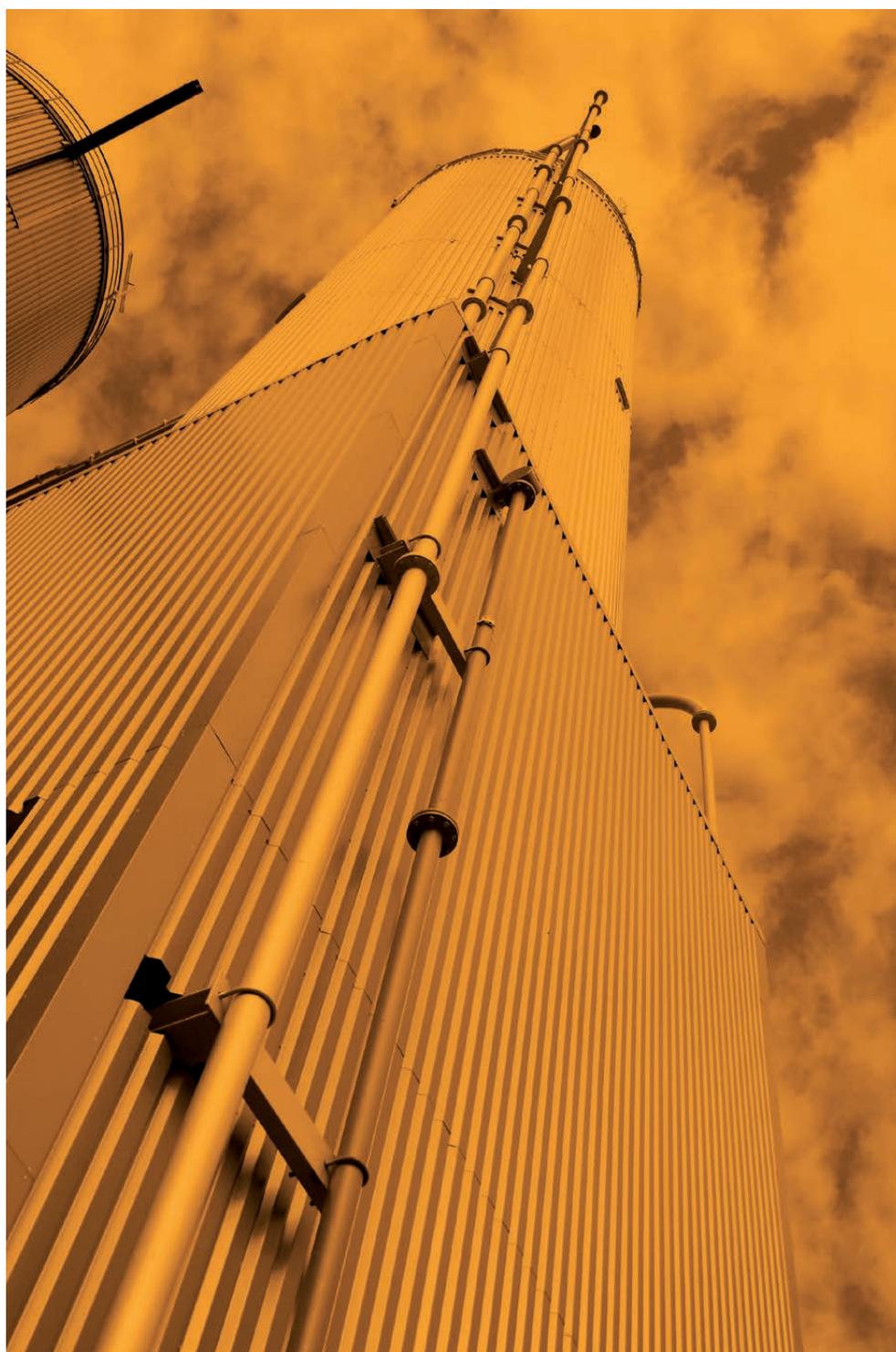


Prognos-Studie:

„Perspektiven der thermischen Abfallbehandlung – Roadmap 2040“



ITAD

ITAD – „Die Interessengemeinschaft der Thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland“ vertritt weit über 90 Prozent der bundesdeutschen Behandlungskapazität.

www.itad.de

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

Prof. Martin Faulstich
(TU Dortmund)

Im Auftrag der ITAD
Abschlussdatum
August 2020

Thermische Abfallbehandlung: Anlagen bis 2040 weiter voll ausgelastet

In den nächsten Jahren stehen bei vielen kommunalen und privaten Eigentümern von Thermischen Abfallbehandlungsanlagen¹ (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“ beauftragt². 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.

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 Anlagen³ 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.

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

2 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.

3 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.

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. 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).

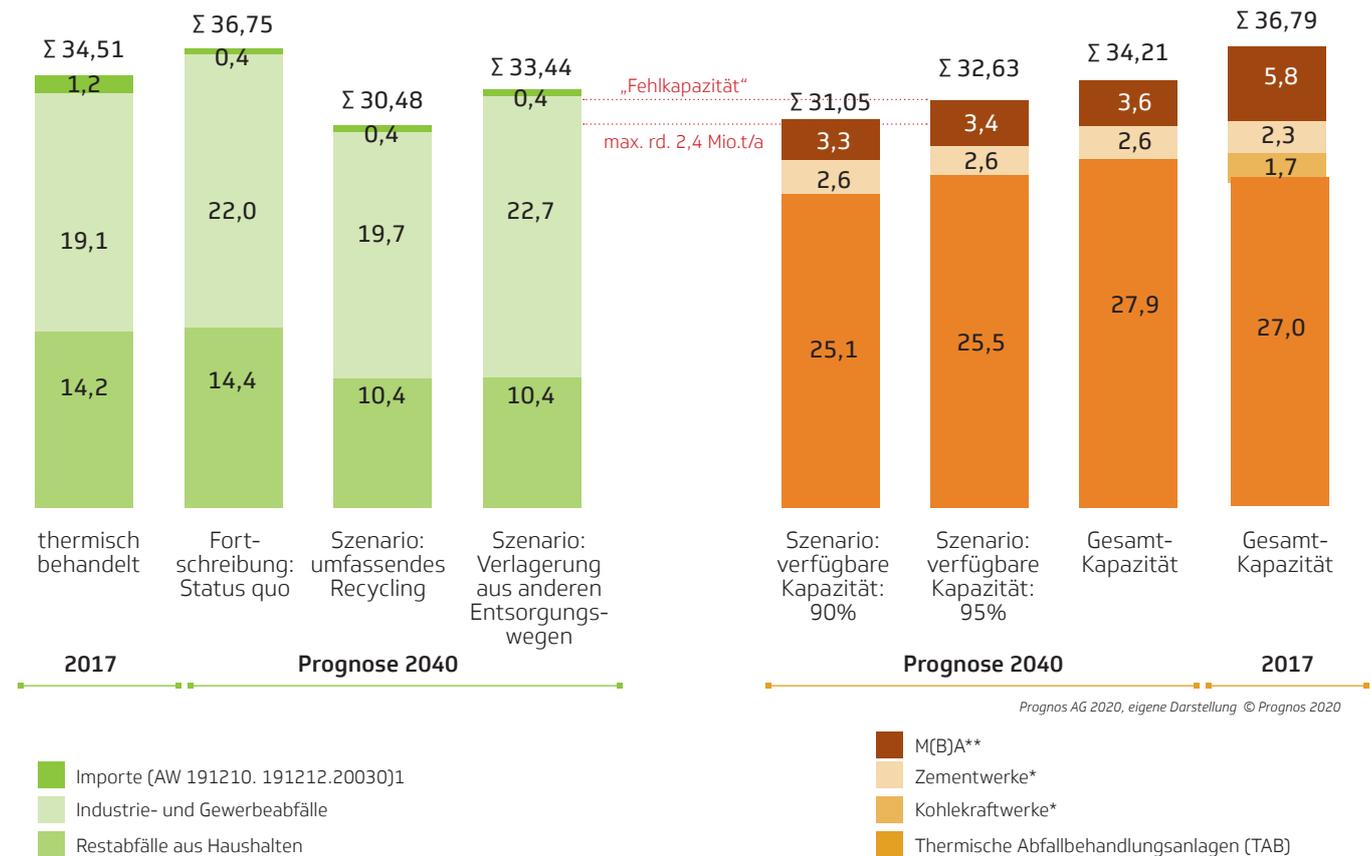
Bezogen auf die betrachteten Gesamtkapazitäten ergeben sich somit geringe freie Kapazitäten von 0,77 Mio. t/a im Vergleich zu dem Aufkommen relevanter Abfallmengen von 33,44 Mio. t. Dabei handelt es sich jedoch um eine nur theoretisch verfügbare Größenordnung. Berücksichtigt man für die Kapazitätsanalysen 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 Vollausslastung 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

Mio. t Abfallmengen (primärer Wettbewerbsmarkt der TAB)

Kapazitäten (primärer Wettbewerbsmarkt der TAB)



* 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 Thermische 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 Schadstoffsенke – 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 Thermische 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 Thermische Abfallbehandlungsanlagen → werden kontinuierlich modernisiert.

Die rund 100 TAB in Deutschland bestehen aus über 200 Verbrennungslinien. Das durchschnittliche Linieneralter⁴ der Anlagen liegt bei rund 23 Jahren, das der Ersatzbrennstoffkraftwerke 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.

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 Umweltschutzes 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. €.

⁴ bezogen auf die letzte Kesselmodernisierung

5. Die Thermische 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 Schadstoffsinken 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 langfristige 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 Thermische 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_{2eq} 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_{2eq} eingespart. Hinzu kommen noch rund 1,2 Mio. t CO_{2eq}, die durch das Recycling von Metallen eingespart worden sind. Im Saldo entspricht dies einer Einsparung von rund 5,2 Mio. t an CO_{2eq} 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_{2eq} 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_{2eq} 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 Thermische 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 Thermische 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_{2eq}).

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 Thermische 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 $\text{CO}_{2\text{eq}}$ -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_2 -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 substituieren⁵, oder durch im Kreislauf geführten Kohlenstoff zu decken. Die Abscheidung von CO_2 aus dem Reingas der thermischen Anlagen und die weitere Nutzung des Kohlenstoffs (CCU)⁶ 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_2) unterstützen. Fast alle Betreiber von Thermischen Behandlungsanlagen beschäftigen sich mit dem Thema Elektrolyse. Bei veränderten Rahmenbedingungen kann die Einspeisung von Wasserstoff in separate H_2 -Netze⁷ oder die direkte Nutzung durch Wasserstoff-Fahrzeuge wirtschaftlich interessant werden.

INFO

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.

⁵ DECHEMA 2019

⁶ Carbon Capture and Utilization
(CO_2 -Abscheidung und Verwendung)

⁷ GET 2020