallteilmengen erwarten wir in der Bilanz zwischen den Importen im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung bzw. der Rückführung von Exporten<sup>155</sup> konservativ ein thermisch zu behandelndes Potenzial von 0,5 Mio. t.

❖ **Kapazitäten**, theoretisch verfügbar: **34,21 Mio. t/a**

Als „**Kapazität**“ einer Thermischen Behandlungsanlage wird in der Regel die Menge an Abfällen bezeichnet, die eine Anlage bei einem normalen Betriebsablauf pro Jahr verbrennen kann. Diese Kapazität wird begrenzt durch den maximalen Bruttowärmeeintrag in die Verbrennungsanlage - der Bruttowärmeeintrag ist das Produkt aus Energiegehalt (Heizwert des Abfalls in kJ/kg) und der Menge des Abfalls (auch als thermische Leistung bezeichnet).

Erhöht sich der Heizwert beispielsweise durch einen heißen und trockenen Sommer wie im Jahr 2018 oder durch einen höheren Kunststoffanteil im Abfall durch das Kunststoffimportverbot Chinas, sinkt der Durchsatz der Anlagen proportional, wobei die eigentliche thermische Kapazität konstant bleibt.

Die Angaben zur Kapazität der Anlagen und somit zur möglichen Auslastung können auch von weiteren anlagenspezifischen Besonderheiten abhängen, wie beispielsweise

- politische oder genehmigungsrechtliche Beschränkung der Durchsatzmenge (beispielsweise durch Tonnage, Rauchgasmenge oder thermische Leistung),
- vertragliche Beschränkungen der (meist thermischen) Leistung oder
- der gewählten Instandhaltungsstrategie.

**Tabelle 19: Ergebnis der Kapazitätsentwicklung**

	2017	2040
	Mio. t	Mio. t
<b>Kapazitäten</b>		
TAB (MVA + EBS-Kraftwerke)	26,98	27,93
Kohlekraftwerke (Anteil primärer Wettbewerb)	1,73	-
Zementwerke (Anteil primärer Wettbewerb)	2,3	2,65
M(B)A	5,78	3,63
<b>Zwischensumme Kapazitäten</b>	<b>36,79</b>	<b>34,21</b>

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

<sup>155</sup> In der Status quo Prognose wurden die Importe der relevantesten drei AVV-Nr. 19 12 10, 19 12 12 und 20 03 01 (mit Ausnahme der Mengen für die EVI Emlichheim) nicht berücksichtigt, um den Kapazitätsbedarf an thermischen Anlagen auf die im Inland erzeugten Abfallmengen zu fokussieren. Aufgrund der Status quo-Fortschreibung wurden jedoch auch die im Jahr 2017 in Höhe von 0,7 Mio. t erfolgten Exporte an thermisch zu behandelnden Abfällen (u. a. Restabfälle in die Schweiz) nicht berücksichtigt. Da im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung von einem Fortbestand eines bestimmten Exportniveaus auszugehen ist, sind anteilig auch Importe dieser erwartbar. Im Gesamtszenario wurde dies daher nicht detailliert spezifiziert, sondern als Summe aus Importen bzw. alternativ rückgeführten Exporten angenommen.

❖ **Prognose der tatsächlich verfügbaren Kapazitäten: 31,05 Mio. t/a**

Entscheidend für marktrelevante Analysen und Prognosen sind die Anlagenkapazitäten, die dem Markt realistischerweise zur Verfügung stehen werden. Zur Einschätzung dieser Größenordnung sind langjährige Informationen über die durchschnittlichen Ausfallzeiten für

- Wartungs- und Instandhaltungs-Intervalle sowie
- Umbaumaßnahmen und technische Störungen

wichtig. Durch den weiterhin hohen Anfall an Abfällen werden die Instandhaltungsintervalle ausgedehnt, so dass auf der einen Seite die zeitliche Verfügbarkeit steigt, auf der anderen Seite aber auch das Risiko von unerwarteten und längeren Ausfallzeiten. Für die Kapazitätsbetrachtungen ist es ferner wichtig, dass durch den kontinuierlichen Betrieb der TAB (24 Stunden an 365 Tagen) ausgefallene Durchsätze nicht durch eine nachträgliche Erhöhung der Verbrennungsleistungen kompensiert werden können.

Der Einfluss möglicher Veränderungen des Heizwertes wird in der Kapazitätsprognose nicht berücksichtigt, da für die Zukunft keine eindeutig quantifizierbaren Aussagen möglich sind. Grundsätzlich aber gehen wir von steigenden Heizwerten aus.

**Tabelle 20: Ergebnis der Prognose der tatsächlich verfügbaren Kapazitäten**

	2017	2040
	Mio. t	Mio. t
<b>Kapazitäten</b>		
TAB (MVA + EBS-Kraftwerke)	26,98	27,93
↳ davon verfügbare Kapazität (90 %)		25,14
Kohlekraftwerke (Anteil primärer Wettbewerb)	1,73	-
Zementwerke (Anteil primärer Wettbewerb)	2,3	2,65
M(B)A	5,78	3,63
↳ davon verfügbare Kapazität (90 %)		3,27
<b>Zwischensumme Kapazitäten</b>	<b>36,79</b>	<b>34,21</b>
<b>Zwischensumme verfügbare Kapazitäten</b>		<b>31,05</b>

Quelle: Prognos AG 2020

© Prognos 2020

Im Vergleich zu früheren Jahren haben auch Abfallmengen zugenommen, die „anlassbezogen“ (das heißt, hohe Mengen in kurzer Zeit) thermisch zu behandeln sind. Dazu gehören Abfälle aus Unwetterereignissen (Stürme, Überschwemmungen) oder dem Gesundheitsbereich (Corona Pandemie). Diese Sonderentsorgungsmaßnahmen führen zwangsläufig dazu, dass dem Markt weniger Kapazitäten für die kontinuierlich zu entsorgenden Abfälle zur Verfügung stehen.

In der vorliegenden Studie wird für die genannten Einflussfaktoren (Anlagenverfügbarkeit, Heizwert und Sonderentsorgungsmaßnahmen) ein Puffer von 5 % bis maximal 10 % auf die Nennkapazitäten zum Ansatz gebracht, um für den Vergleich mit den Abfallmengen im Jahr 2040 die realistisch verfügbaren Kapazitäten zum Ansatz bringen zu können.

---

## Quellenverzeichnis

---

Adam 2018	Christian Adam, Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Abwasser und Klärschlamm <a href="https://www.vivis.de/wp-content/uploads/VvK/2018_VvK_165-186_Adam">https://www.vivis.de/wp-content/uploads/VvK/2018_VvK_165-186_Adam</a> , letzter Zugriff 21.11.2019
AGFW-(FW 308) 2015	Arbeitsblatt FW 308 - Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes, 2015
AGFW-(FW 309-1) 2014	Arbeitsblatt FW 309 Teil 1 – Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme, 2014
AGFW-(FW 309-6) 2016	Arbeitsblatt FW 309 Teil 6 - Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung spezifischer CO2-Emissionsfaktoren, 2016
Bilanz BB 2019	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (MLUK), Siedlungsabfallbilanz der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz BE 2019	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin, Abfallbilanz des Landes Berlin 2017 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz BW 2019	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Abfallbilanz 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz BY 2019	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Hausmüll in Bayern - Bilanz 2018 - Informationen aus der Abfallwirtschaft (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz HB 2018	Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Abfallwirtschaftsplan und Abfallbilanz für das Land Bremen 2017 (und ältere Ausgaben), 2018.
Bilanz HE 2019	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV), Abfallmengenbilanz des Landes Hessen für das Jahr 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz HH 2019	Hamburger Behörde für Umwelt und Energie (BUE), Statistik Siedlungsabfälle 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.

Bilanz MV 2018	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG), Daten zur Abfallwirtschaft 2017 (und ältere Ausgaben), 2018.
Bilanz NI 2019	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Abfallbilanz Niedersachsen 2017 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz NW 2019	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV), Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2017 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz RP 2018	Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz (MUEEF), Landesabfallbilanz Rheinland-Pfalz 2017 (und ältere Ausgaben), 2018.
Bilanz SH 2019	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), Siedlungsabfallbilanz 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz SL 2019	Ministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Saarland, Siedlungsabfallbilanz 2017 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz SN 2019	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Siedlungsabfallbilanz 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.
Bilanz ST 2018	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt (MULE), Abfallbilanz 2017 für das Land Sachsen-Anhalt (und ältere Ausgaben), 2018.
Bilanz TH 2018	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG), Daten und Informationen zur Abfallwirtschaft - Abfallbilanz 2017 (und ältere Ausgaben), 2018.
17. BImSchV 2013	Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen - 17. BImSchV) <a href="https://www.gesetze-im-internet.de/bim-schv_17_2013/BJNR104400013.html">https://www.gesetze-im-internet.de/bim-schv_17_2013/BJNR104400013.html</a> , letzter Zugriff: 20.02.2020
BioAbfV 2017	Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (BioAbfV) <a href="https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/">https://www.gesetze-im-internet.de/bioabfv/</a> , letzter Zugriff: 9.12.2019.

DECHEMA 2019	DECHEMA/FutureCamp: Roadmap Chemie 2050 - Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland. Studie im Auftrag des VCI, September 2019.
Destatis 2018	Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung - Fachserie 19, Reihe 2.1.2, 2018.
Destatis 2019a	Abfallentsorgung - Fachserie 19 Reihe 1 - 2017 (und ältere Ausgaben), 2019.
Destatis 2019b	Bevölkerung Deutschlands bis 2060. Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung - Hauptvarianten 1 bis 9, 2019.
Destatis 2019c	Entsorgung der Schredderleichtfraktion aus den Schredderanlagen mit Restkarossenverwertung; Erhebung über die Abfallentsorgung der Jahre 2004 bis 2017, Mitteilung an das Umweltbundesamt
Destatis 2019d	„2018: 9 % mehr kommunaler Klärschlamm verbrannt als 2017“, Pressemitteilung Nr. 479 vom 12. Dezember 2019, <a href="https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/12/PD19_479_32214.html">https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/12/PD19_479_32214.html</a> , letzter Zugriff am 12.01.2020
Destatis 2020	Regionalstatistik – Unternehmen nach Bundesländern und Beschäftigungsgrößenklassen, Unternehmensregister 2020,
DGAW 2020	DGAW, Auswirkungen der Corona-Krise auf die Abfallwirtschaft in Deutschland, 21.04.2020, <a href="https://www.dgaw.de/wp-content/uploads/2020-04-21-Prognose-zu-den-Auswirkungen-der-Corona-Krise-auf-die-Abfallwirtschaft-in-Deutschland-final.pdf">https://www.dgaw.de/wp-content/uploads/2020-04-21-Prognose-zu-den-Auswirkungen-der-Corona-Krise-auf-die-Abfallwirtschaft-in-Deutschland-final.pdf</a> , letzter Zugriff am 22.04.2020
DIN V 18599-1:2018-09	Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger, 2018
Ecofys 2017	Status and prospects of co-processing of waste in EU cement plants (Case Studies), May 2017.

- EU 1999/91 Richtlinie 1999/91/EG der Kommission vom 23. November 1999 zur Änderung der Richtlinie 90/128/EWG über Materialien und Gegenstände aus Kunststoff, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen  
<http://data.europa.eu/eli/dir/1999/91/oj>,  
letzter Zugriff am 17.12.2019.
- EU 2008/98 Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien  
<http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj>,  
letzter Zugriff 1.12.2019.
- EU 2011/753 BESCHLUSS DER KOMMISSION vom 18. November 2011 mit Vorschriften und Berechnungsmethoden für die Überprüfung der Einhaltung der Zielvorgaben gemäß Artikel 11 Absatz 2 der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates  
<http://data.europa.eu/eli/dec/2011/753/oj>,  
letzter Zugriff 23.11.2019.
- EU 2018/851 Richtlinie (EU) 2018/851 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle  
<http://data.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>,  
letzter Zugriff 1.12.2019
- EU 2019/665 Durchführungsbeschluss (EU) 2019/665 der Kommission vom 17. April 2019 zur Änderung der Entscheidung 2005/270/EG zur Festlegung der Tabellenformate für die Datenbank gemäß der Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Verpackungen und Verpackungsabfälle  
[http://data.europa.eu/eli/dec\\_impl/2019/665/oj](http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2019/665/oj),  
letzter Zugriff 23.11.2019
- EU 2019/1004 Durchführungsbeschluss (EU) 2019/1004 der Kommission vom 7. Juni 2019 zur Festlegung der Vorschriften für die Berechnung, die Prüfung und die Übermittlung von Daten über Abfälle gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie zur Aufhebung des Durchführungsbeschlusses C(2012) 2384 der Kommission  
[http://data.europa.eu/eli/dec\\_impl/2019/1004/oj](http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2019/1004/oj),  
letzter Zugriff 23.11.2019.

EU 2019 / 1021	Verordnung (EU) 2019/1021 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2019 über persistente organische Schadstoffe <a href="http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1021/oj">http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1021/oj</a> , letzter Zugriff am 12.01.2020
EUWID 36/2019	EUWID Recycling und Entsorgung (Ausgabe 36/2019 vom 03.09.2019)
EUWID 51/2019	EUWID Recycling und Entsorgung (Ausgabe 51/2019 vom 17.12.2019)
GET 2020	Initiative GET H <sub>2</sub> , <a href="https://www.get-h2.de/">https://www.get-h2.de/</a> , letzter Zugriff am 20.02.2020
ICU / Wiegel 2014	ICU – Ingenieurconsulting Umwelt und Bau, Dr. Wiegel, März und Partner Ingenieure, Erweiterte Bewertung der Bioabfallsammlung, Studie im Auftrag der ITAD, Berlin 2014
ITAD 2018	Jahresbericht 2018 <a href="https://www.itad.de/ueber-uns/mehr/jahresbericht/itad-jahresbericht-2018.pdf/view">https://www.itad.de/ueber-uns/mehr/jahresbericht/itad-jahresbericht-2018.pdf/view</a> , letzter Zugriff: 9.11.2019
MUKE BW 2019	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Autarkie für Siedlungsabfälle <a href="https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/abfall-und-kreislaufwirtschaft/rahmenplanung-und-abfallbilanzen/autarkie-fuer-siedlungsabfaelle/">https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/abfall-und-kreislaufwirtschaft/rahmenplanung-und-abfallbilanzen/autarkie-fuer-siedlungsabfaelle/</a> , letzter Zugriff am 28.11.2019.
Eunomia 2018	Study to Identify Member States at Risk of Non-Compliance with the 2020 Target of the Waste Framework Directive and to Follow-up Phase 1 and 2 of the Compliance Promotion Exercise, March 2018.
Eurostat (env_wasmun) 2020	Statistik zu Siedlungsabfälle nach Abfallbewirtschaftungsmaßnahmen (env_wasmun), letzte Aktualisierung vom 28.01.2020.
Faulstich 2017	Faulstich, Martin, Wege zu einer nachhaltigen Industriegesellschaft. In: Umweltbundesamt, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Übergang in eine Green Economy: Systemische Hemmnisse und praktische Lösungsansätze. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung 02/2017, Dessau-Roßlau 2017.

GewAbfV 2017	Verordnung über die Bewirtschaftung von gewerblichen Siedlungsabfällen und von bestimmten Bau- und Abbruchabfällen (Gewerbeabfallverordnung - GewAbfV) <a href="http://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/GewAbfV.pdf">http://www.gesetze-im-internet.de/gewabfv_2017/GewAbfV.pdf</a> , letzter Zugriff 2.11.2019.
GET H2 2020	Initiative GET H2; <a href="https://www.get-h2.de/">https://www.get-h2.de/</a> , letzter Zugriff 17.03.2020.
Huneke et al. 2016	Huneke, F.; Linkenheil, c. P.; Lenck, T.; Heddrich, M.-L.; Treder, M.: Beitrag thermischer Abfallbehandlungsanlagen zur Energiewende. Energy Brainpool im Auftrag der ITAD, Berlin 2016.
LAGA 34/2019	„Vollzugshinweise zur Gewerbeabfallverordnung“, Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 34, 11.02.2019.
ITAD 2019	Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. (ITAD), Jahresbericht 2018 (und ältere Ausgaben), 2019.
IZES 2018	„Altholz – Quo Vadis“ Projektpräsentation im Rahmen des 18. Fachkongresses für Holzenergie am 28./29.09.2018 in Würzburg, <a href="http://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/V_FB_VOG_20180928_Würzburg.pdf">http://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/V_FB_VOG_20180928_Würzburg.pdf</a> , letzter Zugriff 15.11.2019.
Kommission 2019	Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“: Abschlussbericht, 2019 <a href="https://www.kommission-wsb.de/WSB/Redaktion/DE/Downloads/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaef-tigung.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4">https://www.kommission-wsb.de/WSB/Redaktion/DE/Downloads/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaef-tigung.pdf?__blob=publicationFile&amp;v=4</a> , letzter Zugriff 19.12.2019.
Marler Zeitung 2019	Interview. Wie sicher ist die Zukunft des Chemieparks Marl? Der Standortleiter gibt Auskunft <a href="https://www.24vest.de/marl/chemiepark-ort1253258/marl-sicher-zukunft-evonik-chemieparks-marl-13280039.html">https://www.24vest.de/marl/chemiepark-ort1253258/marl-sicher-zukunft-evonik-chemieparks-marl-13280039.html</a> , letzter Zugriff 16.01.2020.
MULNV 2020	ÜBERWACHUNG, BEKÄMPFUNG UND BESEITIGUNG DES EICHEN-PROZESSIONSSPINNERS (EPS)- Ein Praxisleitfaden für die Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes

	Nordrhein-Westfalen, Referat Öffentlichkeitsarbeit. Düsseldorf, April 2020
Prognos 2018	Möglichkeiten zur Verbesserung des Altfahrzeugrecyclings, Vortrag Hans-Paul Kienzler auf der IFAT 2018 (München, 14.05.2018).
Prognos 2018a	Statusbericht der deutschen Kreislaufwirtschaft, Studie im Auftrag von BDE, BDSV, bvse, ITAD, PlasticsEurope Deutschland, VDM, VDMA, VHI, VKU und in Zusammenarbeit mit INFA GmbH und Prof. Martin Faulstich, 2018,
Prognos 2020a	Prognos AG, Factsheet „Diese Branchen sorgen für Stabilität in der Krise“, 6.04.2020, <a href="https://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/20200406_Stabilisierung_in_der_Krise.pdf">https://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/20200406_Stabilisierung_in_der_Krise.pdf</a> , letzter Zugriff am 18.4.2020.
Prognos 2020b	Prognos AG, Kurzexpertise „Auswirkungen des Lockdown auf die regionale Wirtschaft“, 9.04.2020, <a href="https://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/20200412_Kurzexpertise_RegionaleBetroffenheit_Corona_14_04.pdf">https://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/20200412_Kurzexpertise_RegionaleBetroffenheit_Corona_14_04.pdf</a> , letzter Zugriff am 18.04.2020.
Treder et al 2005	Treder, M./Salamon, A, Energetische Verwertung von niederkalorischen Restabfallfraktionen in einer MVA; <a href="https://www.muellundabfall.de/MUA.03.2005.131">https://www.muellundabfall.de/MUA.03.2005.131</a> .
TOMM+C 2019	Zukünftige Entwicklung der thermischen Verwertung bis 2030 – Replik und Einordnung der NABU Studie zu diesem Thema, Berlin 2019.
UBA 2010-2018	Umweltbundesamt, Statistik der grenzüberschreitenden Abfallverbringung 2010 – 2017, <a href="https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/grenzueberschreitende-abfallverbringung/grenzueberschreitende-abfallstatistik">https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/grenzueberschreitende-abfallverbringung/grenzueberschreitende-abfallstatistik</a> , letzter Zugriff 10.01.2020.
UBA (u.e.c.) 2011	Umweltbundesamt, Aufkommen, Verbleib und Ressourcenrelevanz von Gewerbeabfällen, Texte 19/2011, Dessau 2011.
UBA (u.e.c./GAVIA) 2014	Umweltbundesamt, Verpflichtende Umsetzung der Getrenntsammlung von Bioabfällen, Texte 84/2014, Januar 2015
UBA (u.e.c./Öko-Institut) 2015	Umweltbundesamt, Stoffstromorientierte Lösungsansätze für eine hochwertige Verwertung von gemischten gewerblichen Siedlungsabfällen, Texte 18/2015, März 2015.

UBA (Flamme/Quicker) 2018	Energieerzeugung aus Abfällen. Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030, Texte 51/2018, Juni 2018.
UBA (Klärschlamm) 2018	Klärschlammentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Oktober 2018
UBA (Inventarbericht) 2018	Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2018 Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2016, Reihe Climate Change 12/2018, April 2018
UBA (GVM) 2019	GVM Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung mbH im Auftrag des Umweltbundesamtes, Aufkommen und Verwertung von Verpackungsabfällen in Deutschland im Jahr 2017 (Texte 139/2019), November 2019.
VDE 2019	VDE Forum Netztechnik/Netzbetrieb: Systemdienstleistungen, 23. Juli 2019 <a href="https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/vom-netz-zum-system/systemdienstleistungen">https://www.vde.com/de/fnn/arbeitsgebiete/vom-netz-zum-system/systemdienstleistungen</a>
VDE 2020	Next Kraftwerke: Was versteht man unter Systemdienstleistungen? , 31. Januar 2020 <a href="https://www.next-kraftwerke.de/wissen/systemdienstleistungen">https://www.next-kraftwerke.de/wissen/systemdienstleistungen</a> , letzter Zugriff 5.02.2020
VDZ 2010 – 2018	Verband der deutschen Zementindustrie (VDZ), Umweltdaten 2010 – 2018, <a href="https://www.vdz-online.de/publikationen/umweltdaten/">https://www.vdz-online.de/publikationen/umweltdaten/</a> , letzter Zugriff 2.12.2019
VDZ 2018	Zementindustrie im Überblick 2018/2019, Berlin 2018.
VEOLIA 2020	<a href="https://newsroom.veolia.de/documents/fact-sheet-eva-jaenschwalde-92343">https://newsroom.veolia.de/documents/fact-sheet-eva-jaenschwalde-92343</a> , letzter Zugriff 07.01.2020.
VerpackG 2017	Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die hochwertige Verwertung von Verpackungen (Verpackungsgesetz VerpackG), 2017