

KIT SCIENTIFIC REPORTS 7560

Abfallverbrennung in Deutschland – Entwicklungen und Kapazitäten

Ulf Richers

Ulf Richers

**Abfallverbrennung in Deutschland
– Entwicklungen und Kapazitäten**

Karlsruhe Institute of Technology
KIT SCIENTIFIC REPORTS 7560

Abfallverbrennung in Deutschland – Entwicklungen und Kapazitäten

von
Ulf Richers

Institut für Technikfolgenabschätzung
und Systemanalyse (ITAS)

Report-Nr. KIT-SR 7560

Impressum

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
KIT Scientific Publishing
Straße am Forum 2
D-76131 Karlsruhe
www.ksp.kit.edu

KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales
Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft



Diese Veröffentlichung ist im Internet unter folgender Creative Commons-Lizenz
publiziert: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

KIT Scientific Publishing 2010
Print on Demand

ISSN 1869-9669

Kurzfassung

Abfallverbrennung in Deutschland - Entwicklungen und Kapazitäten

Die Verbrennung von Abfällen bildet in Deutschland seit vielen Jahrzehnten einen wichtigen Beitrag zur Abfallentsorgung. Mit steigenden Anforderungen im Bereich der Abfalldeponierung, die eine Vorbehandlung insbesondere von Siedlungsabfällen erforderten, nahm die Bedeutung der Abfallverbrennung weiter zu.

Die zukünftigen Entwicklungen im Bereich der Abfallwirtschaft werden u. a. durch die neue europäische Abfallrahmenrichtlinie bestimmt werden. Die bisher dreistufige Hierarchie in Deutschland, die zwischen Vermeidung, Verwertung und Beseitigung unterschied, wird durch ein fünfstufiges System ersetzt werden. Folglich müssen zukünftig für abfallwirtschaftliche Entscheidungen genaue Kenntnisse über den technischen Stand der Entsorgungsanlagen vorliegen. Diese Kenntnisse sind auch für Ökobilanzen mit abfallwirtschaftlichen Fragestellungen von Bedeutung.

Zu den Abfallverbrennungsanlagen findet man in der Literatur entweder allgemeine Beschreibungen zum Aufbau und der Funktion der einzelnen Anlagenteile oder Diskussionen über ausgewählte technische Details oder Probleme. Dagegen existieren kaum ausführlichere Beschreibungen von Standorten, die u. a. auch die Veränderungen an einem Standort mit dem Lauf der Zeit enthalten.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden mit einer ausführlichen Beschreibung von ausgewählten großtechnischen Abfallverbrennungsanlagen die Vielfalt der technischen Realisierungsmöglichkeiten und die möglichen Veränderungen in der Anlagenkonzeption von älteren Anlagen dokumentiert. Beispielsweise sind ältere Anlagen aufgrund von mehrfachen Nachrüstungen oft mit mehrstufigen Rauchgasreinigungsanlagen ausgerüstet, neuere Verbrennungsanlagen werden dagegen mit relativ einfachen Rauchgasreinigungskonzepten errichtet.

Im zweiten Teil der Arbeit wird die Verbrennungskapazität der deutschen Abfallverbrennungsanlagen bestimmt, die überwiegend Siedlungsabfälle einsetzen. Als Datengrundlage dienen umfangreiche Informationen aus der Literatur und anderen Quellen zu den einzelnen Standorten. Sekundärbrennstoffkraftwerke werden aufgrund der schlechteren Situation bei den verfügbaren Informationen nicht berücksichtigt.

Die Auswertung der gesammelten Daten zeigt, dass die Verbrennungskapazität einer Abfallverbrennungsanlage keine konstante Größe ist, sondern von vielen Faktoren beeinflusst wird. Neben dem Heizwert sind u. a. eine Optimierung des Betriebsleitsystems oder eine Aufbereitung der zu verbrennenden Abfälle von Bedeutung. An vielen Standorten ist in den vergangenen Jahren die jährliche Verbrennungskapazität angestiegen.

Abstract

Waste Incineration in Germany - Developments and capacities

For many decades, waste incineration has been making a significant contribution to waste disposal in Germany. The importance of waste incineration within waste management has ever been increasing in the face of stricter dumping requirements, especially as regards the pre-treatment of municipal waste.

Future developments in the field of waste management will be determined, among other things, by the revised European Waste Framework Directive. The so far tripartite hierarchy that in Germany has been differentiating between waste avoidance, resource recovery, and waste disposal will be replaced by a five-stage system which in turn will demand exact knowledge of the state of the art of waste management plants to ensure viable waste management decisions. This knowledge is important for Life Cycle Assessment studies focussed on waste management problems, too.

In the literature, waste incineration plants are described either in general terms of the structure and function of individual plant components or through discussions of selected technical details or problems. Hardly any detailed facts, however, are found regarding several plant sites and local changes that may occur in the course of time.

Giving in-depth descriptions of selected large-scale waste incineration plants, part one of this paper documents the various possibilities of technical realization, and conceivable changes in the design of older plants. While older plants, for example, are often provided with multi-stage flue gas treatment equipments on account of extensive retrofitting, more modern incineration plants are based on relatively simple flue gas treatment concepts.

Part two of this paper determines the incineration capacities of German waste incineration plants that mainly use municipal wastes. Comprehensive information from the literature and from other sources on the individual sites serves as database. Due to lacking information, refuse-derived fuel incineration plants are not considered.

Evaluation of the data collected shows that the incineration capacity of a waste incineration plant is not a constant parameter but is influenced by many factors such as heating values, optimized operations control systems, or the mechanical pre-treatment of wastes. During the recent years, annual waste incineration capacities have been increasing in many sites.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Problemstellung	3
3	Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland.....	4
3.1	Abgrenzung der berücksichtigten Anlagen	4
3.2	Schematischer Aufbau einer MVA	5
3.3	Standort Mainz	10
3.4	Standort Leuna	13
3.5	Standort Eschbach (Breisgau)	18
3.6	Standort Burgkirchen	22
3.7	Standort Kassel.....	24
3.8	Standort Bremen.....	29
3.9	Standort Solingen	32
4	Ergänzende Informationen zu anderen Standorten	32
4.1	Veränderungen bei den Verbrennungskesseln	32
4.2	Biomasseverbrennungsanlagen	34
4.3	Vorschaltanlagen.....	34
4.4	Rauchgasreinigung	37
4.5	Betriebsoptimierungen durch Mess- und Leittechnik	38
5	Standorte und Verbrennungskapazitäten deutscher Abfallverbrennungsanlagen	40
5.1	Anmerkungen zu den Standorten	40
5.2	Anmerkungen zur Verbrennungskapazität.....	43
5.3	Bestimmung der aktuellen Verbrennungskapazität.....	44
6	Zusammenfassung	50
7	Literatur.....	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vereinfachte Darstellung zur Entwicklung der Technologien im Lauf der Zeit.....	5
Abbildung 2:	Heizwertbereiche (Tagesmittelwerte) in bestehenden Abfallverbrennungsanlagen der Fa. Martin [Fleck_2].....	6
Abbildung 3:	Schematischer Aufbau einer MVA.....	7
Abbildung 4:	Längsschnitt durch das MHKW Mainz [Martin-Mainz (angepasst)].....	11
Abbildung 5:	Blockschaltbild des GuD-Kraftwerks am Standort Mainz.....	12
Abbildung 6:	Außenansicht der TREA Leuna [Günther_2].....	14
Abbildung 7:	Vereinfachtes Anlagenfließbild der TREA Leuna.....	15
Abbildung 8:	Bau der Rauchgasreinigung an der TREA Leuna.....	16
Abbildung 9:	Ballenlage TREA Leuna [Günther_2].....	17
Abbildung 10:	Ansicht TREA Leuna nach Erweiterung [Leuna_6].....	18
Abbildung 11:	Außenansicht der TREA Breisgau.....	19
Abbildung 12:	Querschnitt der TREA Breisgau [Höling].....	20
Abbildung 13:	Schematische Darstellung des Anlagenkonzepts der Sortieranlage am Standort Eschbach [Sita_2].....	21
Abbildung 14:	Ansicht des MHKW Burgkirchen [LFU_1].....	22
Abbildung 15:	Schema der Rauchgasreinigung für das MHKW Burgkirchen.....	23
Abbildung 16:	Längsschnitt MVA Kassel ([Thomé-K. 1983] angepasst).....	25
Abbildung 17:	Aufbau der Rauchgasreinigung an der MVA Kassel bis etwa 2007.....	26
Abbildung 18:	Aktueller Aufbau der Rauchgasreinigung am Standort Kassel.....	27
Abbildung 19:	Schema der MVA Bremen [Thomé-K. 1983].....	29
Abbildung 20:	Schematische Darstellung der MVA Bremen [Ents.-Komm.].....	30
Abbildung 21:	Vergleich kontinuierlich gemessener Emissionen für die Jahre 2005, 2006 und 2007 in mg/m ³ [swb_1].....	31
Abbildung 22:	Schnittbild der Vorbehandlungsanlage am Standort Göppingen.....	35
Abbildung 23:	Schnittbild durch die MVA Köln (angepasster Ausschnitt).....	36
Abbildung 24:	Entwicklung der Rauchgasreinigung am Standort Berlin-Ruhleben.....	37
Abbildung 25:	Dampfproduktion am Austritt eines Müllkessels am Standort Stuttgart-Münster [Gotschlich].....	39
Abbildung 26:	Entwicklung der Verbrennungskapazitäten und der Anzahl der Standorte in Deutschland.....	40

Abbildung 27:	Feuerleistungsdiagramm für die Anlage am Standort Ludwigshafen.....	43
Abbildung 28:	Aktuelle Verbrennungskapazitäten im Vergleich zu den Daten vom UBA aus Abbildung 26.....	45
Abbildung 29:	Zeitliche Veränderung der Verbrennungskapazität an den Standorten Coburg und Geiselbullach.....	48
Abbildung 30:	Zeitliche Veränderung der Verbrennungskapazität am Standort Hamburg Borsigstraße.	48
Abbildung 31:	Entwicklung der Gesamtverbrennungskapazität für 33 ausgewählte Standorte mit der Zeit.	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Große Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland.....	8
Tabelle 2:	Anforderungen an die Rauchgasreinigung.....	9
Tabelle 3:	Angaben zur Verbrennungskapazität für das MHKW Mainz.....	10
Tabelle 4:	Grenzwerte und Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen für 2008	13
Tabelle 5:	renzwerte und Ergebnisse der Einzelmessungen für 2008 [EGM].....	13
Tabelle 6:	aten der TREA Leuna [MVV Umwelt].	17
Tabelle 7:	echnische Daten der TREA Breisgau [Höling].....	19
Tabelle 8:	missionswerte der TREA Breisgau für 2006 (Ausschnitt) [Sotec_2].....	20
Tabelle 9:	urchschnittliche Emissionen im Jahr 2008 [ZAS_1].	24
Tabelle 10:	Änderungen an der Abfallverbrennungsanlage Kassel	26
Tabelle 11:	Emissionen und entsprechende Grenzwerte für die kontinuierlich durchgeführten Messungen am Standort Kassel [Kassel-4].	28
Tabelle 12:	Emissionen und entsprechende Grenzwerte für regelmäßige Einzelmessungen am Standort Kassel [Kassel-4].....	28
Tabelle 13:	Beendete oder verschobene Maßnahmen für Kapazitätserweiterungen.	34
Tabelle 14:	Angaben zur Anzahl der Standorte und Verbrennungskapazität in der Literatur.....	42
Tabelle 15:	Verbrennungskapazitäten der deutschen Abfallverbrennungsanlagen (Teil 1).	46

1 Einleitung

In einem hoch entwickelten Staat wie Deutschland fallen bei industriellen Produktionsprozessen, in Gewerbebetrieben und privaten Haushalten sehr unterschiedliche Abfälle in verschiedenen Größenordnungen an. Entsprechend der aktuellen Abfallstatistik für das Jahr 2007 waren insgesamt 387 Mio. t Abfälle zu entsorgen; die mineralischen Abfälle aus dem Bau- und Abbruchgewerbe bildeten mit 202 Mio. t den größten Anteil. Große Beiträge zur Gesamtmasse lieferten ferner Produktionsabfälle mit 58,5 Mio. t und Bergbauabfälle mit 42,9 Mio. t. Aus den privaten Haushalten mussten unter Berücksichtigung der getrennt gesammelten Fraktionen insgesamt 41,7 Mio. t Abfall entsorgt werden. [Destatis 2009].

Für die Behandlung und Entsorgung dieser Abfallströme stehen unterschiedliche Technologien und Behandlungsanlagen zur Verfügung. Neben Verfahren zur mechanischen Sortierung und Aufbereitung existieren chemisch-physikalische Verfahren (CPV), die insbesondere für die Behandlung von Produktionsabfällen eingesetzt werden. Großtechnische Abfallverbrennungsanlagen und biologische Behandlungstechnologien bilden einen wesentlichen Beitrag für die Abfallentsorgung, insbesondere für Hausmüll. Außerdem existieren Deponien, die entsprechend der Eigenschaften der einzulagernden Abfälle in verschiedene Klassen eingeteilt sind.

Der Umgang mit Abfällen und deren Entsorgung wird allgemein durch wirtschaftliche Faktoren und diverse Rechtsvorschriften bestimmt, die auch Anforderungen aus europäischen Richtlinien umsetzen. In Deutschland steht das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) [KrW-/AbfG] im Mittelpunkt, das u. a. grundlegende Forderungen an die Abfallentsorgung enthält. Ergänzende Rechtsvorschriften beziehen sich auf einzelne Abfallarten wie Verpackungen oder auf ausgewählte Entsorgungswege.

Die technischen Anforderungen an Abfallentsorgungsanlagen resultieren in der Regel aus dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) [BImSchG] mit den ergänzenden Rechtsvorschriften und der Betriebsgenehmigung der entsprechenden Anlage.

Für die Abfallablagerung auf Deponien als Entsorgungsweg wurde 1993 mit Verabschiedung der "Technischen Anleitung Siedlungsabfall" (TA Si) [TA Si] eine maßgebliche Rechtsvorschrift erlassen. Die TA Si enthielt u. a. umfangreiche Vorgaben für den Bau und Betrieb von Deponien sowie Anforderungen an die abzulagernden Abfälle. Im Mittelpunkt der Diskussionen über die TA Si stand die Begrenzung des Kohlenstoffgehalts (TOC) auf 1 bzw. 3 Masse-% oder des Glühverlusts auf 3 bzw. 5 Masse-% (abhängig von der Deponieklasse) der einzulagernden Abfälle. Für die Einhaltung dieser Grenzwerte war nach dem damaligen Stand der Technik für Hausmüll und andere Abfälle eine thermische Behandlung zwingend erforderlich.

Ähnliche Entwicklungen, d.h. eine Abkehr von der einfachen Deponierung von Abfällen, sind nicht auf Deutschland begrenzt, sondern führen auch im Ausland zu Veränderungen in der Abfallentsorgung und zum Neubau von Abfallverbrennungsanlagen.

In Deutschland hatten entsprechende Abfallverbrennungsanlagen in der Politik und der Bevölkerung ein schlechtes Image, sodass einerseits neue Abfallverbrennungsanlagen errichtet und andererseits alternative Behandlungsverfahren neu entwickelt wurden. Im Mittelpunkt der Neuentwicklungen stand die Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung (MBA).

Durch die Verabschiedung der Abfallablagerungsverordnung [AbfAbIV] im Jahr 2001 wurden die Vorgaben der TA Siedlungsabfall für unbehandelte Siedlungsabfälle übernommen. Außerdem erfolgte die Einführung neuer Grenzwerte für die Rückstände aus der

MBA, die auf Deponien abgelagert werden. Als Alternative zur Verbrennung wurden in vielen entsorgungspflichtigen Körperschaften MBA-Anlagen gebaut.

Allerdings entstehen bei der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung Fraktionen mit hohen Heizwerten, die nicht auf Deponien abgelagert werden können. Als Entsorgungsweg für diese Rückstände kommt neben der Verbrennung gemeinsam mit Hausmüll in Abfallverbrennungsanlagen eine Mitverbrennung in Industrieprozessen in Betracht. Hier stehen die Anlagen der Zementindustrie und Kraftwerke im Mittelpunkt.

Die Mitverbrennung, in der Vergangenheit als bevorzugte Lösung gesehen, steht allerdings nicht in dem erhofften Umfang zur Verfügung. Durch die Mitverbrennung von Abfällen in Kraftwerken kann es zu Korrosionsproblemen und Schwierigkeiten bei der Vermarktung der Rückstände in der Bauindustrie kommen.

In der Zementindustrie ergeben sich Einschränkungen durch die Anforderungen an die Produktqualität, denn die Verbrennungsrückstände der mitverbrannten Abfälle gelangen überwiegend in das Produkt. Bei der Zusammensetzung der eingesetzten Abfallbrennstoffe können die Konzentrationen an Chlorid und Quecksilber ein Problem darstellen. Die Chloridkonzentration im Zement ist durch die Norm DIN 197 [DIN 197] auf 0,1 Masse-% limitiert, und für Quecksilber besitzen Zementanlagen in der Regel keine Abscheidungsstufe in der Abgasbehandlung. Folglich kann eine zusätzliche Aufbereitung der eingesetzten Abfälle notwendig werden. Außerdem müssen Einflüsse auf die Feuerungstechnik berücksichtigt werden, denn neben den Rauchgasvolumina können sich durch die Mitverbrennung die Rauchgasfeuchte und die Rauchgastemperatur ändern [Krennbauer].

Die aufgezeigten Entwicklungen in der Abfallwirtschaft sind mit der Einhaltung der Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall bzw. Ablagerungsverordnung durch den Neubau von Behandlungsanlagen und die verstärkte Mitverbrennung noch nicht abgeschlossen. Zukünftig werden neue Aspekte die Abfallwirtschaft beeinflussen.

Im Rahmen der aktuellen Diskussion bekommen der Klimawandel und die Preissteigerungen im Energiesektor bei abfallwirtschaftlichen Entscheidungen einen immer größeren Stellenwert. Aufgrund der geringen Energiepreise in der Vergangenheit und des Brennstoffangebots aus den MBA entwickelte sich ein Markt für Ersatzbrennstoffkraftwerke und deren Brennstoffversorgung. Mehrere Wirtschaftsunternehmen errichteten Ersatzbrennstoffkraftwerke zur Sicherung des eigenen Wärme- und Strombedarfs; weitere Neubauten sind in der Planung. Eine aktuelle Zusammenstellung findet man in [Thiel 2009].

Außerdem wird sich das KrW-/AbfG aufgrund einer Neufassung der europäischen Abfallrahmenrichtlinie [RL 2008/98] ändern. Diese Richtlinie enthält eine neue fünfstufige Abfallhierarchie¹ mit einem eindeutigen Vorrang der stofflichen Verwertung vor der thermischen Verwertung. Zum Inhalt der neuen Abfallrahmenrichtlinie gehören ferner Aussagen zur Präzisierung des Abfallbegriffs und zum Ende der Abfalleigenschaft. Umfangreichere Erläuterungen findet man zum Beispiel in [Thomé-K.].

Ein inoffizieller Arbeitsentwurf zu Novelle des KrW-/AbfG wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Ende Februar 2010 in Umlauf gebracht [Euwid 2010 9a]. Die Verabschiedung der Neufassung ist für Mitte 2011 geplant [Euwid 2010 9b].

¹ a) Vermeidung, b) Vorbereitung zur Wiederverwendung, c) Recycling, d) sonstige Verwertung, z.B. energetische Verwertung, e) Beseitigung.

Folglich werden sich nach der Umsetzung der neuen Abfallrahmenrichtlinie in deutsches Recht die Abfallströme maßgeblich verändern. Für weitere Informationen über die Änderungen durch die neue Abfallrahmenrichtlinie wird auf die Literatur [Kopp] verwiesen.

Es ist ferner davon auszugehen, dass die geplante Umsetzung des "Konzepts 2020" [Doedens] [Keßler] [Fehrenbach] mit einem vollständigen Verzicht auf eine Deponierung von vorbehandelten Siedlungsabfällen die Entsorgungswege in der deutschen Abfallwirtschaft beeinflussen wird.

2 Problemstellung

Die kurze Zusammenfassung der abfallwirtschaftlichen Entwicklungen im vorangegangenen Abschnitt hat gezeigt, dass die Abfallverbrennung in der Vergangenheit für die Erfüllung der Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall eine besondere Bedeutung hatte. In der Zukunft werden insbesondere Klimaproblematik, steigenden Energiepreise, neue abfallwirtschaftliche Konzepte oder geänderte rechtliche Rahmenbedingungen an Bedeutung gewinnen.

Für zukünftige Planungen und Entscheidungen im Bereich der deutschen Abfallwirtschaft stellen die Kapazitäten der Abfallverbrennungsanlagen folglich wichtige Schlüsselinformationen dar. In der Literatur und Fachpresse wird über die Erweiterung von Standorten oder den Anlagenneubau berichtet. Die erste Aufgabenstellung im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist somit die Bestimmung der aktuellen Standortzahl und die Berechnung der Gesamtkapazität von allen Anlagen.

Neben der Bestimmung der aktuellen Verbrennungskapazität sind die Hintergründe für die Entwicklung der Verbrennungskapazitäten von Interesse. Es ist die Frage zu stellen, ob die Veränderungen bei der Gesamtkapazität durch neue Standorte, Erweiterungen bestehender Standorte oder anderer Gründe hervorgerufen werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen ergänzend ausgewählte Standorte anhand von Informationen aus der Literatur etwas genauer beschrieben werden. Das Ziel ist eine Erläuterung der technischen Veränderungen im Lauf der Zeit für ausgewählte Standorte, um für zukünftige Entscheidungsprozesse in der Abfallwirtschaft eine bessere Informationsbasis bereitzustellen. Ein Beispiel in diesem Zusammenhang ist das im Rahmen der novellierten europäischen Abfallrahmenrichtlinie [RL 2008/98] geforderten Lebenszyklusdenken, wenn bei abfallwirtschaftlichen Maßnahmen von der neuen, fünfstufigen Abfallhierarchie abgewichen wird.

Den Hintergrund für dieses zweite Ziel bilden die Entwicklungen bei deutschen Abfallverbrennungsanlagen in der Vergangenheit. Die deutschen Abfallverbrennungsanlagen sind zwar mit den Prozessstufen Rostfeuerung, Kessel und Rauchgasreinigung ähnlich aufgebaut; die Umsetzung und die spezifischen Daten können aber sehr unterschiedlich sein. Außerdem können sich an bestehenden Standorten durch Baumaßnahmen zum Erhalt oder Erweiterung der Verbrennungskapazität Änderungen in der Anlagentechnik ergeben.

Die Durchsicht der Literatur hat gezeigt, dass in Lehrbüchern zum Umweltschutz oder zur Abfallwirtschaft lediglich der Aufbau und die Funktion der Abfallverbrennungsanlagen relativ kurz beschrieben werden (Siehe z.B. [Bank] [Bilitewski] [Görner]). Genauere Erläuterungen zur Technik, wie z.B. Feuerung, Kessel oder Rauchgasreinigung, sind in Fachbüchern [Mayr] [Netz] zu finden. Ausführliche Erläuterungen zu einem Standort mit Darstellung der technischen Veränderungen über viele Betriebsjahre sind hingegen nur relativ selten zu finden. Lediglich in [Thome-K. 1994] findet man eine ausführliche Beschreibung der Technik und Angaben über die einzelnen Standorte, die allerdings nicht mehr aktuell sind.

Im folgenden Kapitel werden zunächst sieben Standorte von deutschen Abfallverbrennungsanlagen in einzelnen Abschnitten vorgestellt, der letzte Abschnitt enthält eine ergänzende Zusammenstellung von Informationen anderer Standorte. Aufgrund der großen Vielfalt können nicht alle Abfallverbrennungsanlagen berücksichtigt werden. In weiteren Kapiteln wird auf die Verbrennungskapazität der deutschen Abfallverbrennungsanlagen und deren Veränderung im Lauf der Zeit eingegangen. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse bildet den Abschluss der vorliegenden Arbeit.

3 Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland

Wie in Kapitel 1 erwähnt, hat es in der Abfallwirtschaft und verschiedenen Wirtschaftsbereichen in der Vergangenheit umfangreiche Veränderungen gegeben. Wichtige Ursachen waren die Umsetzung der Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall oder Preissteigerungen bei Rohstoffen und fossilen Energieträgern. Diese Entwicklungen hatten ein verstärktes Interesse an der thermischen Behandlung von Abfällen zur Folge.

In den folgenden Abschnitten werden zunächst die im Rahmen dieser Arbeit erfassten Anlagen festgelegt, anschließend wird das Grundkonzept der deutschen Abfallverbrennungsanlagen beschrieben. In weiteren Abschnitten wird auf sieben ausgewählte deutsche Standorte und verschiedene Aspekte von weiteren Standorten eingegangen.

3.1 Abgrenzung der berücksichtigten Anlagen

Ursprünglich erfolgte die thermische Behandlung von Abfällen in Müllverbrennungsanlagen (MVA), in denen die Entsorgung von Abfällen Priorität hatte. Die oft diskutierte Abgrenzung zwischen Verwertung und Beseitigung entstand vor dem Hintergrund rechtlicher Aspekte. In Kraftwerken wird elektrische Energie und Wärme durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen gezielt erzeugt. Industrielle Produktionsprozesse dienen u. a. der Herstellung von Zement, Stahl oder anderen metallischen Werkstoffen.

Heute werden Abfälle nicht nur in Müllverbrennungsanlagen eingesetzt, sondern in vielen anderen Bereichen als Brennstoff genutzt. Nach einer Sortierung und/oder Aufbereitung kann die Mitverbrennung der in konventionellen Kraftwerken mit dem Ziel erfolgen, Kosten für die Regelbrennstoffe wie Kohle einzusparen und gleichzeitig zusätzliche Erlöse zu erwirtschaften. Aus den gleichen Gründen wird zunehmend die Mitverbrennung von Abfällen in der Zementindustrie durchgeführt. Der Anteil der Abfälle an der Feuerungswärmeleistung stieg in Deutschland allein von 2007 bis 2008 von 52 auf 54 % [Euwid 2009 40c].

Ergänzend werden seit einigen Jahren Ersatzbrennstoffkraftwerke errichtet, deren Hauptzweck dem von "normalen" Kraftwerken entspricht: Die Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme.

Eine Gegenüberstellung der Sekundärbrennstoffkraftwerke mit den herkömmlichen Abfallverbrennungsanlagen zeigt eine weit reichende Ähnlichkeit. Die technische Ausführung der Ersatzbrennstoffkraftwerke, insbesondere die eingesetzte Feuerungstechnik und die Rauchgasreinigung entsprechen eher dem Aufbau von Müllverbrennungsanlagen. Auf einfachen Schemazeichnungen sind die Unterschiede in der Regel nicht zu erkennen. Als Brennstoff werden an Stelle der fossilen Energieträger wie Öl oder Kohle aufbereitete Abfälle oder ausgewählte Abfallfraktionen eingesetzt. Diese Entwicklung wird für Kraftwerke und Müllverbrennungsanlagen in Abbildung 1 dargestellt.

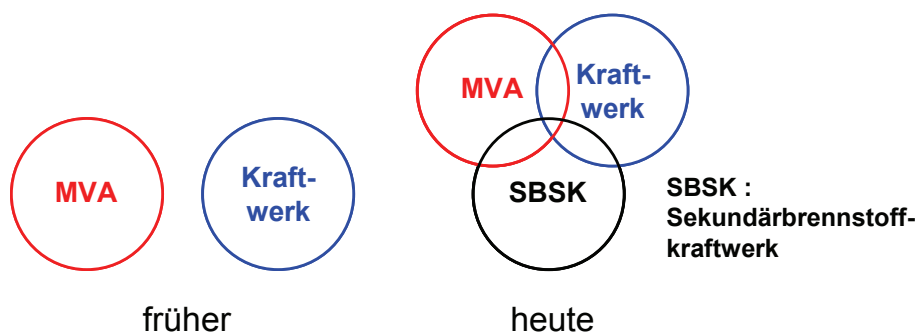


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung zur Entwicklung der Technologien im Lauf der Zeit.

Die reale Vielfalt der technischen Anlagen für die thermische Behandlung von Abfällen ist allerdings größer als in Abbildung 1 dargestellt. Ergänzend existieren Verbrennungsanlagen für die Entsorgung von betriebseigenen Rückständen, die z. B. bei der Abwasserreinigung oder in der Papierindustrie anfallen. Unberücksichtigt in Abbildung 1 bleibt auch die oben im Text erwähnte Nutzung von Abfällen in der Zementindustrie.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Studie stehen Müllverbrennungsanlagen für die thermische Behandlung von Hausmüll oder Restabfällen in Deutschland; entsprechende Anlagen werden an ca. 70 Standorten betrieben.

Die in der Vergangenheit errichteten Kombinationsverfahren für die thermische Behandlung von Abfällen, Thermoselect und das von Siemens entwickelte Schwel-Brenn-Verfahren, konnten sich am Markt nicht etablieren. Die Verbrennung von Sonderabfällen in Anlagen mit Drehrohrfeuerung ist mit ca. 1 Mio. t pro Jahr von relativ geringer Bedeutung. Diese Verfahren werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

3.2 Schematischer Aufbau einer MVA

Das Grundprinzip der deutschen Müllverbrennungsanlagen und somit der schematische Aufbau der Anlagen ist weitgehend identisch. Die wichtigsten Anlagenteile sind die Feuerung, kombiniert mit einem Kessel zur Wärmenutzung, und die Abgasreinigung.

In Deutschland hat sich die Rostfeuerung insbesondere für die thermische Behandlung von Restabfällen etabliert. Lediglich am Standort Burgau ist eine relativ kleine Pyrolyseanlage in Betrieb.

Rostfeuerungen werden nicht nur in Deutschland, sondern weltweit für die Abfallverbrennung eingesetzt. Allerdings müssen für die Auslegung der Feuerung insbesondere im asiatischen Raum Heizwerte berücksichtigt werden, die im Vergleich zu Europa oder USA deutlich niedriger sind. In Abbildung 2 sind die Bandbreiten der Heizwerte dargestellt.

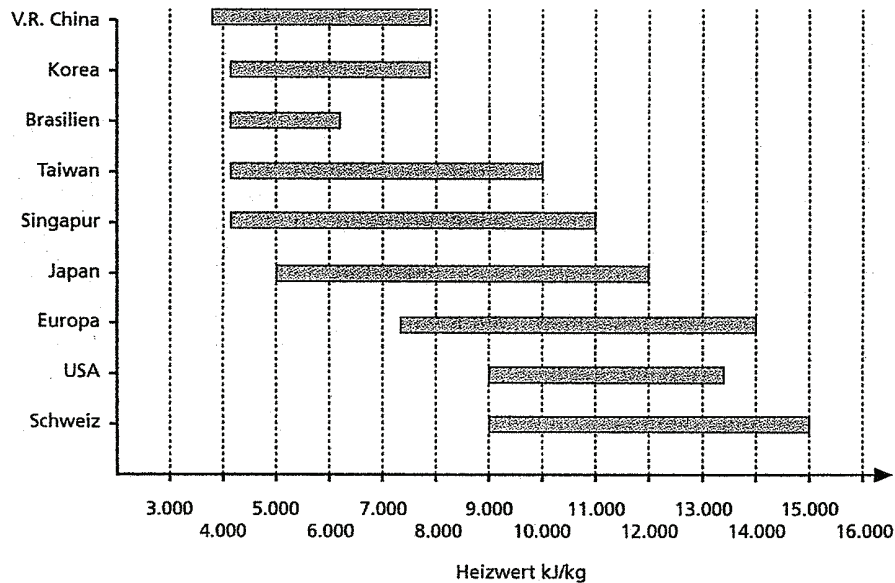


Abbildung 2: Heizwertbereiche (Tagesmittelwerte) in bestehenden Abfallverbrennungsanlagen der Fa. Martin [Fleck_2].

Der Einsatz von Rostfeuerungen ist nicht auf Abfälle begrenzt, sondern diese Technologie wird auch für die Verbrennung von Holz, ausgewählten Produktionsabfällen oder Sekundärbrennstoffen eingesetzt. In der Literatur wurde in der Vergangenheit auch über die Umrüstung von Altholzverbrennungsanlagen von auf Sekundärbrennstoffe berichtet. Hinter dieser Entwicklung verbirgt sich die Verknappung von Altholz bzw. die Preissteigerung. Ein Beispiel stellt die Umrüstung des Holzheizkraftwerks am Standort Kirchmöser in Brandenburg dar, wo die Verbrennung von 75.000 bis 90.000 t Sekundärbrennstoffe pro Jahr vorgesehen ist. [Euwid 2006 11b]

In der Abbildung 3 sind die einzelnen Prozessstufen einer Müllverbrennungsanlage (MVA) mit den entsprechenden Stoffströmen schematisch zusammengefasst.

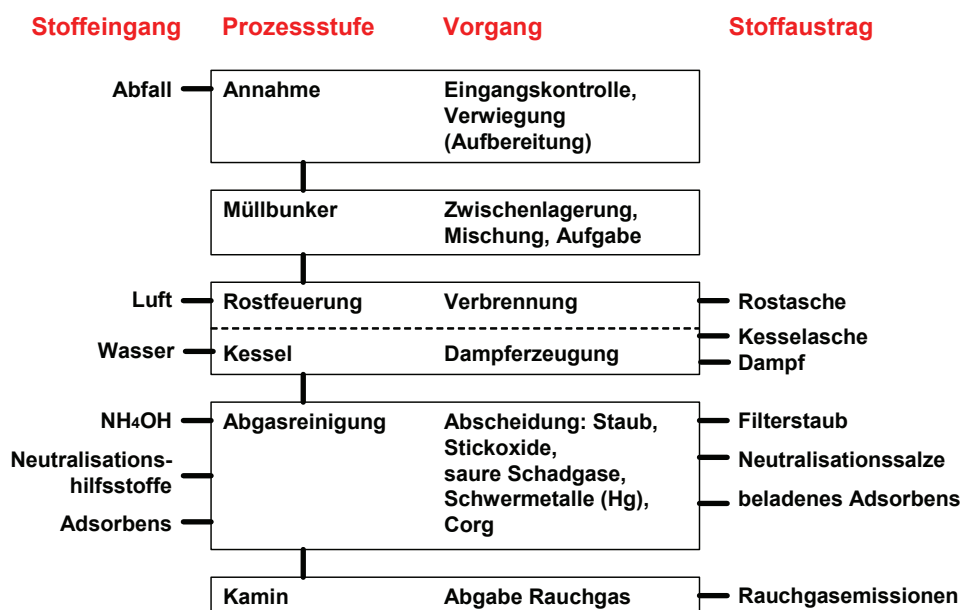


Abbildung 3: Schematischer Aufbau einer MVA.

Entsprechend Abbildung 3 gehören zu den in die Abfallverbrennungsanlage eintretenden Stoffströmen neben dem zu verbrennenden Abfall und der erforderlichen Luft verschiedene Stoffströme für den Betrieb der Abgasreinigung. Der Stoffaustrag umfasst Rost- und Kesselasche als feste Verbrennungsrückstände sowie die emittierten Rauchgase. Zusätzlich entstehen durch den Betrieb der Abgasreinigung Filterstäube, Neutralisationssalze oder beladene Adsorbentien, die als austretende Stoffströme berücksichtigt werden müssen. Nicht dargestellt in Abbildung 3 ist die Energienutzung des erzeugten Dampfes mit dem entsprechenden Wasserkreislauf.

Der schematische Aufbau in Abbildung 3 kann bei der großtechnischen Realisierung einerseits mit unterschiedlichen Anlagengrößen und andererseits mit vielen Varianten bei den einzelnen Prozessstufen umgesetzt werden. Die möglichen Varianten bei der technischen Ausführung in Verbindung mit einer großen Herstelleranzahl haben dazu geführt, dass sich alle Müllverbrennungsanlagen in Deutschland unterschiedlich darstellen.

In Deutschland variieren die Anzahl der am Standort installierten Verbrennungslinien (Anzahl der Kessel) und die Verbrennungskapazität der Anlagen. Eine der kleinsten Anlagen mit einer Verbrennungslinie wurde in Ludwigslust mit einer jährlichen Kapazität von 50.000 t/Jahr errichtet [Napp]. Im Vergleich zu der Anlage am Standort Ludwigslust sind die großen Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland mit mehreren Verbrennungslinien ausgerüstet und können mehr als die zehnfache Abfallmenge verbrennen. Die Tabelle 1 enthält einige Beispiele.

Tabelle 1: Große Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland.

Standort	Gesamtkapazität t/Jahr	Verbrennungslinien	Quelle
Berlin-Ruhleben	ca. 520000	8	[Temme]
Essen-Karnap	ca. 745000	4	[Führer]
Helmstedt	ca. 525000	3	[BKB]
Köln	ca. 660000	3	[ITAD]

Die Baugröße der Verbrennungslinien ist durch die geometrischen Abmessungen von Abfallaufgabe, Verbrennungsrost und Kessel limitiert [Fleck_1]. Im Fall der Feuerraumabmessungen (1. Zug) haben sich maximale Tiefen im Bereich von 4,5 bis 5,5 m und eine maximale Breite von 15 m bewährt [Fleck_1]. Abfallverbrennungsanlagen in dieser Größenordnung können über 30 t Abfall pro Stunde verbrennen; für die neuen Verbrennungslinien am Standort Amsterdam wird ein Durchsatz von 33,6 t/Stunde genannt [Fleck_1]. Als obere Grenze für die Bruttowärmeleistung einer Verbrennungslinie ergibt sich ein Bereich zwischen 110 und 120 MW_{th} [Fleck_1].

Die erforderliche Größe der Abfallverbrennungsanlage ergibt sich in der Regel aus dem Einzugsgebiet in Verbindung mit den Abfallentsorgungskonzepten der Region. Die erwähnte Anlage am Standort Ludwigslust ist regional einem relativ kleinen Entsorgungsgebiet zugeordnet. Große Anlagen dienen entweder zur Abfallentsorgung in großen Ballungsräumen oder sind als überregionale Anlage mit einem größeren Einzugsgebiet konzipiert. Beispielsweise werden in der Anlage am Standort Zorbau die Abfälle für etwa 1,4 Mio. Einwohner aus drei Zweckverbänden entsorgt [Sita_1].

Die Anlage, die im Juli 2005 den Betrieb aufgenommen hat [Euwid 2005 28], ist mit zwei Verbrennungslinien ausgerüstet [Von Roll-1] und besitzt eine Verbrennungskapazität von 300.000 t/Jahr [Euwid 2005 28]. Im Jahr 2008 wurden 331.896 t Abfall verbrannt [ITAD 2010].

Unabhängig von der Größe einer Verbrennungslinie gibt es für die technische Ausführung der einzelnen Prozessstufen entsprechend Abbildung 3 viele Varianten. Neben verschiedenen Rosttypen gibt es Unterschiede bei der Kesselform und der Dampfnutzung. Die Dampfnutzung lässt sich vereinfacht in Stromerzeugung, Wärmebereitstellung oder Dampfabgabe (an Industriebetriebe oder Kraftwerke) einteilen, wobei Kombinationen möglich sind.

Die Anforderungen an die Abgasreinigung einer Abfallverbrennungsanlage richten sich nach den einzuhaltenden Grenzwerten. In Deutschland werden die Mindestanforderungen an die Emissionsgrenzwerte durch die "Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen" (17. BImSchV) [17. BImSchV] festgelegt, die in der ersten Fassung 1990 verabschiedet wurde. Im Genehmigungsbescheid für die Verbrennungsanlage können niedrigere Emissionsgrenzwerte festgeschrieben werden.

Die Emissionsgrenzwerte der ersten Fassung der 17. BImSchV wurden im Jahr 2000 in die europäische Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen [RL 2000/76/EG] übernommen. Durch Änderungen der 17. BImSchV wurden u. a. die Emissionsgrenzwerte für Quecksilber (1999) und Stickoxide (2009) für deutsche Abfallverbrennungsanlagen verschärft.

Eine Zusammenstellung der Rohgaskonzentrationen für einzelne Schadstoffe und die entsprechende Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV enthält Tabelle 2.

Tabelle 2: Anforderungen an die Rauchgasreinigung.

	Rohgaskonzentration nach Kessel [mg/Nm ³ tr.]	Tagesmittelwert 17 BImSchV [mg/Nm ³ tr.]	Abscheiderate [%]
Gesamtstaub	2000-10000	10	99,9
HCl	400-1500	10	99
HF	2-20	1	95
SO ₂	200-800	50	94
NO _x als NO ₂	200-400	200 ²	50
Hg	0,3-0,8	0,03	88
Cd, Tl	3-12	0,05	99,6
PCDD/PCDF	2-4 ng TEQ/m ³	0,1 ng TEQ/m ³	97

Ein Vergleich der Rohgaskonzentrationen mit den niedrigen Tagesmittelwerten für die Emissionsgrenzwerte aus der 17. BImSchV in Tabelle 2 zeigt, dass für Abfallverbrennungsanlagen eine leistungsfähige Rauchgasreinigung unabdingbar ist. Bereits zu Beginn der 90er Jahre konnten die besten Rauchgasreinigungstechnologien die aufgeführten Abscheideraten erfüllen [Donnally]. Die heute verfügbaren Techniken zur Rauchgasreinigung ermöglichen nicht nur eine sichere Einhaltung der Anforderungen aus der 17. BImSchV, sondern auch eine weitgehende Unterschreitung. An der MVA Asdonkshof werden die Grenzwerte der 17. BImSchV bereits vor der letzten Rauchgasreinigungsstufe (Aktivkoks-Festbett-Filter) eingehalten [Neunkirchen].

Die technisch mögliche Unterschreitung der Grenzwerte aus der 17. BImSchV hat in der aktuellen Rechtsprechung im Rahmen von Genehmigungsverfahren zur Einführung von Kontrollwerten geführt. Das Ziel der Kontrollwerte ist der Nachweis über eine ordnungsgemäße Funktion der Anlage entsprechend dem Stand der Technik. Eine Verschärfung der Emissionsgrenzwerte im Zusammenhang mit den Kontrollwerten steht nicht im Blickpunkt. [Lahl] [Versteyl]

Für die technische Ausführung der Rauchgasreinigungsanlage können verschiedene Rauchgasreinigungsstufen kombiniert werden, so dass an den großtechnischen Abfallverbrennungsanlagen heute sehr unterschiedliche Rauchgasreinigungskonzepte existieren. In den 90er Jahren entstanden aufgrund der neuen, anspruchsvollen Grenzwerte der 17. BImSchV relativ aufwändige Rauchgasreinigungsanlagen mit vielen Verfahrensstufen.

² Ergänzend existiert in Jahresmittelwert mit 100 mg/Nm³

Um die Behandlungskosten für die thermische Abfallbehandlung in neueren Hausmüllverbrennungsanlagen zu reduzieren, werden heute im Vergleich zum Anfang der 90er Jahre vereinfachte Rauchgasreinigungsanlagen errichtet. Im Mittelpunkt stehen dabei einstufige trockene oder quasitrockene Verfahren zur Abscheidung saurer Schadstoffe aus dem Rauchgas. Die Investitionskosten dieser Varianten sind im Vergleich zu nassen Verfahren deutlich geringer. Eine nähere Erläuterung von technisch eingesetzten Rauchgasreinigungsvarianten ist in dem BREF-Dokument "Waste Incineration" der Europäischen Kommission [BREF WI] oder in [VDI 3460] zu finden.

3.3 Standort Mainz

Für die Restabfallentsorgung in Mainz wurde von der Fichtner GmbH eine verfahrensoffene Ausschreibung durchgeführt [Bohlmann]. Als Ergebnis der Ausschreibung erging am 1. Oktober 1999 der Auftrag zum Bau des Müllheizkraftwerks an ein Konsortium aus den Firmen Martin GmbH, Walter Bau AG und Babcock Borsig Power GmbH [Syring] [Feldhaus]. Aufgrund der Insolvenz von der Babcock Borsig-Gruppe mussten die anderen beteiligten Unternehmen den Bau fertig stellen [Feldhaus]. In [Fischer] findet man eine Übersicht über die Unternehmen, die an Ausschreibung, Planung und Bau beteiligt waren.

Für die Planung, Errichtung und Betrieb der neuen Abfallverbrennungsanlage wurde am 12. März 1999 die Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM) unter Beteiligung der Kraftwerke Mainz-Wiesbaden AG, der REMONDIS Region Südwest GmbH, der VEOLIA Umweltservice Süd-West GmbH & Co. KG sowie der Stadt Mainz gegründet [EGM].

Im Dezember 2003 nahm das MHKW Mainz mit zwei Verbrennungslinien seinen Betrieb im Industriegebiet Ingelheimer Aue auf [Fischer]. Für die jährliche Verbrennungskapazität existieren unterschiedliche Angaben, die in Tabelle 3 aufgeführt sind. In Abbildung 4 ist ein Längsschnitt der Anlage dargestellt.

Tabelle 3: Angaben zur Verbrennungskapazität für das MHKW Mainz.

Kapazität [t/Jahr]	Quelle
260.000	[Martin-Mainz]
200.000 bis 230.00	[Euwid 2003 47a]
210.000	[Euwid 2004 17]
214.000 für 2004	[Fischer]
230.000	[Seiler] [Euwid 2008 38]

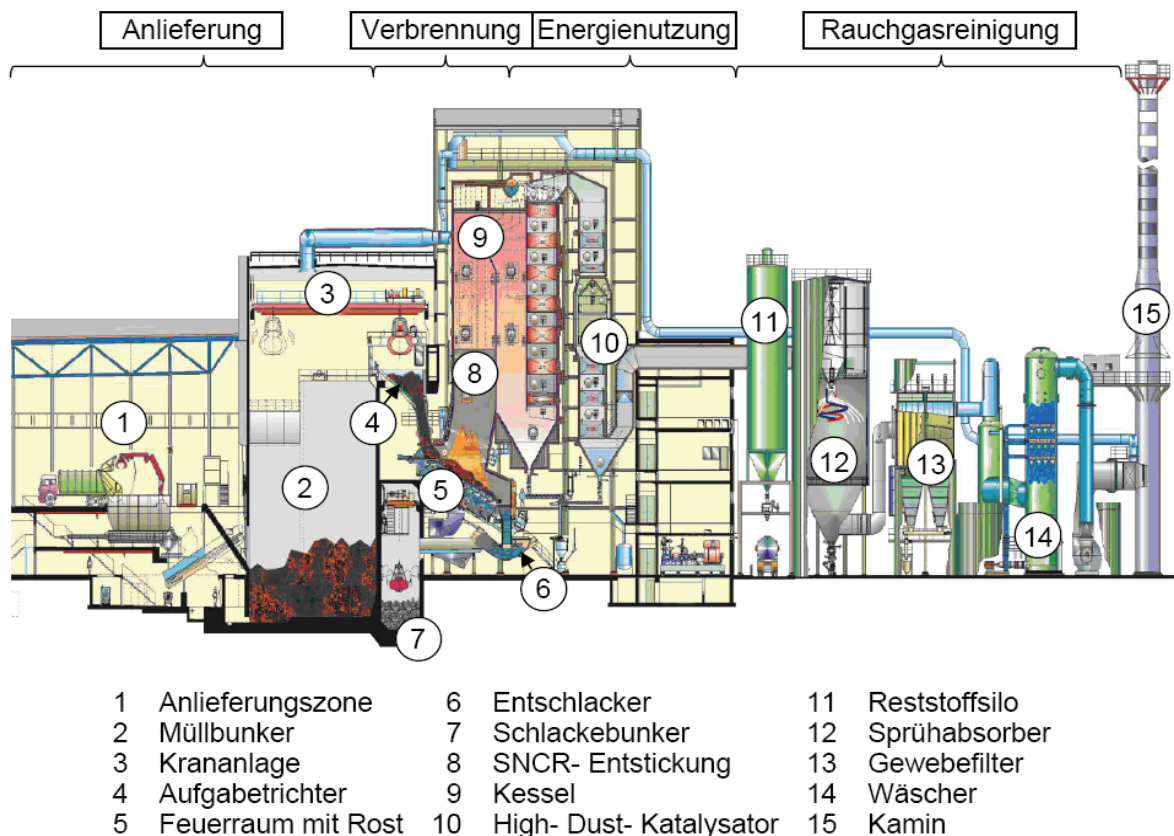


Abbildung 4: Längsschnitt durch das MHKW Mainz [Martin-Mainz (angepasst)].

Die Abfälle gelangen über die Anlieferzone (1) in die Anlage. Sperrmüll kann hier mit speziellen Vorrichtungen zerkleinert werden. Die angelieferten Abfälle werden anschließend im Müllbunker (2) gespeichert.

Ein Kran mit Greifer (3) befüllt die Beschickungstrichter (4), über den der Abfall mit Unterstützung eines Dosierstößels in den Feuerraum auf den Rost (5) gelangt. Am Standort Mainz ist ein wassergekühlter Rückschubrost der Fa. Martin (München) installiert. Durch die Bewegung einzelner Rostelemente entstehen langsame Misch- und Wälzbewegungen, die den Transport der brennenden Abfälle zum Rostende bewirken. Die für die Verbrennung notwendige Luft wird aus dem Müllbunker abgesaugt und den einzelnen Rostbahnen, die zusätzlich in Rostzonen unterteilt sind, bedarfsgerecht zugeführt.

Die entstehende Schlacke als Verbrennungsrückstand fällt am Ende des Rostes in den Entschlacker (6). Im Entschlacker befindet sich ein Wasserbad zur Abkühlung der Schlacke, das zusätzlich als Abschluss des Feuerraums dient. Durch mechanische Fördereinrichtungen gelangt die abgekühlte Schlacke in den Schlackebunker (7).

Neben der Schlacke entstehen durch die Verbrennungsprozesse schadstoffhaltige Rauchgase, die den Feuerraum nach oben verlassen. Die Wärmeenergie der heißen Rauchgase wird im Kessel (9) zur Dampferzeugung genutzt. Aufgrund der Gegebenheiten am Standort Mainz kann die Verwendung des erzeugten Dampfes auf eine besondere Art und Weise erfolgen: Der Dampf wird dem Zwischenüberhitzer des benachbarten Gas- und Dampfturbinenkraftwerks (GuD) zugeführt [Jopp] [Syring], dessen Nettowirkungsgrad bei 58,4 % liegt. Eine genauere Beschreibung des Kraftwerks findet man in [Jopp] und [Fischer]. Den schematischen Aufbau des GuD-Kraftwerks stellt Abbildung 5 vereinfacht dar.

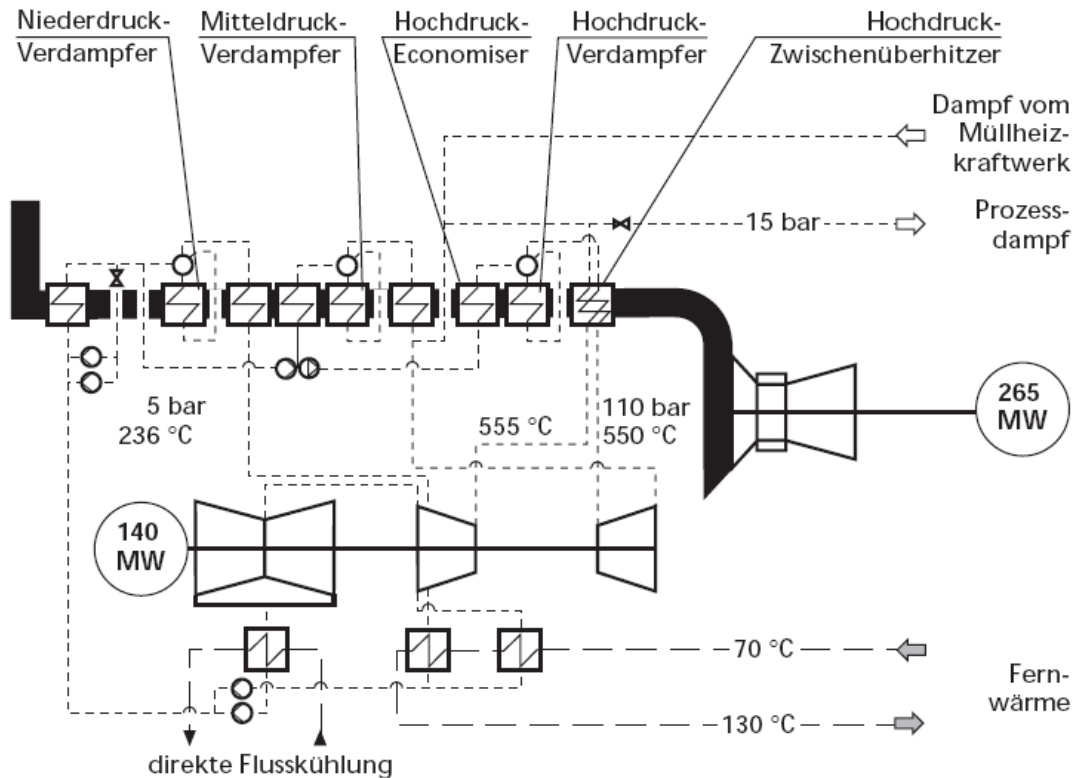


Abbildung 5: Blockschaltbild des GuD-Kraftwerks am Standort Mainz [Fischer].

Die Rauchgasreinigung zur Abscheidung der Schadstoffe aus dem Rauchgas besteht am MHKW Mainz aus einer Kombination von verschiedenen Rauchgasreinigungsstufen. Im ersten Schritt werden die hohen Temperaturen der Rauchgase zur Entstickung nach dem Verfahren der selektiven-nicht-katalytische Reduktion (SNCR) unter Verwendung von Ammoniakwasser genutzt (8 in Abbildung 4). Im Rauchgas verbliebene Restmengen von nicht umgesetztem Ammoniak werden mit einem High-Dust-Katalysator (10 in Abbildung 4) zur weitergehenden Entstickung genutzt.

Die nächste Rauchgasreinigungsstufe ist als Sprühabsorber (12 in Abbildung 4) ausgeführt, wo durch Zuführung von Kalkmilch eine erste Abscheidung von sauren Rauchgasbestandteilen wie SO_2 , HF und HCl stattfindet. Nach einer Zudosierung von Aktivkoks zur Bindung von Dioxinen/Furanen, Schwermetallen und anderen Schadstoffen gelangen die mit Additiven beladenen Rauchgase in den Gewebefilter (13 in Abbildung 4). Dieser Gewebefilter scheidet Staub aus der Verbrennung und die beladenen Additive aus dem Rauchgas ab. In einem nachgeschalteten Wäscher (14 in Abbildung 4) werden die Konzentrationen der sauren Rauchgasbestandteile weiter abgesenkt. Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte wird am Ende der Rauchgasreinigung durch verschiedene Messeinrichtungen (15 in Abbildung 4) kontrolliert.

Die relativ aufwändig ausgeführte Rauchgasreinigung ermöglicht eine sichere Einhaltung der vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte, die am Standort Mainz zum Teil anspruchsvoller sind als die Vorgaben der 17. BImSchV. Eine entsprechende Zusammenstellung der kontinuierlichen Messungen und der Einzelmessungen zeigen Tabelle 4 und Tabelle 5.

Tabelle 4: Grenzwerte und Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen für 2008 [EGM].

Kontinuierliche Messung (§11 der 17. BImSchV)	Tagesmittelwert gem. Genehmigung [mg/m ³]	Tagesmittelwert nach 17. BImSchV [mg/m ³]	Jahresmittelwert Verbrennungslinie 1 [mg/m ³]	Jahresmittelwert Verbrennungslinie 2 [mg/m ³]
Kohlenmonoxid	50	50	7,30	8,20
Gesamtstaub	8	10	0,22	0,22
Gesamtkohlenstoff	10	10	0,20	0,30
Chlorwasserstoff	8	10	0,15	0,09
Schwefeldioxid	50	50	0,70	0,50
Stickstoffdioxid	150	200	127	128
Quecksilber	0,03	0,03	0,001	0,003
Ammoniak	10	-	0,36	0,18

Tabelle 5: Grenzwerte und Ergebnisse der Einzelmessungen für 2008 [EGM].

Einzelmessungen (§13 der 17. BImSchV)	Tagesmittelwert gem. Genehmigung [mg/m ³]	Tagesmittelwert nach 17. BImSchV [mg/m ³]	Jahresmittelwert Verbrennungslinie 1 [mg/m ³]	Jahresmittelwert Verbrennungslinie 2 [mg/m ³]
Cadmium und Thallium	0,05	0,05	< 0,001	< 0,001
Summe Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Vanadium, Zinn	0,5	0,5	< 0,018	< 0,020
Summe Arsen, Benzo(a)pyren, Cadmium, Chrom(VI)	0,05	0,05	< 0,00001	< 0,00001
Dioxine und Furane*	0,08	0,1	0,007	0,004

*Angaben in ng/m³

Im März 2006 begannen Überlegungen für eine Erweiterung der Anlage am Standort Mainz um eine dritte Verbrennungslinie [Euwid 2006 11]; die bevorstehende Einreichung des Genehmigungsantrags wurde bereits im April 2006 erwähnt [Euwid 2006 17]. Das erste Müllfeuer im neuen Kessel wurde im Dezember 2008 gezündet [Euwid 2008 38]. Die dritte Verbrennungslinie, die wie die ersten beiden Linien die Fa. Martin (München) errichtet hat, besitzt eine Verbrennungskapazität von 140.000 t/Jahr [Euwid 2006 34] (142.000 t/Jahr [Martin-Mainz]). Damit steigt die Gesamtverbrennungskapazität am Standort Mainz auf 340.000 t/Jahr [Euwid 2008 38] (370.000 [Euwid 2006 34]).

3.4 Standort Leuna

Am Chemiestandort Leuna, der im Drei-Länder-Eck Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen liegt, wurde 2005 eine neue Abfallverbrennungsanlage in Betrieb genommen. Die Thermische Restabfallbehandlung- und Energieverwertungs-Anlage Leuna (TREA) wurde von der MVV Umwelt GmbH als Generalunternehmer [Günther_1] mit Investitionskosten im Bereich um 90 Mio. Euro [Leuna_1] errichtet. An anderer Stelle [Günther_2] werden 94 Mio. Euro

genannt. Die MVV O&M GmbH hat die Betriebsführung der TREA übernommen [Günther_2].

Für die erste Verbrennungslinie wird eine jährliche Kapazität von 195.000 t/Jahr angegeben. [Günther_1] [Günther_2]. Angeschlossen sind sieben Kommunen in Sachsen-Anhalt und Thüringen [Günther_1]. Ab 1. Juli 2006 wird ein Teil der Abfälle aus dem Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal (ZAOE) in der TREA Leuna entsorgt. Hintergrund ist die gescheiterte Errichtung der Trockenstabilanlage im Kreis Meißen aufgrund der Insolvenz der Fa. Herhof [Euwid 2006 9]. Für Abfälle aus den Landkreisen Anhalt-Zerbst, Wittenberg, Sömmerda und den Ilm-Kreis werden Behandlungskosten von 90 Euro pro Tonne mitgeteilt [Leuna_1]. Andere Quellen [Euwid 2006 9] [ARGE] bestätigen diese Größenordnung.

Der Bau der Anlage begann am 29. September 2003 mit dem ersten Spatenstich, die Gründung des Müllbunkers erfolgte am 1. Dezember 2003 [Leuna_1]. Die Kesseldruckprobe fand am 15. Februar 2005 statt [Leuna_5], und am 1. Juni 2005 erreichte das erste Müllfahrzeug offiziell die Anlage [Leuna_4]. Das erste Müllfeuer wurde am 28. Juni 2005 gezündet [Günther_1], und nach einem Probetrieb über mehrere Monate wurde die TREA Leuna am 10. Oktober 2005 offiziell eingeweiht [Leuna_5]. Eine Außenansicht der Anlage zeigt Abbildung 6, den schematischen Aufbau dokumentiert Abbildung 7.



Abbildung 6: Außenansicht der TREA Leuna [Günther_2].

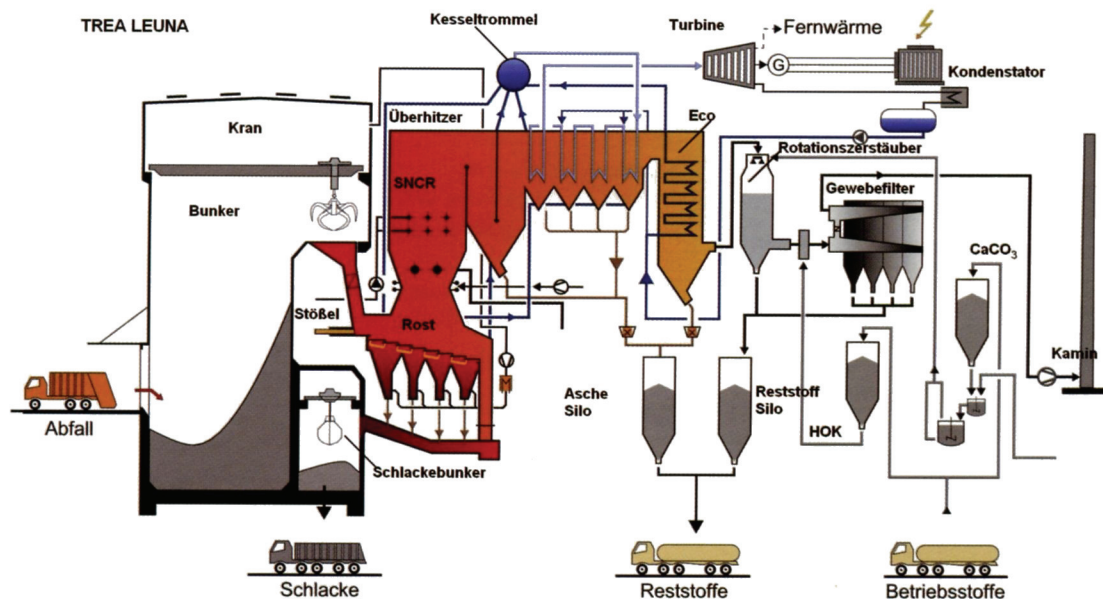


Abbildung 7: Vereinfachtes Anlagenfließbild der TREA Leuna [Günther_1].

Der Abfall wird sowohl über die Schiene als auch über die Straße angeliefert und im Müllbunker gespeichert. Der Müllbunker hat ein Fassungsvermögen von 10.000 m³; dies entspricht einer Verbrennungsleistung von 5 Tagen [Günther_2].

Vom Bunker wird der Abfall mit einem Kran in den Aufgabetrichter gefüllt und gelangt über eine Schurre in den Feuerraum. Ein hydraulisch betriebener Aufgabestößel fördert den Abfall auf den luftgekühlten Vorschubrost. Die notwendige Luft für die Verbrennung auf dem Rost wird aus dem Bunker abgesaugt, mit Hilfe eines Dampf-Luftvorwärmers vorgeheizt und von unten durch den Rost als Primärluft eingeblasen. Zusätzlich wird für einen vollständigen Ausbrand Sekundärluft über die gesamte Breite in den Feuerraum oberhalb des Rostes eingeblasen. Für An- und Abfahrvorgänge sowie das Einhalten bestimmter Mindesttemperaturen sind im Feuerraum Brenner installiert. [Günther_1]

Der feste Verbrennungsrückstand, die Rostasche, fällt am Ende des Rostes in einen Nassentschlacker und wird über ein Plattenband zum Schlackebunker transportiert. Die Speicherkapazität des Schlackebunkers wird mit fünf Tagen angegeben [Günther_1]. Entsprechend den Auslegungsdaten fallen pro Jahr 57.000 t Schlacke an [Leuna_3].

Am Auslegungspunkt (195.000 t/Jahr) können der Anlage 25 t/Stunde Abfall mit einem Heizwert von H_u 11 MJ/kg zugeführt werden. Technisch möglich sind Heizwerte im Bereich von 7,5 MJ/kg bis 14,6 MJ/kg. Die Wärme der heißen Rauchgase wird in einem nachgeschalteten Kessel für die Dampferzeugung genutzt, der von der Firma Alstom Power Conversion errichtet worden ist. An der Anlage in Leuna ist der Kessel als Drei-Zug-Vertikal-Kessel mit nachgeschaltetem Tail End Zug und vertikal angeordnetem Economiser ausgeführt. Die Dampfparameter werden mit 40 bar und 400 °C angegeben. [Günther_1] [Günther_2] [Leuna_5]

Es werden 90 t/Stunde Frischdampf produziert [Leuna_2]. Für die Energienutzung steht eine Turbine mit einer elektrischen Leistung von 20 MW zur Verfügung [Günther_1]; eine zusätzliche Einspeisung von Dampf mit 290 °C bei 16 bar oder 320 °C bei 16 bar in die Dampfnetze am Standort sind möglich [Günther_2].

Die Rauchgasreinigung wurde von der Firma LAB GmbH aus Stuttgart gebaut [Leuna_5]. In der ersten der insgesamt vier Stufen werden die Stickoxidemissionen mit Hilfe einer SNCR-Anlage reduziert. Bei Temperaturen im Bereich von 850 °C wird Ammoniakwasser in den ersten Kesselzug eingedüst. Als Produkte entstehen Stickstoff und Wasser. Die Abscheidung der sauren Schadstoffe HCl, SO₂ und HF erfolgt nach einem quasitrockenen System, indem Kalkmilch im Sprühabsorber in den Rauchgasstrom eingesprüht wird. Außerdem wird in einem Umlenkreter für die Abscheidung von Quecksilber und organischen Schadstoffen wie polychlorierten p-Dibenzodioxinen und p-Dibenzofuranen in den Rauchgasstrom Braunkohle-Herdofenkoks eingeblasen. Der Umlenkreter ist hinter dem Sprühabsorber installiert und dient der Verbesserung der Stoffaustauschvorgänge zwischen Rauchgas und zugeführten Sorptionsmitteln. Die Reaktionsprodukte der sauren Schadstoffe, der beladene Herdofenkoks und der Flugstaub aus dem Kessel werden in einem nachfolgenden Gewebefilter aus dem Rauchgas abgeschieden und teilweise im Kreislauf geführt. Das von Schadstoffen befreite Abgas gelangt über den 80 m hohen Kamin in die Atmosphäre. [Günther_1] [Günther_3]

Den einfachen Aufbau der Rauchgasreinigung, in der jährlich ca. 13.000 t/Jahr [Leuna_3] Rückstände anfallen, dokumentiert Abbildung 8. Die beiden großen, noch nicht verkleideten Rauchgasreinigungsaggregate, der Gewebefilter und die Sprühabsorption vor dem Kesselhaus sind im Hintergrund gut zu erkennen.



Abbildung 8: Bau der Rauchgasreinigung an der TREA Leuna [NN].

Zusätzlich ist an dem Standort eine Ballierungsanlage installiert, die aus dem Müllbunker beschickt wird und aus einem langsam laufenden Schredder sowie einer Kanallballenpresse aufgebaut ist (in Abbildung 7 nicht dargestellt). Die Ballen haben einen quadratischen Querschnitt (1 m x 1 m) und eine Länge von ca. 1,5 m. [Günther_3].

Es können ca. 600 t (30 t/Stunde [Günther_2] Hausmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle täglich verarbeitet werden. Im angeschlossenen Ballenlager (Abbildung 9) können etwa 15.000 t aufgenommen werden. Das Ballenlager ermöglicht somit die Annahme von Abfällen bei Stillständen oder auch Maßnahmen bei Änderungen am Abfallmarkt. [Günther_1] [Günther_2]



Abbildung 9: Ballenlage TREA Leuna [Günther_2].

Die Anlage am Standort Leuna wurde später um eine zweite baugleiche Verbrennungslinie ergänzt. Der erste Spatenstich fand am 10. Oktober 2005 statt. Die erste Müllannahme war für Juni 2007 geplant [Leuna_5] [Günther_2]. Die offizielle Inbetriebnahme erfolgte im September 2007 [Euwid 2007 38]. Eine erneute Erweiterung um eine dritte Linie war lediglich in der Diskussion [Euwid 2007 21].

In Tabelle 6 sind die technischen Daten für die beiden Verbrennungslinien am Standort Leuna aufgeführt. Abbildung 10 zeigt die Anlage von außen nach Abschluss der Bauarbeiten für die zweite Verbrennungslinie.

Tabelle 6: Daten der TREA Leuna [MVV Umwelt].

Feuerung	Vorschubrost
Fassungsvermögen Müllbunker	20.000 m ³
Jahresdurchsatz	390.000 t/Jahr
Auslegungsheizwert	11.000 kJ/kg
Frischdampfproduktion	bis ca. 1,32 Mio. t/Jahr (40 bar, 400 °C)



Abbildung 10: Ansicht TREA Leuna nach Erweiterung [Leuna_6].

3.5 Standort Eschbach (Breisgau)

Das Breisgau ist eine Region im Südwesten von Baden-Württemberg, für die von der Gesellschaft Abfallwirtschaft Breisgau mbH am 1. März 2000 die Abfallentsorgung offiziell europaweit ausgeschrieben wurde. Diese Ausschreibung war das Ergebnis von Aktivitäten zur Sicherung der Abfallentsorgung in der Region, die Anfang der 90er Jahre begonnen hatten [Fremgen_1]. Das Ausschreibungsverfahren vom Planungsbeginn bis zur Vergabe hatte mehr als 2 Jahre in Anspruch genommen [Fremgen_2].

Die systematische Auswertung der auf die Ausschreibung eingegangenen Angebote führte im November 2000 zu einer Vergabe der Entsorgungsdienstleistungen an ein Konsortium der Firmen SOTEC GmbH und SITA [Fremgen_2].

Für die neue Abfallverbrennungsanlage "TREA Breisgau" im Gewerbepark bei Eschbach, ca. 25 km südöstlich von Freiburg, begann das Genehmigungsverfahren im Februar 2001 mit dem Scopingtermin [Fremgen_2], der Bau der Anlage begann 2002 [Sotec_1]. Mit einem Investitionskostenaufwand von 77 Mio. EUR [Euwid 2002 40] wurde eine Ofenlinie mit Rostfeuerung für die Verbrennung von 150.000 t Abfall pro Jahr (20 t/Stunde) [Höling] errichtet. Der Dampf wird für die Erzeugung von Strom (ca. 15 MW) und Fernwärme (ca. 20 MW) genutzt [Sotec_1]. Ergänzende Informationen zu der Verbrennungsanlage sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Technische Daten der TREA Breisgau [Höling].

Heizwertband (H_u)	7000 - 16000	kJ/kg
Heizwert (Auslegung, H_u)	11000	kJ/kg
Bunkervolumen	7000	m ³
Volumen Schlackebunker	800	m ³
Bruttowärmeleistung Kessel	61,1	MW
Dampfdruck Kessel	40	bar
Dampftemperatur	400	°C
Dampfmenge	ca. 7,1	t/h

Der Standort im Gewerbepark war allerdings für die Nutzung der Fernwärme nicht optimal geeignet, denn die Wärmeversorgung der Gemeinde Bad Krotzingen erforderte eine sieben Kilometer lange Leitung. Außerdem hatten sich bis zum Baubeginn der TREA Breisgau erst wenige Unternehmen im Gewerbepark angesiedelt. [Euwid 2002 40]

Die Anlage läuft seit Anfang März 2005 im Regelbetrieb und wurde im Juni 2005 offiziell eingeweiht [Euwid 2005 25]. Die Abbildung 11 zeigt die Anlage von außen, die Abbildung 12 dokumentiert den Aufbau der Rauchgasreinigung.



Abbildung 11: Außenansicht der TREA Breisgau.

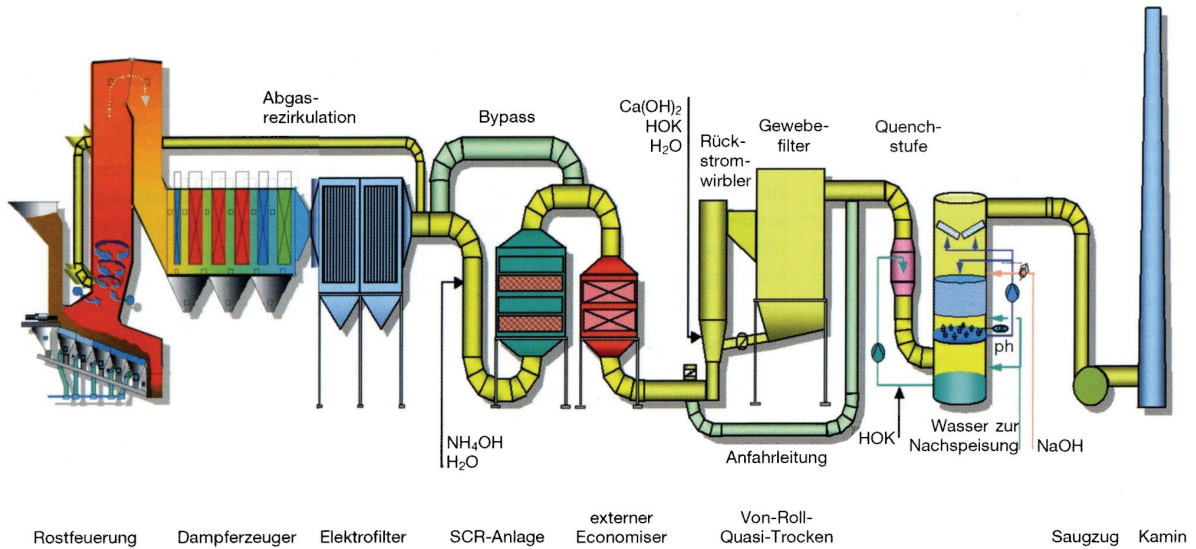


Abbildung 12: Querschnitt der TREA Breisgau [Höling].

In der Rauchgasreinigung werden entsprechend Abbildung 12 zuerst Staubpartikel mit einem Elektrofilter aus dem Rauchgas abgeschieden. Anschließend werden Stickoxide mit einer SCR-Anlage bei einer Katalysatorbetriebstemperatur von 260 °C reduziert [Höling]. Die nachfolgenden Rauchgasreinigungsstufen, ein quasitrockenes Verfahren in Kombination mit einer Waschstufe, dienen der Entfernung von Quecksilber und sauren Schadstoffen aus dem Rauchgas. Zu beachten ist die Zugabe von Herdofenkoks in den Quenchkreislauf des Wäschers für eine verbesserte Quecksilberabscheidung.

Die installierte Rauchgasreinigung ermöglicht sehr niedrige Emissionswerte, die deutlich unter den Anforderungen der 17. BImSchV liegen. In der Tabelle 8 sind die Emissionsdaten für 2006 zusammengefasst.

Tabelle 8: Emissionswerte der TREA Breisgau für 2006 (Ausschnitt) [Sotec_2].

kontinuierliche Messungen (01.01.2006 bis 31.12.2006)					
Parameter		Genehmigungswert	Jahresmittel	Genehmigungswert	Jahresmittel
		Konzentration	Messwert	Massenstrom	Messwert
		[mg/m ³]	[mg/m ³]	[kg/d]	[kg/d]
Gesamtstaub		5,00	0,47	10,80	0,91
Kohlenmonoxid	CO	50,00	0,45	108,00	1,09
Gesamtkohlenstoffe	C _{ges}	5,00	0,57	10,80	1,09
Chlorwasserstoff	HCl	5,00	0,06	10,80	0,12
Schwefeldioxid	SO ₂	10,00	0,82	21,60	1,63
Stickstoffdioxid	NO ₂	70,00	61,52	151,20	118,68
Quecksilber	Hg	10 * 10 ⁻³	0,52 * 10 ⁻³	20 * 10 ⁻³	1,03 * 10 ⁻³
Ammoniak	NH ₃	5,00	0,85	10,80	1,62
diskontinuierliche Messungen*					
5. Messung (30.01.2006)		Mittelwerte über Probenahmezeit**			
Parameter		Genehmigungswert	Messwert	Genehmigungswert	Messwert
		Konzentration	Konzentration**	Massenstrom	Massenstrom**
		[mg/m ³]	[mg/m ³]	[kg/d]	[kg/d]
Summe Cadmium und Thallium und ihre jeweilige Verbindungen		0,01	< 0,002	0,02	0,005
Summe Arsen, Cadmium, Cobalt, Chrom und ihre jeweiligen Verbindungen sowie Benzo(a)pyren		0,05	< 0,008	0,10	< 0,024
Summe Schwermetalle Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn		0,10	< 0,02	0,22	0,029
Ammoniak(NH ₃)		5,00	< 0,5	10,80	< 1,2
Dibenzodioxine/-furane		0,05 * 10 ⁻⁶	0,003 * 10 ⁻⁶	0,11 * 10 ⁻⁶	0,006 * 10 ⁻⁶

Die Abfallannahme während der Revisionszeiten wird durch eine Ballierungsanlage ermöglicht, die über einen separaten Aufgabetrichter aus dem Müllbunker beschickt wird. Es können 25 bis 30 kantige Ballen (1 m x 1 m x 1,6 m) pro Stunde mit einer Dichte zwischen 0,8 und 1,3 t/m³ produziert werden. Am Standort können maximal 3400 Ballen, verpackt in Stretchfolie, zwischengelagert werden. [Höling]

Die Schlacke, die bei der Abfallverbrennung am Standort anfällt, wird an die Schlackeverwertung Breisgau (SVB) GmbH abgegeben. Im Gewerbepark Breisgau wurde eine Aufbereitungsanlage errichtet, die eine Gewinnung von Baustoffen sowie Eisen- und Nichteisenmetallen ermöglicht. Der Durchsatz wird mit 50.000 t/Jahr angegeben [SVB], die Investitionskosten dieser Anlage lagen im Bereich von 3,4 Mio. EUR [Euwid 2003 47]. Für Informationen über das Konzept der Schlackeentsorgung und den verfahrenstechnischen Aufbau der Schlackeaufbereitungsanlage wird auf die Literatur [Fremgen_3] [Fremgen_4] verwiesen.

In direkter Nachbarschaft zur Verbrennungsanlage gibt es eine Anlage zur Erzeugung von Ersatzbrennstoffen, deren Abfallinput aus Gewerbeabfällen und Sperrmüll besteht. Die Sortierreste werden in der TREA Breisgau verbrannt. Ursprünglich wurde für diese Anlage eine Kapazität von 85.000 t/Jahr [Euwid 2004 49] geplant, die errichtete Anlage hat einen Durchsatz von 110.000 t/Jahr [Sita_2]. Die Inbetriebnahme erfolgte im Mai 2005 [Sita_2]. Abbildung 13 dokumentiert den Aufbau dieser Aufbereitungsanlage.

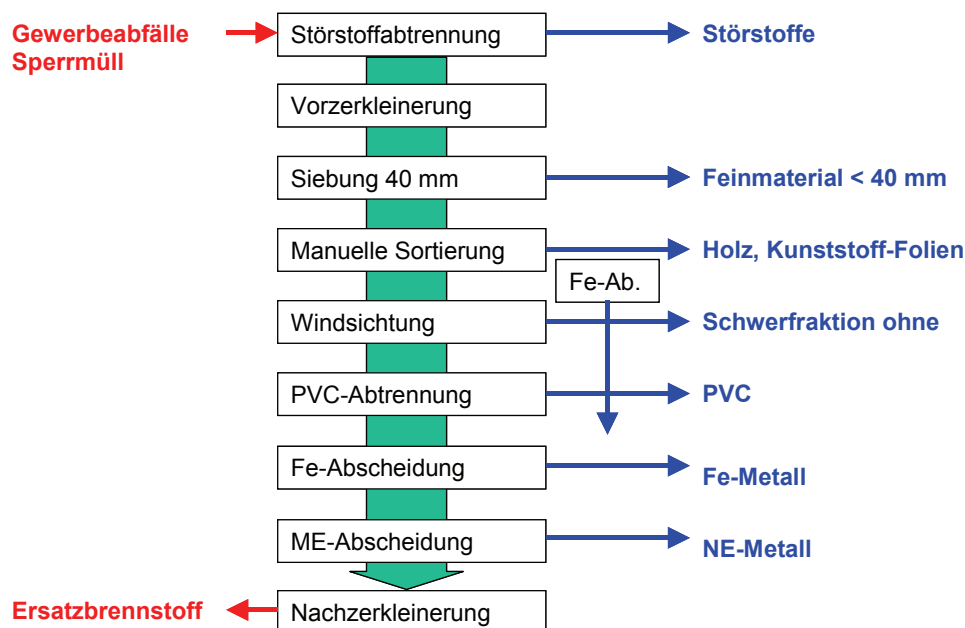


Abbildung 13: Schematische Darstellung des Anlagenkonzepts der Sortieranlage am Standort Eschbach [Sita_2].

In 2007 wurde dann für die Verbrennungsanlage am Standort Freiburg eine Erweiterung um eine zweite Verbrennungslinie in Erwägung gezogen [Euwid 2007 17]. Den Hintergrund für diese Erweiterung bildete die absehbare Schließung der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlagen an den Standorten Buchen und Heilbronn in Baden-Württemberg [Euwid 2007 17]. Allerdings wurden die entsprechenden Planungen später wieder eingestellt [Euwid 2007 26].

An Stelle der Erweiterung um eine neue Verbrennungslinie wurde 2008 eine Steigerung der Durchsatzmenge auf 185.000 t/Jahr geplant, die aufgrund geringerer Heizwerte technisch möglich wurde [Euwid 2008 24]. Das zuständige Regierungspräsidium hat eine entsprechende Genehmigung erteilt [Euwid 2009 7].

3.6 Standort Burgkirchen

Das Müllheizkraftwerk (MHKW) Burgkirchen liegt im südöstlichen Teil von Bayern und entsorgt den Abfall aus sieben bayrischen Landkreisen. Für die Abfallentsorgung haben die Landkreise 1984 den "Zweckverband Abfallverwertung Südostbayern" (ZAS) gegründet, durch den das Müllheizkraftwerk errichtet worden ist [ZAS_1]. Die Logistik des Abfalltransports zum MHKW baut maßgeblich auf Umladestationen und Bahnverkehr auf. [ZAS_1].

Die Abfallverbrennung in der Anlage begann mit der Zündung des ersten Müllfeuers im Januar 1994 [Schäfers]; ein Luftbild der Anlage zeigt Abbildung 14.



Abbildung 14: Ansicht des MHKW Burgkirchen [LFU_1].

Die Anlage verfügt über zwei Verbrennungslinien, die für einen Durchsatz von 15 t/h pro Linie bei einem Heizwert von 10560 kJ/kg ausgelegt worden sind [Schäfers]. Die Dampfparameter der installierten Kessel liegen bei 80 bar und 400 °C und ermöglichen eine Prozessdampfnutzung in einem Industriebetrieb [Schäfers], in dem es ein 70 bar-Dampfnetz gibt [Herzog].

Die bei der Verbrennung entstehenden Rauchgase, die im Mittel 1600 mg/Nm³ HCl, 300 mg/Nm³ SO₂ und 450 mg/Nm³ NO_x enthalten [Herzog], werden der Rauchgasreinigungsanlage zugeführt. Die Rauchgasreinigung am Standort Burgkirchen, in einem vereinfachten Schema in Abbildung 15 dargestellt, ist mit vier Verfahrensstufen sehr umfangreich gestaltet. Aufwändige Rauchgasreinigungsanlagen mit vielen Verfahrensstufen entstanden verstärkt in den 90er Jahren aufgrund der Diskussionen um die Emissionen und die Einhaltung bzw. Unterschreitung der damals neuen Grenzwerte aus der 17.BImSchV. Ähnlich aufgebaute

Rauchgasreinigungsanlagen gibt es in Deutschland auch an anderen Standorten, einerseits als Nachrüstung bestehender Anlagen und andererseits als Neubauten.

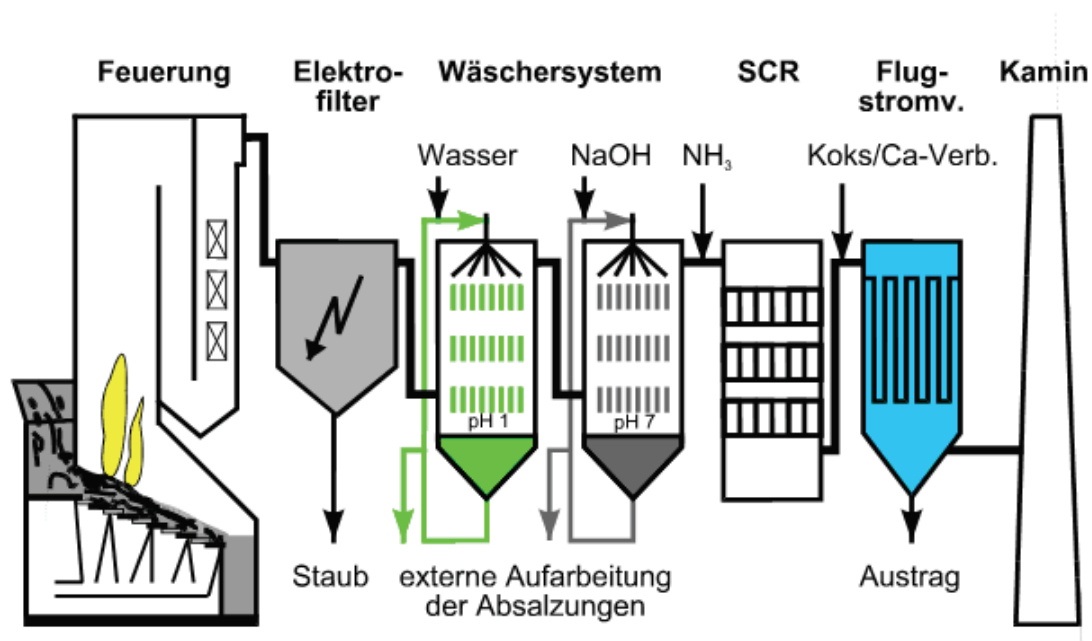


Abbildung 15: Schema der Rauchgasreinigung für das MHKW Burgkirchen.

Entsprechend Abbildung 15 wird am Standort Burgkirchen zuerst der Staub mit einem Elektrofilter aus dem Rauchgas entfernt. In der zweiten Reinigungsstufe, einem mehrstufigen Wäschersystem, werden saure Schadstoffe wie HCl , SO_2 und HF aus dem Rauchgas abgetrennt. Anschließend werden die Stickoxidkonzentrationen durch eine selektive, katalytische Reduktion (SCR-Verfahren) reduziert. Die letzte Rauchgasreinigungsstufe bildet ein Flugstromverfahren. Zur Abscheidung von Schwermetallen, organischen Schadstoffen und Restkonzentrationen saurer Schadstoffe wird ein Gemisch aus Herdofenkoks und $\text{Ca}(\text{CO})_3$ pulverförmig in den Rauchgasstrom eingebracht. Das mit Schadstoffen beladene Adsorbens wird in einem nachfolgenden Gewebefilter aus dem Rauchgasstrom abgetrennt. [ZAS_1] [Lurgi]

In Abbildung 15 nicht dargestellt sind die Abwasseraufbereitungs- und Eindampfanlagen für die Abläufe aus den Wäschersystemen, wodurch ein abwasserfreier Betrieb möglich ist. Außerdem fehlen in Abbildung 15 der Wärmetauscher und der Brenner für die Aufheizung der Rauchgase auf die Betriebstemperatur der SCR-Anlage.

Die aufwändige Rauchgasreinigung am Standort Burgkirchen ermöglicht nicht nur die sichere Einhaltung der Emissionsgrenzwerte, sondern eine deutliche Unterschreitung. Entsprechenden Daten für das Jahr 2008 sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: Durchschnittliche Emissionen im Jahr 2008 [ZAS_1].

Durchschnittlicher Jahreswert 2008	Emission Ofenlinie 1	Emission Ofenlinie 2	Grenzwert
Folgende Werte wurden mit diskontinuierlichen Messungen ermittelt			
Cadmium, Thallium	< 0.1 µg/m ³	< 0.2 µg/m ³	50 µg/m ³
Quecksilber	< 0.4 µg/m ³	< 0.4 µg/m ³	30/50 µg/m ³
Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Zinn, Vanadium	< 1 µg/m ³	< 5 µg/m ³	500 µg/m ³
Dioxine/Furane	0.002 ng/m ³	0.002 ng/m ³	0.1 ng/m ³
Folgende Werte wurden mit kontinuierlichen Messungen ermittelt			
Schwefeldioxid (SO ₂)	0.58 mg/m ³	0.88 mg/m ³	50 mg/m ³
Kohlenmonoxid (CO)	4.53 mg/m ³	3.61 mg/m ³	50 mg/m ³
Gesamtstaub	0.01 mg/m ³	0.01 mg/m ³	10 mg/m ³
Stickstoffoxide (NO _x)	59 mg/m ³	47 mg/m ³	200 mg/m ³
Gesamtkohlenstoff (C _{ges})	0.1 mg/m ³	0.1 mg/m ³	10 mg/m ³
Chlorwasserstoff (HCl)	2.2 mg/m ³	0.8 mg/m ³	10 mg/m ³
Ammoniak (NH ₃)	1.2 mg/m ³	0.7 mg/m ³	20 mg/m ³

3.7 Standort Kassel

Am Standort Kassel existiert für die Entsorgung von Hausmüll seit mehreren Jahrzehnten eine Abfallverbrennungsanlage; die erste Inbetriebnahme eines Abfallkessels erfolgte 1967 [Schreyer]. Die jährliche Kapazität der Anlage, die mit zwei Verbrennungslinien ausgerüstet ist, wird mit 150.000 t pro Jahr bei einem Heizwert von 11.077 kJ/kg angegeben [Kassel-2] [ITAD]. Im Jahr 2004 wurden 151.000 t [Euwid 2007 4] und im Jahr 2005 173.632 t Abfall verbrannt [Kassel-3]. Technische Optimierungen und Änderungen in der Abfallzusammensetzung seit 2005 ermöglichen zurzeit die thermische Behandlung von bis zu 180.000 t/Jahr [Schreyer].

Die durch Abfallverbrennung erzeugte Wärme wird am Standort Kassel für die Erzeugung von elektrischer Energie und Fernwärme genutzt; das entsprechende Fernwärmenetz wurde ab Mitte der achtziger Jahre aufgebaut [Schreyer].

Eine schematische Darstellung der Müllverbrennungsanlage Kassel aus dem Jahr 1983 zeigt Abbildung 16. Auffällig ist die sehr einfache Rauchgasreinigung, die nur aus einem Elektrofilter zur Staubabscheidung besteht.

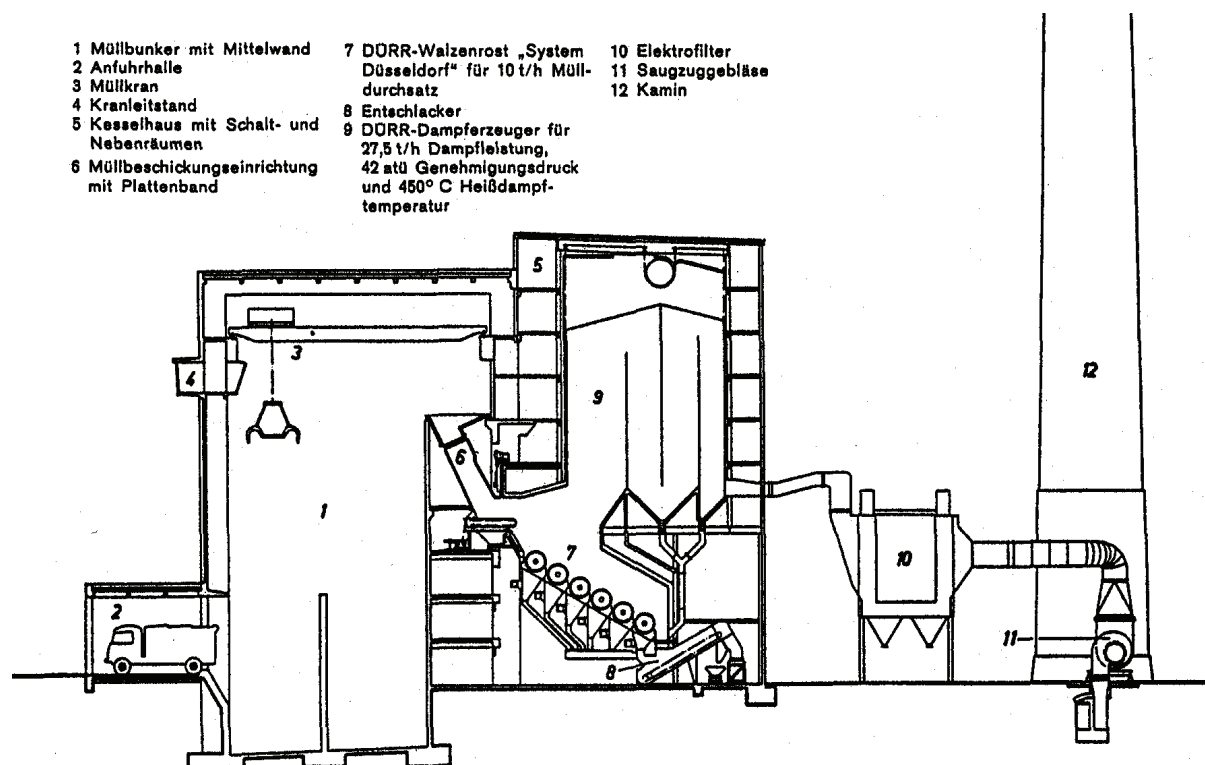


Abbildung 16: Längsschnitt MVA Kassel ([Thomé-K. 1983] angepasst).

Den Hintergrund für diese sehr einfache Rauchgasreinigung bilden die damaligen Emissionsgrenzwerte. Neue Vorschriften mit verschärften Emissionsgrenzwerten wurden zunächst durch eine Neufassung der TA Luft 1986 [TA Luft 86] erlassen. Weitere Verschärfungen ergaben sich 1990 durch die erste Fassung der 17 BImSchV [17 BImSchV], die später mehrfach geändert wurde.

Im Lauf der Zeit wurden am Standort Kassel die Kessel verändert und die Rauchgasreinigung in mehreren Schritten erweitert und umgebaut. Mit den umfangreichen Änderungen der Kessel und im Bereich der Rauchgasreinigung repräsentiert die Anlage in Kassel eine typische Altanlage. Tabelle 10 enthält eine Übersicht über die wichtigsten Veränderungen.

Tabelle 10: Änderungen an der Abfallverbrennungsanlage Kassel [Kassel-2] [Noell] [Tanner] [Schreyer].

1968 bis 1968	Bau und Inbetriebnahme der Müllverbrennungsanlage mit den Kesseln Kessel 1 und 2.
1981 bis 1982	Anpassung der Kessel an geänderte Heizwerte.
Dez. 1985	Auftrag zum Bau einer neuen Rauchgasreinigung an die Firma Noell-KRC Umwelttechnik GmbH, Würzburg.
1987	Errichtung der Rauchgasreinigung nach dem Sprühabsorptionsverfahren mit Kalkmilch und Rezirkulation zur Emissionsreduzierung, Inbetriebnahme ab Mai 1987.
1994	Seit 1994 wird die Anlage den gesetzlichen Vorgaben der 17. BImSchV angepasst.
1997	Inbetriebnahme des neuen Kessels 3, Rückbau von Kessel 1.
1999	Inbetriebnahme des neuen Kessels 4, Rückbau von Kessel 2.
ab 2004	Erneuerung der alten Rauchgasreinigungsstufen

Von der ursprünglichen Anlage ist vermutlich nur der Elektrofilter nach dem Kessel für die Entstaubung erhalten geblieben. Den Aufbau der Anlage zeigt Abbildung 17.

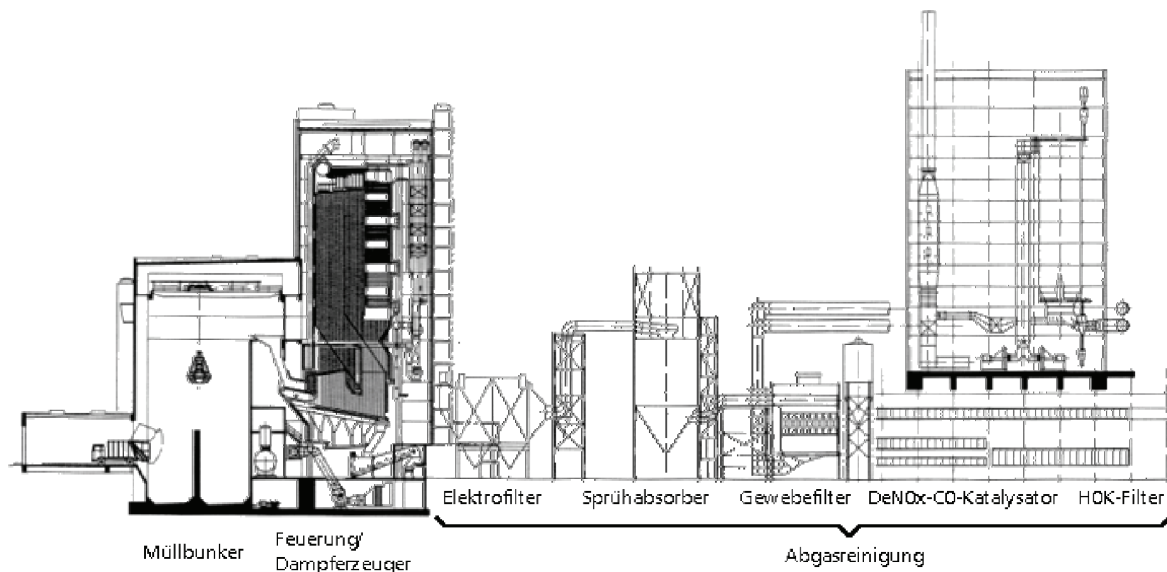


Abbildung 17: Aufbau der Rauchgasreinigung an der MVA Kassel bis etwa 2007 [Kassel-2].

Entsprechend Abbildung 17 bestand die Rauchgasreinigung bis etwa 2007 aus einem Elektrofilter, einem Sprühabsorber mit nachgeschaltetem Elektrofilter für die Abscheidung saurer Schadstoffe (quasitrockenes System), einem Herdofenkoksfilter (HOK-Filter) und abschließend einer SCR-Anlage für die Entstickung. Der HOK-Filter ist mit ca. 180 t Herdofenkoks pro Linie gefüllt, bis zu 100 kg werden pro Stunde aus dem Filter entnommen und zur Erhaltung der Abscheideleistung gegen frischen HOK ausgetauscht. [Kassel-2]

Der schlechte Zustand der relativ alten Rauchgasreinigungsaggregate (Elektrofilter, Sprühabsorber), hervorgerufen durch Verschleiß und Korrosion, führte 2004 zu dem Entschluss, diesen Teil der Rauchgasreinigung gegen ein System entsprechend dem Stand der Technik auszutauschen. Errichtet wurde ein trockenes Rauchgasreinigungsverfahren, bei dem Koks und Natriumhydrogencarbonat zur Abscheidung der Schadstoffe eingesetzt werden. Darüber hinaus wurden die Wärmenutzung für Stromerzeugung und Fernwärmebereitstellung optimiert [Tanner]. Den aktuellen Aufbau der Rauchgasreinigung verdeutlicht Abbildung 18.

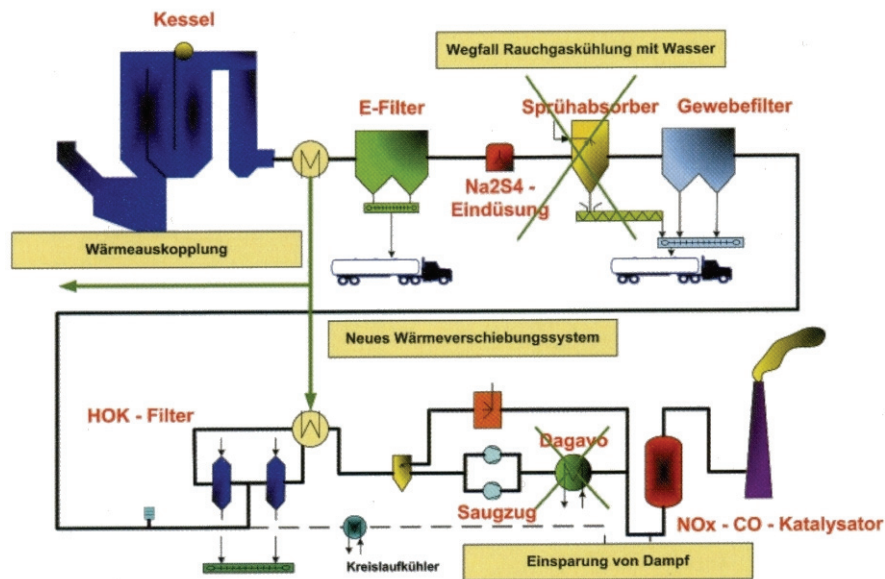


Abbildung 18: Aktueller Aufbau der Rauchgasreinigung am Standort Kassel [Schreyer].

Im Zusammenhang mit dem Umbau der Rauchgasreinigung gab es Überlegungen zur Vereinfachung der Rauchgasreinigung. Der HOK-Adsorber war bei der neu gestalteten Rauchgasreinigungsanlage nicht mehr notwendig, denn die Anforderungen der 17. BImSchV konnten ohne dieses Rauchgasreinigungsaggregat eingehalten werden. Die bestehenden, sehr niedrigen Emissionsgrenzwerte wären aber ohne den HOK-Adsorber nicht erreichbar gewesen. Die Entscheidung für den Verbleib des HOK-Adsorbers im Rauchgasreinigungssystem ermöglichte eine einfachere Genehmigung. [Tanner]

Die Emissionen für das Jahr 2008 sind in Tabelle 11 und Tabelle 12 aufgeführt. Die mehrfach optimierte Rauchgasreinigung mit der relativ großen Anzahl von Verfahrensstufen ermöglicht die deutliche Unterschreitung der Emissionsgrenzwerte.

Tabelle 11: Emissionen und entsprechende Grenzwerte für die kontinuierlich durchgeführten Messungen am Standort Kassel [Kassel-4].

Parameter	Grenzwerte		Linie 3 vom 01.01.-31.12.2008		Linie 4 vom 01.01.-31.12.2008			
	mg/m ³		Überschreitung in %		mg/m ³	Überschreitung in %		mg/m ³
	TMW	HMW	TMW	HMW	JMW	TMW	HMW	JMW
HCl	10	60	< 0,3	< 0,1	2,15	0	< 0,1	3,41
SO ₂	50	200	0	0	1,13	0	0	1,14
NO _x	200	400	0	0	133,37	0	0	128,74
CO	50	100	0	< 0,1	5,90	0	< 0,1	5,34
C _{ges.}	10	20	0	0	0,47	0	0	0,32
Staub	10	30	0	< 0,1	0,89	0	< 0,1	0,44
Hg	0,03	0,05	0	0	0,0014	0	0	0,0019
NH ₃	5	10	< 0,3	< 0,1	3,86	0	0	3,72

TMW: Tagesmittelwert, HMW: Halbstundenmittelwert

Tabelle 12: Emissionen und entsprechende Grenzwerte für regelmäßige Einzelmessungen am Standort Kassel [Kassel-4].

Parameter	Grenzwerte	Linie 3	Linie 4
	mg/m ³	mg/m ³ maximaler Messwert	mg/m ³ maximaler Messwert
HF	1	0,21	0,20
Benzol	5	< 0,02	< 0,03
17.BImSchV, §5, Absatz (1) Nummer 3. Buchstabe a) Cd, Tl	0,05	< 0,004	< 0,005
17.BImSchV, §5, Absatz (1) Nummer 3. Buchstabe b) Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5	0,033	0,0008
17.BImSchV, §5, Absatz (1) Nummer 3. Buchstabe c) As, Benzo(a)pyren, Cd, Co, Cr	0,05	0,015	0,0002
PCDD/PCDF: I-TEQ	0,1ng/m ³	< 0,001ng/m ³	< 0,001ng/m ³

Neben Restabfall werden an der MVA Kassel auch sperrige Abfälle angeliefert. In der Abfallsortier- und Zerkleinerungsanlage (ASZA) werden vor der Verbrennung nichtbrennbare Materialien (z.B. Schrott) aussortiert und sperrige brennbare Abfälle zerkleinert (10 cm Kantenlänge). Entsprechend dem Genehmigungsbescheid ist diese Anlage für hausmüll-ähnliche Gewerbeabfälle, Sperrmüll, Baustellenmischabfälle und Verpackungsmaterialien zugelassen [Kassel-1].

Im Jahr 2003 wurde gemeinsam mit dem Fachgebiet Abfalltechnik der Universität Kassel ein Betriebsversuch durchgeführt. Als Ergebnis ergab sich damals, dass die Kosten für den Sortieraufwand allein durch die Wertstofflöse nicht zu decken sind. Profitabel erschien die

Sortierung von Gewerbeabfällen nur unter Einbeziehung der entsprechenden Durchsatzsteigerung der MVA. [Urban]

Außerdem verfügt die MVA Kassel über ein Zwischenlager für ballierte Abfälle, das im Fall von Revisionen oder Engpässen für eine Gewährleistung der Abfallentsorgung benötigt wird. Das Lager, genehmigt am 23.05.2006 vom Regierungspräsidium Kassel, umfasst eine Fläche für ca. 5.000 Ballen. Zusätzlich können Ausweichflächen genutzt werden. Die Ballen werden aus dem angelieferten Abfall erzeugt. Der Abfall gelangt über einen Schredder in die Ballierungsmaschine, die im Anlieferbereich bei den Bunkerschleusen installiert ist. [Kassel-2]

3.8 Standort Bremen

In Bremen existiert seit 1969 eine Abfallverbrennungsanlage, die nach umfangreichen Umstrukturierungen heute von der swb Entsorgung GmbH betrieben wird. Diese Gesellschaft gehört zu 100 % zu der swb AG, die durch Privatisierung aus den Bremer Stadtwerken entstanden ist [Schumacher] [Grommes-1].

Zunächst war die Anlage am Standort Bremen mit 3 Verbrennungseinheiten ausgerüstet, eine vierte Verbrennungslinie wurde 1976 Verbrennungslinien in Betrieb genommen [Thomé-K. 1983]. Die Rauchgasreinigung entsprach dem damaligen Stand der Technik und beschränkte sich auf die Staubabscheidung mit einem Elektrofilter (Siehe Abbildung 19).

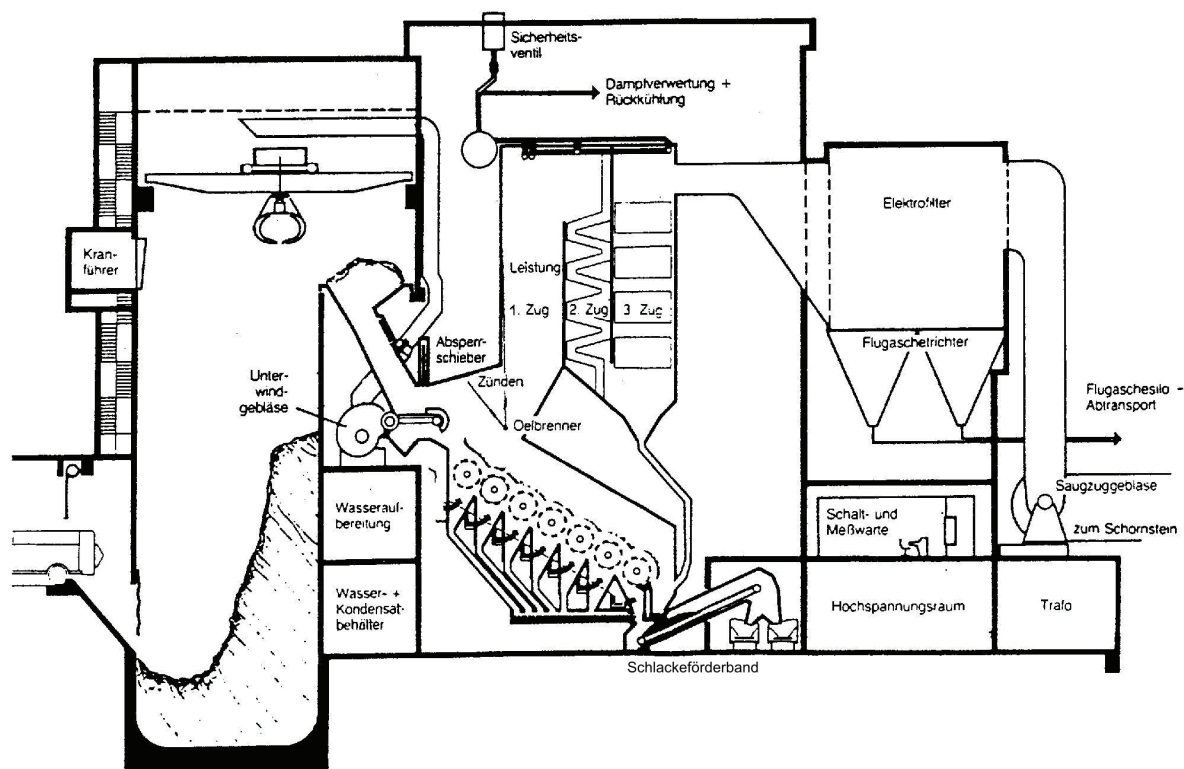


Abbildung 19: Schema der MVA Bremen [Thomé-K. 1983].

Aufgrund der neuen Anforderungen aus der 1986 novellierten TA Luft [TA Luft 86] waren für die Rauchgasreinigung verfahrenstechnische Ergänzungen notwendig. Im Rahmen einer Vorplanung war entschieden worden, die MVA Bremen mit einer quasitrockenen Rauchgasreinigung nachzurüsten. Die neuen Verfahrensstufen wurden von der Fa. Lurgi GmbH hinter

den bestehenden Elektrofiltern installiert. Das Rauchgas tritt nach der Entstaubung im Elektrofilter in einem Sammelkanal ein und wird anschließend auf drei Sprühabsorber verteilt. Für die Abscheidung saurer Schadstoffe wird Kalkmilch den Sprühabsorbern zugeführt. Die festen Reaktionsprodukte werden in einem nachgeschaltetem Gewebefilter aus dem Rauchgasstrom abgetrennt. [Matthes_1]

Die quasitrockene Rauchgasreinigung gestattete eine sichere Unterschreitung der Anforderungen aus der TA Luft 86 und erfüllte bereits einige Anforderungen der 17. BImSchV [17. BImSchV]. Für die Absenkung der Schwermetall- und Dioxinmissionen wird seit 1993 mit der Kalkmilch zusätzlich Aktivkohle in das Rauchgas dosiert. Die Installation einer SNCR-Anlage war für die Einhaltung der neuen Stickoxidgrenzwerte der 17. BImSchV vorgesehen; die Einhaltung der HCl-Emissionswerte sollte durch erhöhte Kalkmilchzugabe gewährleistet werden. [Matthes_2]

Aufgrund des hohen Alters wurde die Anlage am Standort Bremen über einen Zeitraum von mehreren Jahren umfangreich saniert und ergänzt [ANO]. Eine wesentliche Erweiterung stellt die Brennwert- und Emissions-Optimierungsanlage (BEO) dar, die im Jahr 2003 ihren Betrieb aufnahm [Euwid 2003 14]. Die Anlage dient der Zerkleinerung, Homogenisierung und Lagerung der angelieferten Abfälle. Der vorhandene Bunker dient zukünftig als Tagesbunker für den kurzzeitigen Brennstoffbedarf der Kessel und wird automatisch betrieben [ANO_1]. Den schematischen Aufbau des MKW in Kombination mit der BEO zeigt Abbildung 20.

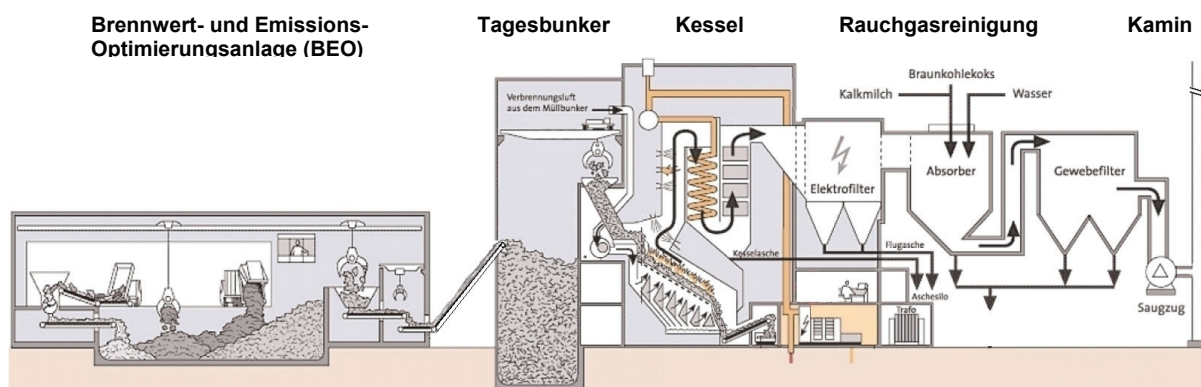


Abbildung 20: Schematische Darstellung der MVA Bremen [Ents.-Komm.].

Im Rahmen der umfangreichen Sanierung der Kessel wurde der Kessel 1 neu errichtet [ANO_1]. In den Kesseln 2 und 3 wurde der vorhandene Walzenrost gegen einen wassergekühlten Vorschubrost ersetzt und die Feuerraumgeometrie einschließlich Sekundärluftzugabe mit Hilfe von Computersimulationen neu gestaltet [Klasen-1] [Klasen-2] [Tyssen].

Im Bereich der Rauchgasreinigungsanlage, die nach dem quasitrockenen System arbeitet, wird eine Rezirkulation der Reaktionsprodukte vorgesehen. Diese Rezirkulation und der zusätzliche Einsatz von Natriumhydrogencarbonat dienen der wirtschaftlicheren Betriebsweise der Rauchgasreinigungsanlage, indem der Additiveinsatz reduziert und die Rückstandsmengen vermindert werden. Weitere Maßnahmen zur Modernisierung betrafen die Speisewasseraufbereitung und die Leittechnik. [ANO_1]

Mit der weiter optimierten Rauchgasreinigung können die Anforderungen aus der 17. BImSchV sicher eingehalten werden. Die Jahresmittelwerte für die Emissionen ausgewählter Schadstoffe und die Grenzwerte aus der 17. BImSchV sind Abbildung 21 zu entnehmen.

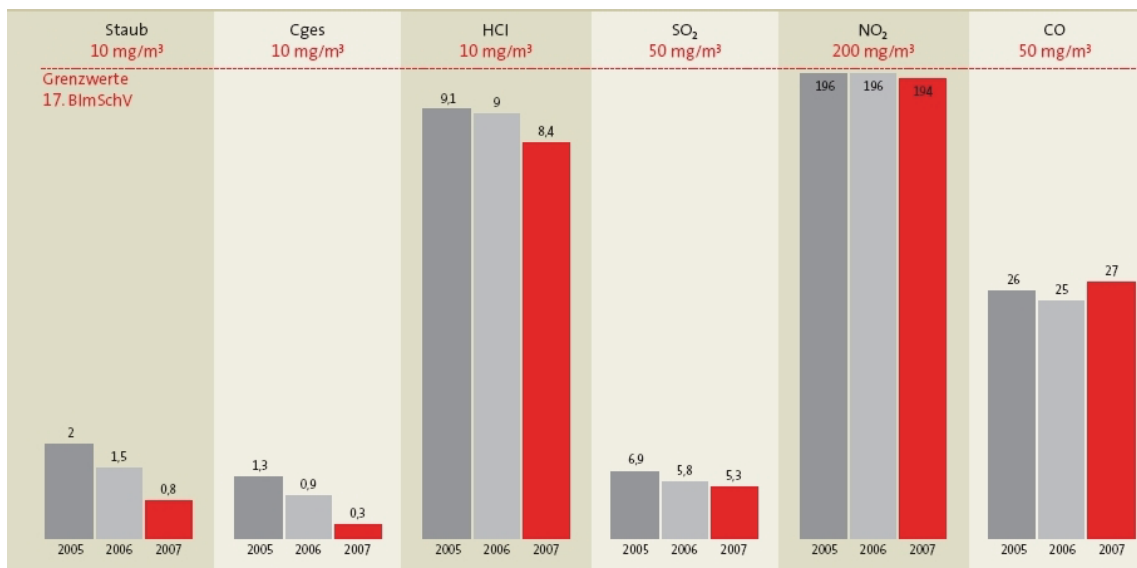


Abbildung 21: Vergleich kontinuierlich gemessener Emissionen für die Jahre 2005, 2006 und 2007 in mg/m³ [swb_1].

Die umfangreiche Sanierung des MHKW Bremen endete im Februar 2007. Die letzten Maßnahmen im Zeitraum von September 2006 bis Februar 2007 betrafen die vierte Verbrennungslinie, die jetzt 22,5 t Abfall pro Stunde verbrennen kann. Die Sanierung des vierten Kessels kostete 12 Mio. EUR; insgesamt wurden im Rahmen der über mehrere Jahre laufenden Sanierung des MHKW Bremen etwa 100 Mio. EUR investiert. [Euwid 2007 8]

Die Modernisierung des MHKW Bremen führte zu einer Steigerung der Verbrennungskapazität des MHKW von früher 250.000 t ([UBA_2001]) auf 550.000 t pro Jahr [Euwid 2007 8]. Im Jahr 2008 wurden 534.000 t Abfall verbrannt [Euwid 2009 22].

Außerdem wurde am Standort Bremen auf Basis von Vorarbeiten zur Sekundärbrennstoffherstellung [Spuziak-1] eine Sekundärbrennstoff-Aufbreitungsanlage (SBA) errichtet. Diese Anlage sollte ursprünglich über eine Kapazität von 200.000 t/Jahr verfügen [Euwid 2005 5]. Dagegen wird kurz vor Inbetriebnahme (Ende 2005) der jährliche Durchsatz mit zunächst 75.000 t/Jahr angegeben [Euwid 2005 36a]. Bereits zum 1. Oktober 2007 wurde die Anlage aufgrund von Absatzproblemen mit den erzeugten Sekundärbrennstoffen stillgelegt [Euwid 2007 36] [swb-1].

Als Ergänzung zum MHKW wurde in Bremen Planungen für eine Anlage zur "Thermischen Ersatzbrennstoffkonditionierung" (THERKO) durchgeführt. Eine Pyrolyseanlage (Drehrohrtechnik) sollte in Kombination mit einer Verbrennungsanlage (Wirbelschicht) und einem Kraftwerksblock (Staubfeuerung) betrieben werden [Schu]. Der Bau der THERKO wurde 2005 aufgegeben. Als Begründung wird der schlechte Rücklauf auf die Ausschreibung genannt. Eine erneute Ausschreibung für die Komponenten hätte die geplanten Kosten um 30 % überschritten. [Euwid 2005 36b]

Umgesetzt wurde dagegen in Bremen der Bau des Mittelkalorik-Kraftwerks (MKK) auf dem Gelände eines bestehenden Kraftwerks. Diese Anlage ist mit einer Rostfeuerung ausgestattet und für die Verbrennung von Papier, Kunststoff-, Holz- und Verpackungsresten (Heizwert 11 bis 16 MJ/kg) ausgelegt. Als Dampfparameter werden 40 bar und 400 °C angegeben [swb-3], ältere Planungen sahen 80 Bar und 500 °C vor [Spuziak-2]. Die jährliche Verbrennungs-

kapazität liegt bei 230.000 t/Jahr. Weitere Informationen sind der Literatur [swb-2] [swb-3] [swb-4] [Grommes-1] [Grommes-2] zu entnehmen.

3.9 Standort Solingen

Das MHKW Solingen wurde in den Jahren 1967 bis 1968 mit 2 Verbrennungslinien erbaut. Die alten Kessel wurden durch Neubauten (1993 und 2004/5) ersetzt; am Standort werden heute ca. 95.000 t Abfall im Jahr verbrannt. Neben der Kesselmodernisierung war mehrfach eine Erweiterung der Rauchgasreinigung notwendig. Die ursprüngliche Rauchgasreinigung entsprach der Technik der 60er Jahre und beschränkte sich auf einen Elektrofilter. Für die Einhaltung der Anforderungen aus der TA Luft wurde 1989 eine neue Rauchgasreinigungsanlage für beide Kessel in Betrieb genommen, die aus einem Sprühabsorber mit nachgeschaltetem Elektrofilter bestand. Die Grenzwerte der 17. BImSchV konnten mit diesem System nicht sicher eingehalten werden, so dass ab 1994 eine weitere Ergänzung der Rauchgasreinigung notwendig wurde. Ergänzt wurden ein Flugstromverfahren und eine SCR-Anlage für die Entstickung der Rauchgase. Außerdem wurde parallel zu dem existierenden Sprühabsorber und Elektrofiltern ein Verdampfungskühler errichtet, um bei Wartungsarbeiten am Sprühtrockner den Anlagenbetrieb sichern zu können. [Mundt]

4 Ergänzende Informationen zu anderen Standorten

In den vorangegangenen Abschnitt wurden ausgewählte Abfallverbrennungsanlagen und Modifikationen in der technischen Konzeption beschrieben. Zur Verdeutlichung der aufgezeigten Entwicklungen werden im folgenden Text weitere Informationen zusammengestellt, die nach Themen und nicht nach Standorten gegliedert sind.

4.1 Veränderungen bei den Verbrennungskesseln

Zu den bedeutendsten Veränderungen an einer existierenden Verbrennungsanlage gehört die Erweiterung der Verbrennungskapazität durch Errichtung von neuen Kesseln, die in der Vergangenheit mit der Erfüllung der ursprünglichen Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall in Verbindung stand.

Am Standort Magdeburg fand mit der offiziellen Einweihung der ersten beiden Verbrennungslinien (300.000 t/Jahr) zeitgleich das Richtfest der Erweiterung um zwei weitere Verbrennungslinien statt [Euwid 2005 36c]. Mit Inbetriebnahme der Verbrennungslinien 3 und 4 im Jahr 2006 beträgt die Gesamtkapazität der Anlage 630.000 t/Jahr [Jäger].

Neben der Kapazitätserweiterung ist die Erhaltung der vorhandenen Verbrennungskapazität ein weiterer Grund für den Kesselneubau. Die Kessel unterliegen aufgrund der korrosiven Eigenschaften der Rauchgase einem betriebsbedingten Verschleiß, der durch die regelmäßig durchgeführten Revisionen nicht vollständig vermieden werden kann. In der Folge nehmen die Stillstandzeiten für Reparaturen mit dem Alter des Kessels zu, so dass der Betrieb irgendwann unwirtschaftlich wird. Neue Kessel an existierenden Standorten sind oft größer als die existierenden Anlagen. Beispielsweise wird am Standort Berlin geplant, vier alte Kessel durch den Neubau von einem großen Kessel zu ersetzen [Gäde-B.].

An der MVA Hameln wurde durch altersbedingten Ersatz des Müllkessels 1 (Baujahr 1977) die Verbrennungskapazität am Standort von 163.600 auf 240.000 t/Jahr erhöht [Enertec_a]. Eine Ergänzung um eine vierte Verbrennungslinie, Fertigstellung Ende 2009, steigert die Kapazität auf ca. 400.000 t/Jahr [Euwid 2009 5]. Dagegen werden in aktuellen Informationen eine Gesamtkapazität von 300.000 t/Jahr und drei Verbrennungslinien genannt, die in den Jahren 1993, 2006 und 2009 in Betrieb genommen worden sind [Enertec_b].

Einen Sonderfall stellt die Müllverbrennungsanlage in Nürnberg dar. Am Standort "Pferdemarkt" nahm die Anlage 1967 den Betrieb mit drei Verbrennungslinien auf und wurde 1978 um einen vierten Kessel erweitert [Thomé-K. 1983]. Diese Anlage wurde durch einen kompletten Anlagenneubau am Standort "Gleisdreieck" ersetzt [TAN 1997]. Der Neubau, im Jahr 2001 fertig gestellt, ist mit drei Verbrennungslinien für einen Durchsatz von 204.000 t/Jahr ausgelegt [Von Roll-2]. Aus den aktuellen Quellen [ITAD_2010] ist zu entnehmen, dass ca. 230.000 t/Jahr verbrannt werden.

Eine Alternative zum Kesselneubau ist ein Umbau. Durch Änderungen von Rostkonstruktion, Entschlacker, Feuerraumgeometrie oder an den Heizflächen des Kessels können Verfügbarkeit bzw. die Verbrennungskapazität erhöht werden. Ein Beispiel ist die Anlage am Standort Hamm, wo die existierenden vier Verbrennungslinien in der Zeit von 1991 bis 1993 umfangreich modernisiert wurden [Lautenschlager]. Die vorgenommenen Veränderungen im Kesselbereich der Abfallverbrennungsanlage Oberhausen werden in [Schellenberger_1] beschrieben.

Für die MVA Köln wurde früher ein Durchsatz von 420.000 t/Jahr [UBA 2001] angegeben. Die aktuelle Kapazität nach einer technischen Optimierung am Rauchgasquench beträgt 780.000 t/Jahr [Euwid 2007 7].

Für die Erweiterung der Verbrennungskapazität ist nicht immer ein Neubau oder Ersatz von Verbrennungskesseln notwendig. An vielen Standorten ist Verbrennungskapazität nicht durch technische Faktoren, sondern durch rechtliche Vorschriften begrenzt. Neben den viel diskutierten Emissionsgrenzwerten kann im Genehmigungsbescheid für die Abfallverbrennungsanlage auch der zulässige Jahresdurchsatz beschränkt werden. Z.B. konnte die MVA Hamm nach Änderung der Genehmigung und einer entsprechenden technischen Aufrüstung den Durchsatz von 245.000t/Jahr auf fast 300.000t/Jahr steigern [Treder-2].

Die Abfallverbrennungsanlage am Standort Göppingen verfügte ab 1975 zunächst über zwei Kessel [LRA Göppingen], die durch die Inbetriebnahme eines neuen Kessels 1996 ersetzt wurden [Dornin]. Bereits 2004 wurde für den neuen Kessel über eine Durchsatzerhöhung von 120.000 t/Jahr, politisch festgelegt, auf die technisch möglichen 156.000 t/Jahr diskutiert [Euwid 2004 12].

An anderen Standorten wurde in der Vergangenheit eine Erweiterung geplant, aber aus unterschiedlichen Gründen nicht umgesetzt. Eine entsprechende Zusammenstellung von Projekten enthält Tabelle 13.

Tabelle 13: Beendete oder verschobene Maßnahmen für Kapazitätserweiterungen.

Kiel:	Die MVA Kiel wird aufgrund der abfallwirtschaftlichen Entwicklungen nicht um einen dritten Kessel ergänzt [Euwid 2008 12].
Neustadt:	Der Zweckverband Ostholstein verschiebt den Ersatz der bestehenden Verbrennungslinie mit einer Jahreskapazität von 60.000 t/Jahr durch einen Neubau (80.000 t/Jahr) aufgrund von zu teuren Angeboten der Anlagenbauer [Euwid 2008 27].
Schwandorf:	Eine Ausweitung der vertraglich auf 390.000 t/Jahr limitierten Verbrennungskapazität auf die technisch mögliche Maximalkapazität von 450.000 t/Jahr wurde durch einen Bürgerentscheid abgelehnt [Euwid 2009 31].
Tornesch-A.:	Aufgrund der Entwicklung bei den Verbrennungspreisen und der Diskussion um die Aufhebung des Autarkie-Gebots bei der Abfallentsorgung in Schleswig-Holstein wird die Anlage am Standort Tornesch-Ahrenlohe vorerst nicht durch neue Verbrennungslinien von 80.000 auf 280.000 t/Jahr erweitert [Euwid 2009 23].

4.2 Biomasseverbrennungsanlagen

Auf die Größe und damit auf die Verbrennungskapazität einer Abfallverbrennungsanlage hat das Abfallwirtschaftskonzept im angeschlossenen Entsorgungsgebiet einen entscheidenden Einfluss. Die separate Sammlung von bestimmten Abfallfraktionen beeinflusst die Menge, Zusammensetzung und Heizwert der Abfälle, die für die Behandlung in der Abfallverbrennungsanlage zur Verfügung stehen.

Als Ergänzung zu existierenden Verbrennungsanlagen für Restabfall gibt es an einigen Standorten Biomasseverbrennungsanlagen. Beispielsweise wurde am Standort Hameln eine existierende Wirbelschichtverbrennungsanlage, ursprünglich für den Einsatz von Kohle gebaut, im Jahr 2002 auf Altholz als Brennstoff umgerüstet. Die Kapazität wird mit 100.000 bis 107.000 t/Jahr angegeben [Interargem] [Euwid 2009 5].

Weitere Biomasseverbrennungsanlagen existieren u. a. an den Standorten Mannheim (124.000 t/Jahr) [Euwid 2003 40], Böblingen (20.000 t/Jahr) [Euwid 2008 39] und Kempten [Swerev]. Bei der MVA Ingolstadt ermöglicht die Ausrüstung einer Verbrennungslinie mit einer speziellen Feuerleistungsregelung die zeitlich getrennte Verbrennung von Abfall oder Biomasse [Zwiellehner].

Neben den abfallwirtschaftlichen Aspekten ist die separate Verbrennung von Altholz und anderen Biomassen mit wirtschaftlichen Vorteilen verknüpft, denn für den erzeugten Strom gibt es aufgrund der Förderung durch das "Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien" (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG) [EEG] eine höhere Vergütung.

4.3 Vorschaltanlagen

Allgemein ist im Zusammenhang mit dem Betrieb von Abfallverbrennungsanlagen eine steigende Bedeutung von mechanischen Vorschaltanlagen festzustellen, in denen eine Aufbereitung der zugeführten Abfälle erfolgt.

Ein erstes Ziel dieser Aufbereitungsmaßnahmen ist eine Homogenisierung des Abfalls, die durch eine Zerkleinerung und eine gezielte Vermischung erreicht werden kann. Durch die homogenen Brennstoffeigenschaften kann der Durchsatz der Verbrennungsanlage erhöht oder eine Zwischenlagerung ermöglicht werden. Andere Ziele sind die Ausschleusung von Schadstoffen oder die Abtrennung von Metallen, Papier und anderen Wertstoffen. Ein relativ neuer Beweggrund für die Installation einer Vorschaltanlage ist die Gewinnung von Sekundärbrennstoffen, um Erlöse zu erzielen.

Vorbehandlungsanlagen müssen nicht auf dem Gelände der Abfallverbrennungsanlage installiert sein; eine Errichtung in der Nachbarschaft ist ebenso möglich wie ein anderer Standort in großer Entfernung. Außerdem durchläuft nicht immer die gesamte angelieferte Abfallmenge die Vorschaltanlage.

Zu den Vorschaltanlagen gehören indirekt auch die mechanischen Aufbereitungsstufen von Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA). Der Betrieb einer MBA, ausgerichtet auf die Vorbehandlung von Abfällen für eine nachfolgende Deponierung, erfordert u. a. die Abtrennung einer heizwertreichen Fraktion. Diese heizwertreiche Fraktion kann in einer Abfallverbrennungsanlage oder einem Sekundärbrennstoffkraftwerk eingesetzt werden. In der Diskussion über die Perspektiven der MBA wird auch über die Rolle der MBA als Vorbehandlungsanlage für andere Verbrennungsprozesse nachgedacht [Grundmann].

Die Kombination von Vorschaltanlagen mit Abfallverbrennungsanlagen ist allerdings kein neuer Ansatz. Eine der ersten Anlagen zur Homogenisierung des zu verbrennenden Abfalls wurde am Standort Göppingen errichtet und bereits 1984 in Betrieb genommen [Thomé-K. 1983] [LRA Göppingen]. Abbildung 23 zeigt die Anordnung der Vorbehandlungsanlage.

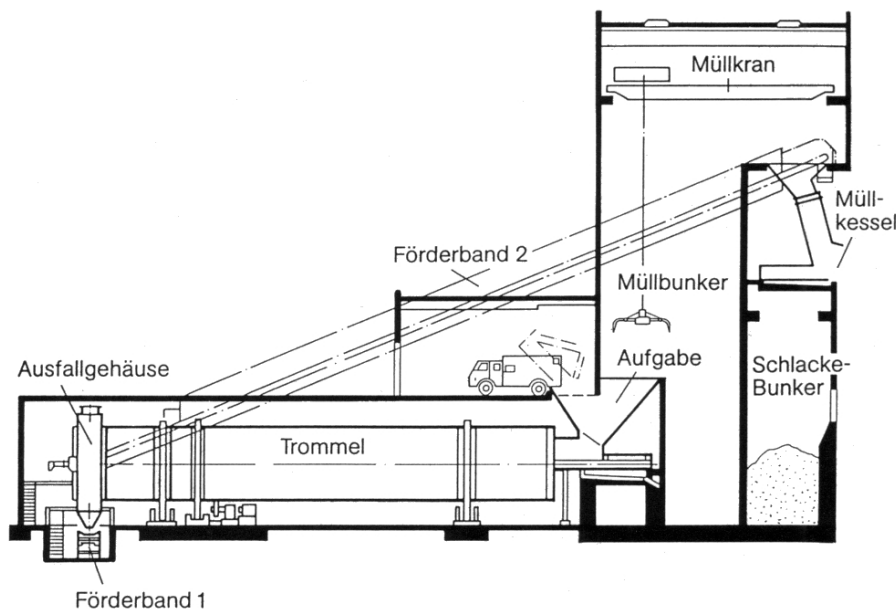


Abbildung 22: Schnittbild der Vorbehandlungsanlage am Standort Göppingen [LRA Göppingen].

Die zentrale Einheit der Homogenisierungsanlage am Standort Göppingen war eine Drehtrommel, die vom Müllbunker der Abfallverbrennungsanlage mit Klärschlamm und Müll beschickt wurde. Der Durchmesser der Trommel wird mit 5 m, die Drehzahl mit 0,8 bis 3 Umdrehungen pro Minute und die Verweilzeit mit mindestens 8 Stunden angegeben. Als Vorteile der Vorbehandlung wurden eine insgesamt bessere Feuerungsführung, geringerer

Sauerstoffüberschuss und eine bessere Einbindung von Schwermetallen in die Schlacke angeführt. [LRA Göppingen]

Die Anlage am Standort Köln, die 1998 ihren Betrieb aufgenommen hat, ist bereits in Kombination mit einer Sortieranlage geplant und errichtet worden [AVG Köln a]. Abbildung 23 zeigt die Anordnung der Sortieranlage zwischen dem Tagesmüll- und dem Restmüllbunker.

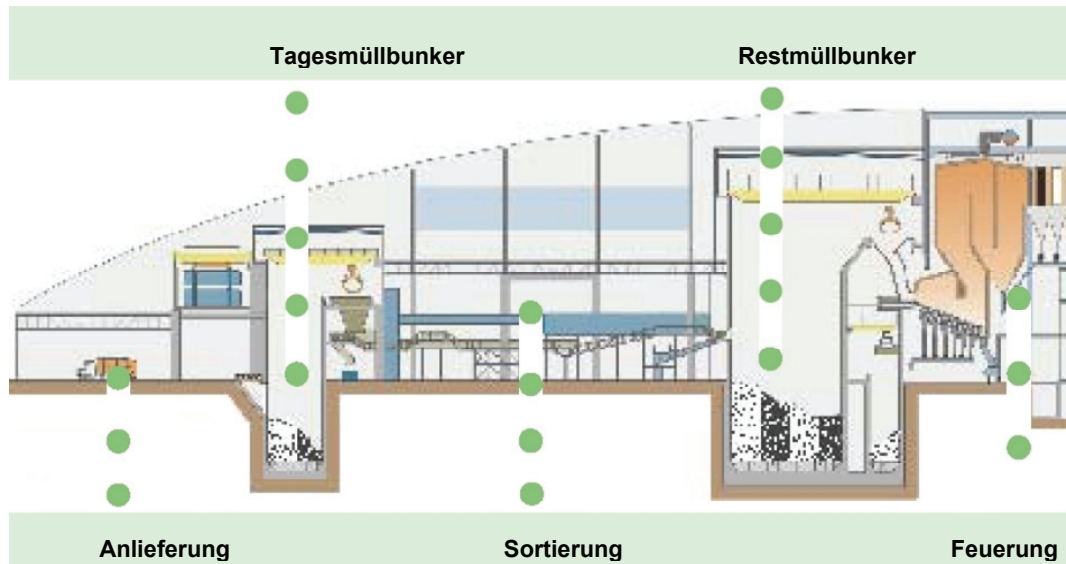


Abbildung 23: Schnittbild durch die MVA Köln (angepasster Ausschnitt) [AVG Köln b].

Im Tagesmüllbunker werden Hausmüll, Sperrmüll und andere Abfälle getrennt angenommen. Die nachfolgende Sortierung dient der Ausschleusung von Metallen und der Durchmischung der Abfälle, die dem Restmüllbunker zur späteren Verbrennung zugeführt werden. [AVG Köln b]

Ein weiteres Beispiel für die Vorbehandlung von Abfällen ist der aus drei Abfallbehandlungsanlagen bestehende Komplex der "Abfallverwertung Augsburg GmbH". Neben der Abfallverbrennungsanlage existieren am Standort Augsburg Anlagen zur Sortierung und Kompostierung von Abfällen [AVA]. Reste aus der Sortierung und Kompostierung werden neben Haus- und Gewerbemüll der Abfallverbrennung zugeführt [Stenzel 2006]. Die Abfallverwertungsanlage hat insgesamt eine Kapazität von 320.000 t/Jahr, die Abfallverbrennungsanlage verbrennt 200.000 t/Jahr [Stenzel 2006].

In der MVA Mannheim werden auch Abfälle aus Karlsruhe nach Stilllegung der dortigen Thermoselectanlage verbrannt. Gewerbe- und Sperrmüll werden zuvor in Bruchsal in einer mechanischen Aufbereitungsanlage zu Ersatzbrennstoffen aufbereitet; entstehende Sortierreste werden anschließend in der MVA Mannheim verbrannt. Durch die Vorbehandlung sinkt der Heizwert der Sortierreste um ca. 15 % und ermöglicht einen höheren Durchsatz bei der MVA Mannheim. [Euwid 2006 40a]

Am Standort Asdonkshof ist die MVA seit 1997 mit einer Vorschalt- und Sortieranlage zur Aufbereitung von jährlich bis zu 58.000 t Sperrmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen ausgerüstet [AEZ]. Diese Anlage wurde später umgerüstet und arbeitet heute als Sortieranlage für die Abtrennung und separate Verwertung von Sekundärbrennstoffen sowie einer Holzfraktion [Euwid 2006 5]. Diese Separierung vermindert den Heizwert des Abfallinputs in die MVA, so dass der Durchsatz erhöht werden kann [Euwid 2006 5].

Vorschaltanlagen existieren nicht nur in Deutschland, sondern werden auch im Ausland betrieben. Am Standort Wels in Österreich wurde in Ergänzung zur MVA eine mechanische Abfallsortieranlage für Gewerbe und Sperrmüll mit einer Jahreskapazität von 220.000 t in Betrieb genommen. Das Ziel ist auf der einen Seite eine Durchsatzsteigerung der MVA und andererseits die Erzeugung von Sekundärbrennstoffen in Form von Kunststoffpellets. Diese Pellets sind für den Einsatz in einem Hochofen vorgesehen. [Euwid 2006 4]

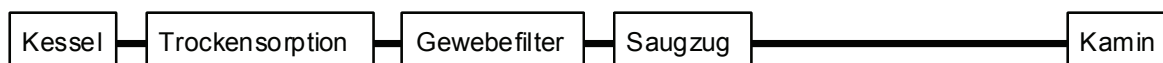
4.4 Rauchgasreinigung

An großtechnischen Abfallverbrennungsanlagen werden im Lauf der Zeit immer wieder Veränderungen an der Rauchgasreinigung durchgeführt. In der Vergangenheit stellten die immer weiter verschärften Emissionsgrenzwerte aus den entsprechenden Rechtsvorschriften den Anlass für Nachrüstungen in der Rauchgasreinigung dar. Die Veränderungen am Standort Berlin im zeitlichen Verlauf sind in Abbildung 24 schematisch dargestellt.

Ausgangszustand 1967



Erste Nachrüstung 1986 bis 1989 gemäß TA Luft



Zweite Nachrüstung 1995 bis 1997 gemäß 17. BImSchV

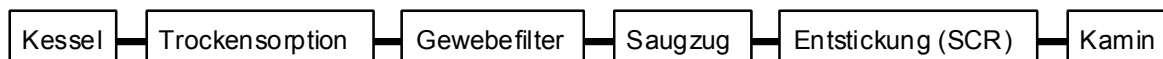


Abbildung 24: Entwicklung der Rauchgasreinigung am Standort Berlin-Ruhleben [Temme].

Diese Entwicklung entspricht dem Trend bei Neubauten von Abfallverbrennungsanlagen in den 90er Jahren. Aufwändige Systeme mit Staubabscheider, mehrstufigen Wäschersystem, SCR-Entstickung und Feinreinigung (Flugstromverfahren oder Koksadsorber) wurden beispielsweise an den Standorten Burgkirchen (IBN 1994), Köln (IBN 1998), Asdonkshof (IBN 1997) und Böblingen (IBN 1999) errichtet.

Neuere Abfallverbrennungsanlagen wie Staßfurt (IBN 2007), Hannover (IBN 2005) oder Zella-Mehlis (IBN 2008) sind dagegen mit einer einfacheren und somit kostengünstigeren Rauchgasreinigung ausgerüstet. Im Mittelpunkt dieser Rauchgasreinigungskonzepte steht die trockene bzw. quasitrockene Abscheidetechnik in Kombination mit einem SNCR-Verfahren zur Abscheidung der Stickoxide.

Im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen oder Betriebsoptimierungen an bestehenden Anlagen werden heute die Rauchgasreinigungskonzepte vereinfacht. Am Standort Oberhausen wurden die Stickoxidemissionen bis 2004 mit einer katalytischen Entstickungsanlage (SCR) reduziert. Aufgrund von Korrosionsproblemen erfolgte die Umstellung auf die nichtkatalytische

Entstickung (SNCR). Außerdem konnten durch die Änderung der Entstickungstechnik die Betriebskosten gesenkt werden. [Schellenberger_1] [Schellenberger_2] [Schellenberger_3]

Neben größeren Umbauten werden Optimierungen durch eine bessere Mess- und Regeltechnik in der Rauchgasreinigung erreicht. Beispielsweise konnte am Standort Hamburg (Rugenberger Damm) an der SNCR-Anlage durch Einsatz eines Lasers zur NH₃-Schlupfmessung der NH₃-Verbrauch um 25 % und der Schlupf um ca. 50 % verringert werden [Markus]. Eine bessere Regelungstechnik führte an der Müllverbrennungsanlage Flötzersteig in Wien zu einer Verbesserung beim Reduktionsmittelverbrauch der SCR-Anlage [Pawelka].

4.5 Betriebsoptimierungen durch Mess- und Leittechnik

Allgemein müssen für einen ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb von verfahrenstechnischen Prozessen im industriellen Maßstab viele Prozessgrößen wie Temperaturen, Drücke, Durchflüsse, Füllstände usw. fortlaufend gemessen, geregelt oder gesteuert werden. Zu diesem Zweck sind heute Produktionsanlagen der Chemieindustrie, Abfallverbrennungsanlagen usw. mit einer leistungsfähigen Prozessleittechnik ausgerüstet, die eine computerunterstützte Führung der entsprechenden Prozesse ermöglicht.

Im Fall der Abfallverbrennungsanlagen ist ein hoher Abfalldurchsatz bei geringen Emissionen und gutem Ausbrand der Abfälle anzustreben, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen. Diese Anforderungen lassen sich am besten erreichen, wenn der Kessel bei einem bestimmten Sollwert für die Dampferzeugung betrieben wird. Die Einhaltung dieses Sollwertes erfordert aufgrund des inhomogenen Brennstoffs Abfall eine relativ aufwändige Regelung durch die Prozessleittechnik. Der Aufbau einer modernen Leittechnik wird z.B. in [Keune] für das Müllheizkraftwerk Frankfurt beschrieben.

Zusätzlich muss die Prozessleittechnik der Abfallverbrennungsanlage bestimmte Vorgänge automatisch ausführen. Beispielsweise wird mit Hilfe der Prozessleittechnik bei Unterschreitung der Mindesttemperaturen, erforderlich nach § 4 Abs. 5 17. BImSchV [17. BImSchV], die Zuführung von Abfällen unterbrochen.

Den heutigen Aufwand im Bereich der Prozessleittechnik dokumentiert die kamerageführte Feuerungsregelung, die Anfang der 90er Jahre von der Firma Martin gemeinsam mit der Universität Heidelberg in einem Forschungsvorhaben entwickelt wurde. Eingesetzt wird diese Technologie u. a. im MHKW Coburg. Im Mittelpunkt dieser Feuerungsregelung stehen eine IR-Kamera am oberen Ende des Feuerraums und eine Kamera zur visuellen Überwachung der Gutbetthöhe auf dem Rost [Martin] [Busch]. Der Aufbau und die Funktion einer solchen Feuerungsregelung entsprechend dem Stand der Technik werden in [Zipser] erläutert.

Welchen Einfluss die Prozessleittechnik auf die Leistung einer Anlage haben kann, wird am Standort Stuttgart-Münster deutlich. Wie in Abbildung 25 dargestellt, ließen sich die Schwankungen im Dampfmassenstrom durch die Erneuerung der Leittechnik deutlich reduzieren. Damit verbunden war auch eine Steigerung des Dampfmassenstroms, d.h. Leistung der Anlage.

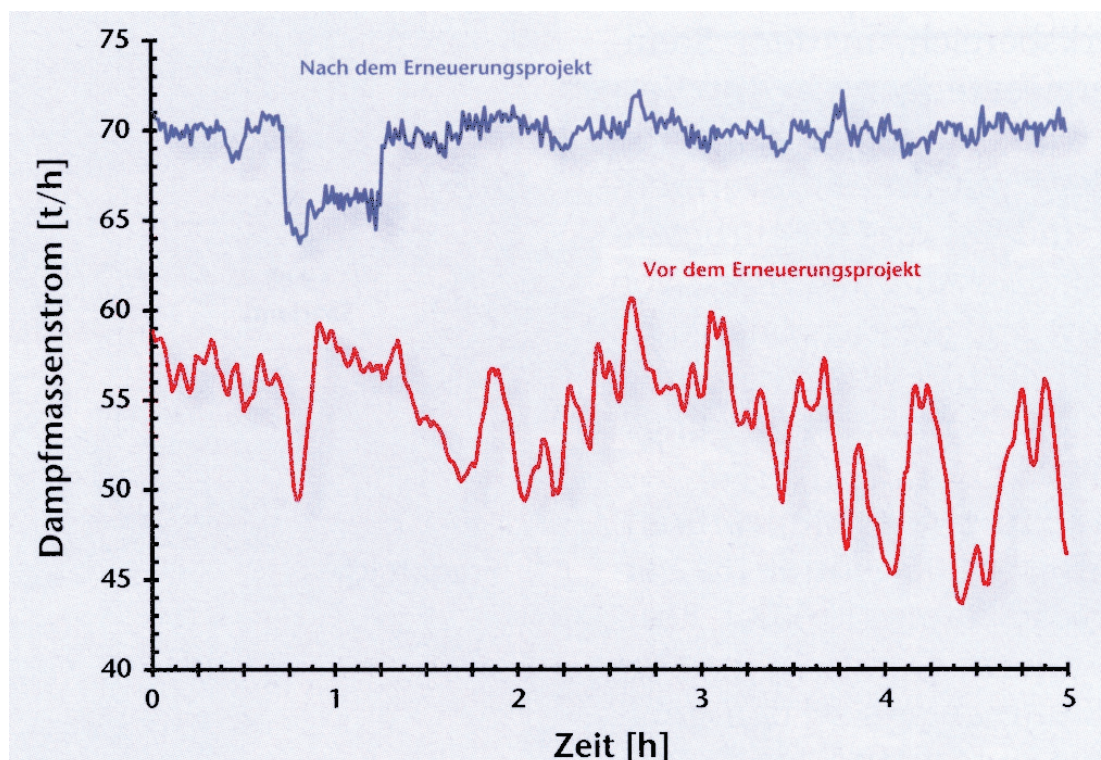


Abbildung 25: Dampfproduktion am Austritt eines Müllkessels am Standort Stuttgart-Münster [Gotschlich].

Eine Umrüstung der Leittechnik am MHKW Ludwigshafen führte ebenfalls zu einer Verbesserung des Betriebsverhaltens. Durch die hier eingesetzte hybride Regelungstechnik werden die Vorteile einer konventionellen Regelungstechnik mit denen einer Fuzzy-Regelungstechnik kombiniert, so dass der Kessel bei einem stabilen Leistungswert betrieben werden kann. [Röderer]

Mit einer neuen Prozessleittechnik am Standort Berlin-Ruhleben, installiert ab 2005, gelingt eine bessere Überwachung und Diagnose, so dass die Zuverlässigkeit der Anlage erhöht und das Ausfallrisiko entsprechend gemindert werden kann [Gäde-B.]. Diese Feuerleistungsregelung auf Fuzzy-Basis kann die Erfahrungen des Betriebspersonals ersetzen, aber bei der Abfallverbrennung treten aufgrund der Brennstoffeigenschaften immer Situationen auf, die einen Eingriff des Anlagenfahrers erfordern [Kempin-1] [Kempin-2].

5 Standorte und Verbrennungskapazitäten deutscher Abfallverbrennungsanlagen

Der Abfallverbrennung kommt aufgrund der zunehmenden Anzahl der Standorte und dem damit verbundenen Anstieg der Verbrennungskapazität seit Mitte der 60er Jahre des letzten Jahrhunderts eine immer wichtigere Rolle als Entsorgungsweg in der deutschen Abfallwirtschaft zu. Die Berechnung der aktuellen Gesamtverbrennungskapazität der deutschen Abfallverbrennungsanlagen erscheint als eine einfache Aufgabe: Es wird eine Liste der Standorte mit einer Angabe zur Verbrennungskapazität für jeden Standort gefordert. Die Addition der Verbrennungskapazitäten der einzelnen Standorte ergibt die Gesamtverbrennungskapazität.

In den folgenden Abschnitten wird zunächst gezeigt, dass einerseits für die Standorte unterschiedliche Listen existieren und andererseits die Verbrennungskapazität der einzelnen Anlagen keine konstante Größe darstellt. Anschließend werden aktuelle Daten zu den Verbrennungskapazitäten der einzelnen Standorte zusammengestellt und mit diesen Angaben die Gesamtkapazität bestimmt.

5.1 Anmerkungen zu den Standorten

Über die Standorte und die Verbrennungskapazitäten sind in der Literatur und im Internet verschiedene Listen publiziert worden. In der aktuellen Liste vom Umweltbundesamt (UBA) [UBA_2008] werden insgesamt 70 Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 18,74 Mio. t/Jahr aufgeführt. Ähnliche Listen wurden vom UBA für die Jahre 2001 [UBA_2001] und 2006 [UBA_2006] veröffentlicht. Eine kombinierte Darstellung der Informationen aus diesen Publikationen ermöglicht eine Veranschaulichung der zeitlichen Veränderungen der Gesamtkapazität und der Anzahl der Standorte in Abbildung 26.

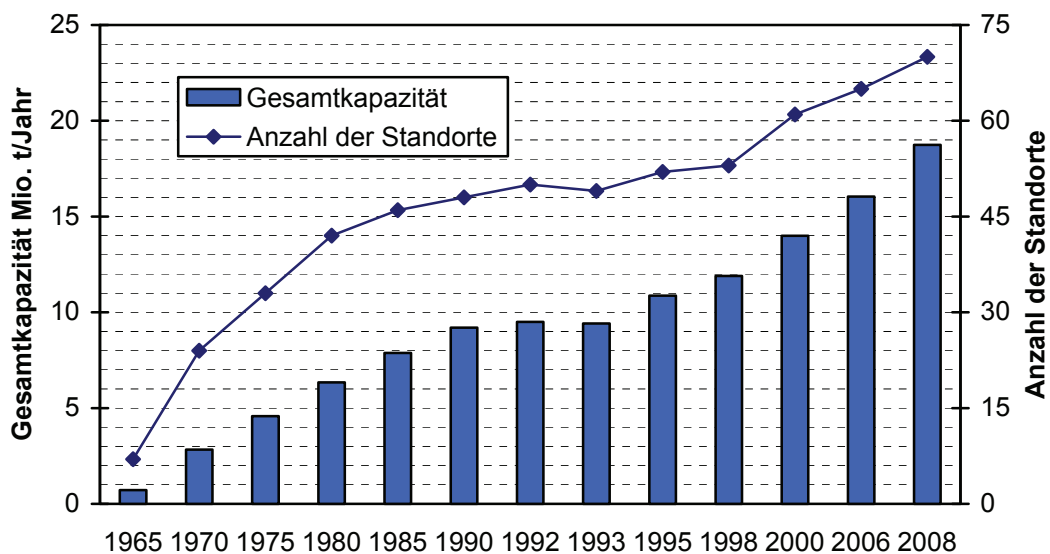


Abbildung 26: Entwicklung der Verbrennungskapazitäten und der Anzahl der Standorte in Deutschland (Quellen: bis 2000 [UBA_2001], 2006 [UBA_2006], 2008 [UBA_2008]).

Aus Abbildung 26 lassen sich die abfallwirtschaftlichen Entwicklungen in Deutschland entnehmen. Ab Mitte der 60er Jahre bis Ende der 80er Jahre stieg die Bedeutung der Abfallverbrennung, denn mit zunehmendem Wohlstand nahmen die Abfallmengen zu und der verfügbare Deponieraum ab. In den 90er Jahren gab es bei der Anzahl der Verbrennungsanlagen und der Verbrennungskapazität nur relativ geringe Veränderungen. Erst die neuen Anforderungen an die Abfallentsorgung durch die TA Siedlungsabfall (bzw. Nachfolgevorschriften) verursachten nach der Jahrtausendwende den Bau von neuen Abfallverbrennungsanlagen, die mit einer deutlichen Steigerung der jährlichen Verbrennungskapazität einhergingen.

Neben den Listen vom UBA existieren in der Literatur weitere Angaben zu den Standorten und den Verbrennungskapazitäten. Für einen Vergleich enthält Tabelle 14 (S. 42) eine Aufstellung der entsprechenden Informationen einschließlich ausgewählter Daten aus Abbildung 26. Nicht berücksichtigt wurden in Tabelle 14 Standortlisten, die neben deutschen Abfallverbrennungsanlagen Standorte in den Niederlanden und Sekundärbrennstoffkraftwerke erfassen.

Die Daten in Tabelle 14 zeigen auf, dass die Literaturdaten für die einzelnen Jahre in der gleichen Größenordnung liegen. Allerdings sind die Zahlenwerte für die Anzahl der Verbrennungsanlagen und die jährliche Verbrennungskapazität nur selten identisch. Für 2006 liegen beispielsweise die Angaben für die Verbrennungskapazität zwischen 16,04 und 16,76 Mio. t/Jahr. Die Anzahl der Standorte im Jahr 2005 variiert zwischen 58 und 72 in einer Prognose.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass es in der Literatur verschiedene Listen mit Standorten und folglich nicht identischen Verbrennungskapazitäten existieren. Verursacht werden diese Schwankungen durch die Stilllegung von Anlagen, wie z.B. Thermoselect in Karlsruhe. Ein weiterer Grund ist die Berücksichtigung von Anlagen, die zunächst als Abfallverbrennungsanlage geplant und bezeichnet wurden, später als Sekundärbrennstoffkraftwerk errichtet wurden.

Um die Anzahl der variierenden Standortlisten nicht noch weiter zu erhöhen wird im Rahmen dieser Arbeit für die Bestimmung der Gesamtkapazität der deutschen Abfallverbrennungsanlagen von der aktuellsten Liste des Umweltbundesamts [UBA_2008] ausgegangen.

Tabelle 14: Angaben zur Anzahl der Standorte und Verbrennungskapazität in der Literatur.

Jahr	Standorte	Kapazität Mio. t /Jahr	Quelle	Bemerkung
1990	47	8,37	[UBA_JB93]	
1990	48	9,20	[UBA_DzU] [Ittershagen] [UBA_2001]	
1995	52	10,87	[Ittershagen] [UBA_2001]	
1995	-	10,87	[Böllhoff]	
1997	53	11,91	[Entsorga]	
2000	60	13,9	[Ittershagen]	
2000	61	14	[UBA_2001]	
2003	58	-	[Treder-1]	
2003	-	13,92	[Alwast]	
2003	-	14,00	[Böllhoff]	
2005	58	13,18	[Stengler]	
2005	66	16,00	[Ittershagen]	
2005	72	17,78	[LAGA]	Prognose
2005	67	16,16	[UBA_DzU]	
2006	64	16,04	[UBA_2006]	
2006	-	16,47	[Alwast]	
2006	-	16,76	[Böllhoff]	
2008	70	18,00	[UBA_DzU]	Schätzung
2008	70	18,74	[UBA_2008]	
2008	-	18,09	[Alwast]	Prognose
2008/9	-	17,93	[Böllhoff]	Prognose
2015	-	18,59	[Alwast]	Prognose
2015	-	19,14	[Böllhoff]	Prognose
2022	-	18,59	[Alwast]	Prognose
2022	-	19,14	[Böllhoff]	Prognose

5.2 Anmerkungen zur Verbrennungskapazität

Großtechnische Abfallverbrennungsanlagen werden für eine vorher festgelegte Verbrennungskapazität errichtet, die auf der einen Seite von der zu verbrennenden Abfallmenge bestimmt wird. Auf der anderen Seite hat die bei der Verbrennung freigesetzte Wärmeenergie, d.h. der Heizwert des Abfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Auslegung. Der Feuerraum und insbesondere der Kessel der Abfallverbrennungsanlage müssen in ihren Dimensionen auf die bei der Verbrennung aus dem Abfall freigesetzte Wärmemenge und die entstehenden Rauchgasmengen abgestimmt sein.

Die entsprechenden Zusammenhänge zwischen Heizwert, Wärmeleistung des Kessels und Abfalldurchsatz werden im Feuerleistungsdiagramm deutlich, wie in Abbildung 27 am Beispiel der Kesselneubauten für den Standort Ludwigshafen Ende der 80er Jahre dargestellt.

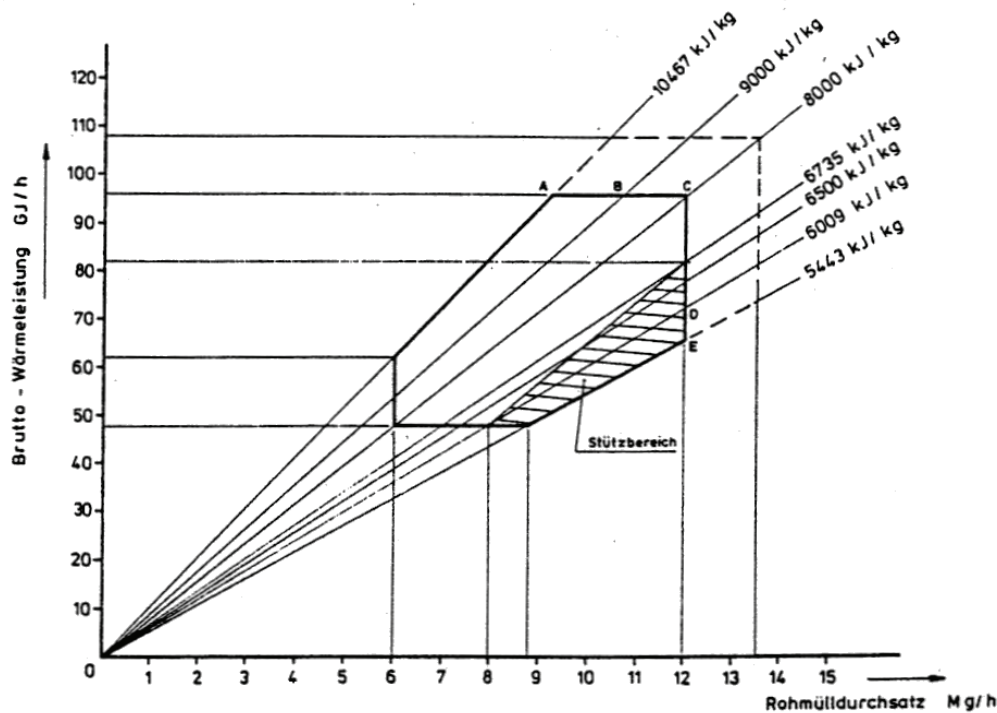


Abbildung 27: Feuerleistungsdiagramm für die Anlage am Standort Ludwigshafen [Reeck].

Entsprechend Abbildung 27 wurden damals die neuen Kessel am Standort Ludwigshafen für einen mittleren Abfallheizwert von 8 MJ/kg und einen Durchsatz von 12 t Abfall pro Stunde ausgelegt. Bei ansteigenden Heizwerten muss, um eine thermische Überlastung des Kessels zu vermeiden, der Abfalldurchsatz reduziert werden.

Folglich können sich aufgrund von Heizwertveränderungen der Durchsatz und damit die jährliche Verbrennungskapazität einer Abfallverbrennungsanlage im Lauf der Zeit verändern. Mögliche Ursachen für zu- oder abnehmende Heizwerte können Veränderungen bei den Abfallerzeugern im angeschlossenen Entsorgungsgebiet oder eine verstärkte Sortierung der zu verbrennenden Abfälle sein. Insbesondere die Abtrennung von Sekundärbrennstoffen und die separate Verbrennung von Altholz und Sperrmüll sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung. Aufgrund der allgemein gestiegenen Heizwerte in der Vergangenheit werden neue Abfallverbrennungsanlagen heute für höhere Heizwerte im Bereich um 10 MJ/kg ausgelegt.

Neben den Eigenschaften der Abfallbrennstoffe haben technische Veränderungen an der Abfallverbrennungsanlage einen großen Einfluss auf die jährliche Verbrennungskapazität. Die Ergänzung der bestehenden Anlage durch zusätzliche Kessel oder der Ersatz von älteren Kesseln durch Neubauten führte in der Vergangenheit zu einer Steigerung der Verbrennungskapazität. Verbesserungen an der Regelungstechnik oder im Bereich des Betriebsleitsystems, ermöglicht durch den technischen Fortschritt, können zu höheren Durchsätzen führen.

Außerdem ist die Verfügbarkeit der Kessel, d.h. die jährliche Betriebszeit, von besonderer Bedeutung. In diesem Bereich wurden in den vergangenen Jahren auf Grund von verbessertem Korrosionsschutz große Fortschritte erzielt. Insbesondere das Aufschweißen von Metallschutzschichten auf Kesselrohre (Cladding) ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen.

Für die Verbrennungskapazität können neben technischen Aspekten auch rechtliche Vorschriften maßgebend sein. Die immissionsschutzrechtliche Genehmigung zum Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage kann neben den oft diskutierten Emissionsgrenzwerten auch eine Beschränkung der maximalen Verbrennungskapazität enthalten.

Zu den hier erwähnten Einflüssen auf die Verbrennungskapazität sind in Abschnitt 3 Beispiele für großtechnische Anlagen zu finden.

5.3 Bestimmung der aktuellen Verbrennungskapazität

Aus den vorangegangenen Abschnitten ergibt sich, dass die Gesamtverbrennungskapazität keine konstante Größe ist, sondern aufgrund von vielen unterschiedlichen Einflüssen zwangsläufig Schwankungen unterliegt.

Für eine möglichst sichere Bestimmung der Gesamtverbrennungskapazität der deutschen Abfallverbrennungsanlagen wurden als Datengrundlage Publikationen, Mitteilungen der Betreiber und Informationen aus dem Internet herangezogen. Für einen Abgleich der Informationen wurden ergänzend sehr alte Daten aus den 80er Jahren genutzt.

Die Berechnung der aktuellen Verbrennungskapazität wurde mit Angaben zum erreichten Abfalldurchsatz der vergangenen Jahre durchgeführt. Aufgrund der am Markt verfügbaren Abfallmengen, bedingt durch die zu erfüllenden Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall (bzw. Nachfolgevorschriften), ist davon auszugehen, dass diese Angaben für viele Standorte den technisch maximal möglichen Durchsatz darstellen.

Leider standen nicht für alle Standorte entsprechende Angaben zur Verfügung, so dass in diesen Fällen andere Informationen verwendet werden mussten. Diesen Informationen ist nicht immer eindeutig zu entnehmen, ob es sich um theoretische Daten zur Auslegung der Anlage oder um real erreichte Verbrennungskapazitäten handelt. Außerdem existieren in den genutzten Quellen für einzelne Standorte und ein bestimmtes Jahr voneinander abweichende Durchsatzangaben.

In Tabelle 15 (S. 46 ff) werden für die einzelnen deutschen Abfallverbrennungsanlagen die Verbrennungskapazitäten mit den entsprechenden Quellen zusammengestellt. Für die Standorte wird, wie bereits erwähnt, die Liste vom Umweltbundesamt [UBA_2008] herangezogen. Zum Vergleich sind die in [UBA_2008] aufgeführten Kapazitätsangaben in Tabelle 15 aufgeführt.

Abweichend zu einer früheren Publikation [Richers] wurde in die Tabelle 15 der Standort Rostock nicht mehr aufgenommen; die dort errichtete Anlage ist als Sekundärbrennstoffkraftwerk einzustufen. Außerdem ist zu beachten, dass es sich bei der Anlage in Erfurt eigentlich um ein Sekundärbrennstoffkraftwerk handelt. Dort wird die heizwertreiche Fraktion aus der direkt angeschlossenen MBA-Anlage thermisch verwertet.

Aus der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Datenerhebung ergibt sich für die 70 deutschen Abfallverbrennungsanlagen im Jahr 2010 eine Gesamtkapazität von 20,4 Mio. t pro Jahr. Dieses Ergebnis liegt über dem Wert aus der Zusammenstellung vom UBA aus dem Jahr 2008 [UBA_2008] mit 18,7 Mio. t/Jahr. In Abbildung 28 ist die ermittelte jährliche Gesamtkapazität gemeinsam mit den Daten vom UBA aus Abbildung 26 dargestellt.

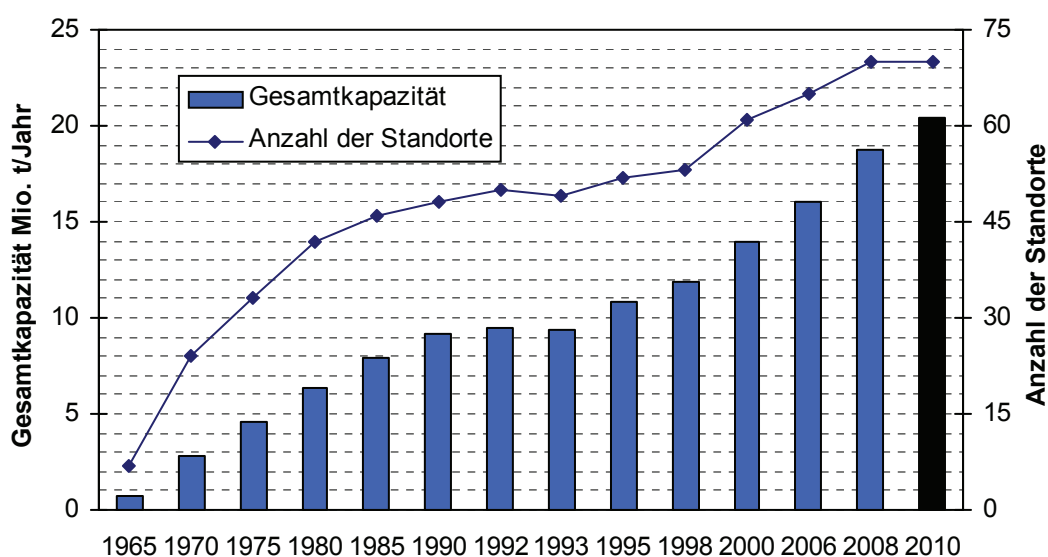


Abbildung 28: Aktuelle Verbrennungskapazitäten im Vergleich zu den Daten vom UBA aus Abbildung 26.

Aus Abbildung 28 geht hervor, dass die Kapazitätssteigerung ab Mitte der 90er Jahre durch den Zubau von neuen Anlagen erreicht wurde, denn die Anzahl der Standorte nahm zu. Im Zeitraum von 2008 bis 2010 hat die jährliche Verbrennungskapazität dagegen ohne Änderung bei der Anzahl der Standorte zugenommen.

Für die Unterschiede zwischen den Daten für 2008 vom UBA und dem aktuellen Ergebnis der hier durchgeführten Bestimmung sind, wie oben im Text dargestellt, sehr unterschiedliche Ursachen möglich. Aus der erstellten Datengrundlage lässt sich ableiten, dass in der Liste vom UBA für viele Anlagen ältere Daten aufgeführt sind, die etwa der ursprünglichen Auslegung des entsprechenden Standorts entsprechen. Außerdem konnten in der Liste vom UBA nicht alle Veränderungen bei den durch Betriebsgenehmigungen limitierten Durchsätzen berücksichtigt werden.

Tabelle 15: Verbrennungskapazitäten der deutschen Abfallverbrennungsanlagen (Teil 1).

Nr.	Standort	Kapazität t/Jahr	Kapazität t/Jahr	Quelle
1	Asdonkshof (Kamp-Lindfort)	268.000	247.000	[Euwid 2009 18]
2	Augsburg	200.000	211.500	[Euwid 2009 11]
3	Bamberg	110.000	130.000	[Euwid 2008 10]
4	Berlin / Ruhl.	520.000	520.000	[Euwid 2009 15]
5	Bielefeld-Herford	420.000	480.000	[Euwid 2006 11c]
6	Böblingen	140.000	160.000	[Söhndel]
7	Bonn	252.000	262.000	[Euwid 2008 26a]
8	Bremen (o. Mittelkalorikkraftw.)	550.000	550.000	[Euwid 2007 8]
9	Bremerhaven	315.000	315.000	[BEG]
10	Burgau (Pyrolyse)	25.000	25.059	[LFU_2]
11	Burgkirchen	210.000	239.820	[ZAS_2]
12	Buschhaus (Helmstedt)	525.000	525.000	[E.ON_1]
13	Coburg	115.000	137.968	[ZAW]
14	Darmstadt	212.000	214.200	[Euwid 2008 26b]
15	Düsseldorf	450.000	450.000	[Stadtwerke]
16	Emlichheim	364.000	364.000	[EVI]
18	Erfurt	73.000	78.000	[Von Roll-3]
17	Eschbach (Freiburg/Breisgau)	150.000	185.000	[Euwid 2009 7]
19	Essen-Karnap	700.000	740.000	[RWE Power]
20	Frankfurt / Main	525.000	525.000	[Euwid 2009 35]
21	Geiselbullach	95.000	100.745	[GfA]
22	Göppingen	155.000	155.000	E.ON_2
23	Hagen	120.000	124.900	[Euwid 2008 50]
24	Hamburg Borsigstraße	320.000	331.291	[Euwid 2009 21]
25	Hamburg Rugenberger Damm	320.000	353.682	[Euwid 2009 22b]
26	Hamburg Stellingner Moor	180.000	180.000	[Stadtreinigung]
27	Hameln	240.000	300.000	[Enertec_b]
28	Hamm	245.000	295.487	[Euwid 2009 40]
29	Herten	250.000	600.000	[Euwid 2009 14]
30	Ingolstadt	240.000	246.000	[ZV MVA Ingolstadt]
31	Iserlohn	238.000	295.000	[NRW AIDA]
32	Kassel	150.000	178.300	[Euwid 2009 4]
33	Kempten	70.000	70.000	[ZAK]
34	Kiel	140.000	137.587	[Euwid 2009 40b]
35	Köln	590.000	720.000	[AVG Köln c]

Tabelle 15: Verbrennungskapazitäten der deutschen Abfallverbrennungsanlagen (Teil 2).

36	Krefeld	380.000	382.632	[MKVA Krefeld]
37	Lahe (Hannover)	280.000	280.000	[E.ON_3]
38	Landshut (bis 2011)	40.000	36.486	[LFU_2]
39	Lauta	225.000	233.700	[Euwid 2009 36]
40	Leuna	390.000	390.000	[MVV Umwelt]
41	Leverkusen	210.000	219.013	[AVEA]
42	Ludwigshafen	180.000	213.000	[Euwid 2008 35]
43	Ludwigslust	50.000	50.000	[Napp]
44	Magdeburg (Rothensee)	650.000	650.000	[Euwid 2008 46]
45	Mainz	237000	340.000	[EGM Flyer]
46	Mannheim	500.000	625.000	[Euwid 2009 50]
47	München-Nord	700.000	725.000	[SWM]
48	Neunkirchen	150.000	150.000	[E.ON_4] Emissionsbericht
49	Neustadt	60.000	58.392	[ZVO]
50	Nürnberg	220.000	228.500	[LFU_2]
51	Oberhausen	680.000	707.000	[Euwid 2009 5a]
52	Offenbach	200.000	250.060	[Euwid 2010 8]
53	Pirmasens	189.000	183.000	[E.ON_5]
54	Rosenheim	60.000	58.036	[Rosenheim]
55	Salzbergen	120.000	120.000	[SRS Ecotherm]
56	Schwandorf	450.000	450.000	[ZMS]
57	Schweinfurt	175.000	175.000	[GKS]
58	Solingen	105.000	122.000	[Euwid 2008 20]
59	Stapelfeld	350.000	356.150	[Euwid 2008 39a]
60	Staßfurt	300.000	380.000	[Euwid 2008 24a]
61	Stuttgart	420.000	420.000	[Gotschlich]
62	Tornesch-A. (Pinneberg)	80.000	75.741	[GAB]
63	Ulm (Donautal)	110.000	149.464	[TAD]
64	Velsen	255.000	255.000	[Euwid 2007 43]
65	Weisweiler	360.000	404.000	[Euwid 2007 40]
66	Weißenhorn	90.000	99.100	[AWB]
67	Würzburg	215.000	239.919	[ZVAWS]
68	Wuppertal	410.000	440.145	[AWG]
69	Zella-Mehlis	160.000	160.000	[Eggenschwiler]
70	Zorbau	280.000	300.000	[Sita_1]
		18.739.000	20.394.877	

Die im Rahmen dieser Arbeit errechnete Gesamtkapazität übertrifft ferner alle Literaturangaben in Tabelle 14 (S. 42). Als größte Verbrennungskapazität ist dort für die Jahre 2015 und 2022 eine Prognose mit 19,14 Mio. t/Jahr aufgeführt.

Ein Anstieg des Durchsatzes in den vergangenen Jahren auf Grund des gestiegenen Abfallangebots auf dem Entsorgungsmarkt ab 2005 lässt sich für viele, aber nicht für alle Standorte aufzeigen. Für die Standorte Coburg, Geiselbullach und Hamburg Borsigstraße werden die Daten für die jährlichen Verbrennungsmengen in Abbildung 29 und Abbildung 30 dargestellt. Während in Coburg und Hamburg Borsigstraße der Durchsatz langsam angewachsen ist, hat sich die Verbrennungskapazität an der Anlage am Standort Coburg kaum verändert.

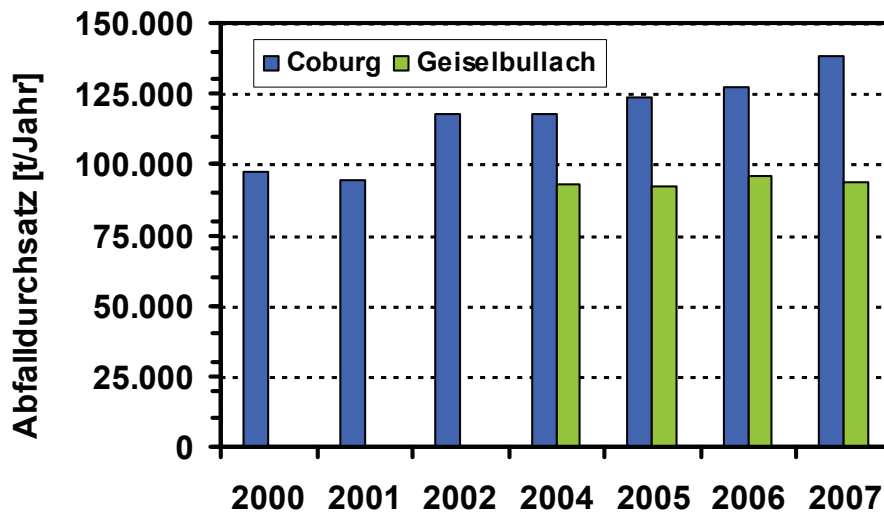


Abbildung 29: Zeitliche Veränderung der Verbrennungskapazität an den Standorten Coburg und Geiselbullach.

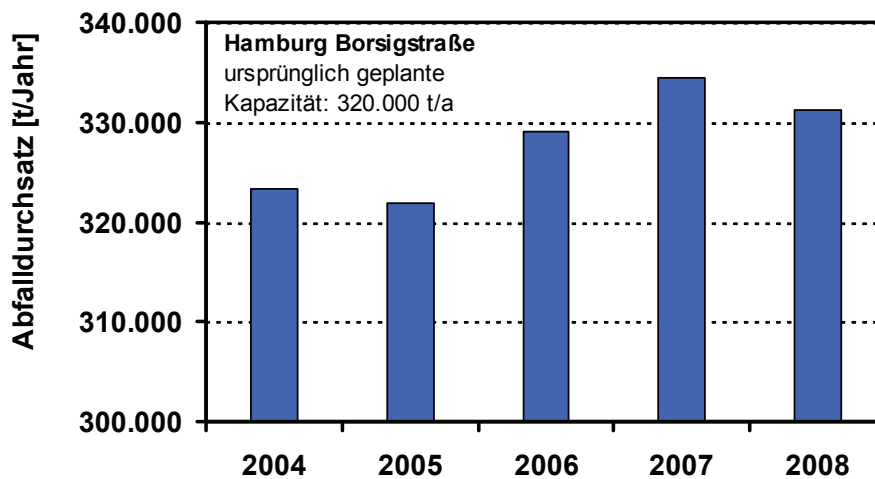


Abbildung 30: Zeitliche Veränderung der Verbrennungskapazität am Standort Hamburg Borsigstraße.

Für eine weitere Analyse der Kapazitätssteigerungen werden für 33 Standorte ältere Daten aus der Literatur und anderen Quellen zusammengefasst. Als Datengrundlagen wurden nur Angaben für die jährliche Verbrennungskapazität (t/Jahr) verwendet. Eine Berechnung über den Durchsatz (t/h) erfolgte nicht, denn eindeutige Angaben zu den Betriebsstunden (h/Jahr) lagen nicht vor.

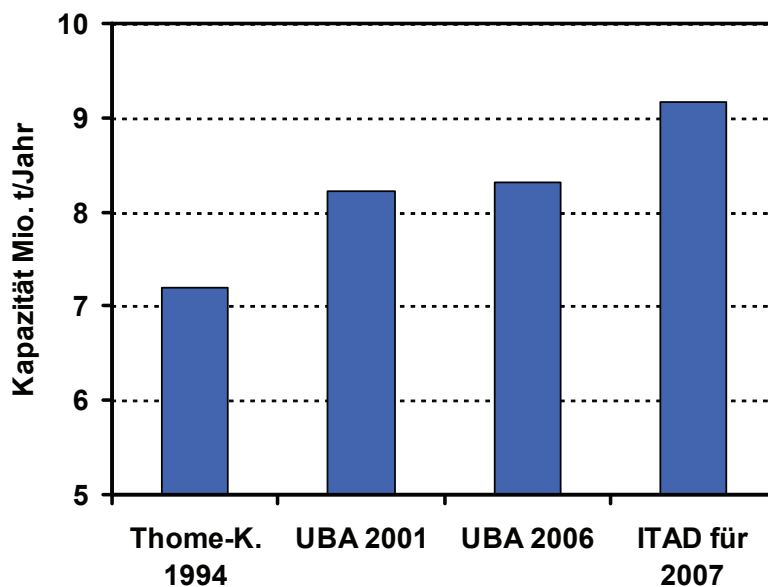


Abbildung 31: Entwicklung der Gesamtverbrennungskapazität für 33 ausgewählte Standorte mit der Zeit.

Aus Abbildung 31 ist zu entnehmen, dass bereits in der Vergangenheit die Verbrennungskapazität an vielen Standorten mit der Zeit zugenommen hat. Die Steigerungen der Gesamtverbrennungskapazität, dargestellt in Abbildung 26 bzw. Abbildung 28, sind folglich nicht nur auf die Inbetriebnahme von Anlagen an neuen Standorten zurückzuführen, sondern auch durch Veränderungen an vorhandenen Anlagen, wie sie in Abschnitt 3 dargestellt wurden.

6 Zusammenfassung

In der deutschen Abfallwirtschaft stellt die thermische Behandlung von Abfällen einen wichtigen Entsorgungsweg für Restabfälle dar, der in der Vergangenheit aufgrund der verschärften Vorgaben für die Abfallablagerung auf Deponien durch die ursprünglichen Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall an Bedeutung gewonnen hat. Aktuelle Diskussionen im Zusammenhang mit der Abfallverbrennung und anderen abfallwirtschaftlichen Maßnahmen sind wie in vielen anderen Wirtschaftsbereichen von den Themen Klimaschutz, Verteuerung der Energieträger und der Verknappung der Ressourcen geprägt.

Ergänzend sind durch die Umsetzung der neuen europäischen Abfallrahmenrichtlinie [RL 2008/98] in deutsches Recht, die u. a. zu einem Ersatz der dreistufigen Hierarchie (Vermeiden, Verwerten, Beseitigen) durch ein fünfstufiges System führen wird, umfangreiche Diskussionen und entscheidende Veränderungen in der deutschen Abfallwirtschaft zu erwarten.

Insbesondere für Entscheidungen im Zusammenhang mit der neuen fünfstufigen Abfallhierarchie sind genauere Kenntnisse über den aktuellen technischen Stand und die Leistungsfähigkeit der Abfallbehandlungsanlagen erforderlich. In Lehrbüchern zur Abfallwirtschaft werden der Aufbau und die Funktion von Abfallverbrennungsanlagen erläutert, ohne dass detailliert auf einzelne Standorte und deren Veränderungen im Lauf der Zeit eingegangen wird. Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Arbeit ausgewählte deutsche Standorte detailliert beschrieben. Diese Informationen können beispielsweise im Rahmen von Ökobilanzen mit abfallwirtschaftlichen Fragestellungen zu einer Verbesserung der Datengrundlage und somit zu genaueren Resultaten beitragen.

Für eine genauere Beschreibung von Abfallverbrennungsanlagen wurden als Beispiele die Standorte Mainz, Leuna, Eschbach, Burgkirchen, Kassel, Bremen und Solingen ausgewählt. Die Ausführungen zu den beschriebenen Abfallverbrennungsanlagen dokumentieren, dass sich in Deutschland sehr unterschiedliche Standorte und Anlagen entwickelt haben. Es gibt einerseits historisch gewachsene Standorte, wo immer wieder geänderte Anlagen betrieben werden. An diesen Standorten erfolgt neben der Anpassung der Rauchgasreinigung an neue Grenzwerte ein Ersatz von alten Kesseln durch Neubauten. Andererseits gibt es neue Anlagen, die auf der "grünen Wiese" errichtet wurden.

Abgesehen von der Pyrolyse-Anlage am Standort Burgau sind alle Anlagen in Deutschland mit einer Rostfeuerung ausgerüstet. Größere Unterschiede gibt es dagegen bei den Rauchgasreinigungskonzepten. Es existieren sehr aufwändige Rauchgasreinigungsanlagen, die eine weitgehende Unterschreitung der Anforderungen aus der 17. BImSchV gewährleisten. Neuere Anlagen weisen in der Regel einfachere Rauchgasreinigungskonzepte auf, die "nur" für eine sichere Einhaltung der Grenzwerte aus der 17. BImSchV konzipiert worden sind.

Etwa seit der Jahrtausendwende werden in Deutschland Abfallverbrennungsanlagen mit vereinfachter Rauchgasreinigungstechnik in Betrieb genommen. Anstelle des aufwändigen SCR-Verfahrens für die Entstickung wird das einfache und kostengünstige SNCR-Verfahren genutzt. An Stelle der nassen Rauchgasreinigung mit mindestens zwei Wäscherstufen und Anlagenteilen zur Abwassereindampfung werden trockene oder quasitrockene Rauchgasreinigungstechniken angewandt. Ähnliche Entwicklungen gibt es bei Umbauten im Bereich der Rauchgasreinigung von älteren Abfallverbrennungsanlagen.

Im Fall der im Rahmen dieser Arbeit betrachteten Beispiele gehören die Anlagen an den Standorten Mainz, Leuna und Eschbach zu den neu errichteten Anlagen, die zwischen 2003 und 2005 in Betrieb gegangen sind. Dagegen wird an den Standorten Bremen, Kassel und Solingen seit Ende der sechziger Jahre Abfall verbrannt. Der Standort Burgkirchen mit der Inbetriebnahme im Jahr 1994 ist als typische Anlage der 90er Jahre und somit als "Übergangstyp" aufzufassen. Die als Neubau konzipierte Anlage erhielt eine sehr aufwändige Rauchgasreinigung, die den nachgerüsteten Rauchgasreinigungssystemen der Altstandorte weitgehend entsprach.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde die zur Verfügung stehende Gesamtverbrennungskapazität der deutschen Abfallverbrennungsanlagen bestimmt, die für zukünftige Entwicklungen im Bereich der Abfallwirtschaft und darauf aufbauenden Entscheidungen von Interesse ist.

Die Durchführung der Bestimmung erwies sich aus verschiedenen Gründen als relativ schwierig, denn sowohl für die Anlagenstandorte als auch für die Verbrennungskapazitäten existieren keine eindeutigen Angaben.

Für die Auswahl der Abfallverbrennungsanlagen wurde die aktuelle Standortliste vom Umweltbundesamt [UBA_2008] herangezogen. In diesen Anlagen wird überwiegend Restabfall aus Siedlungen verbrannt. Sekundärbrennstoffkraftwerke, die insbesondere aufbereitete Gewerbeabfallfraktionen als Brennstoff einsetzen, wurden nicht berücksichtigt. Zu diesen Standorten existieren im Vergleich zu Abfallverbrennungsanlagen relativ wenige Informationen. Aktuelle Listen über die Standorte und Verbrennungskapazitäten der Sekundärbrennstoffkraftwerke waren in der Vergangenheit bereits kurz nach der Publikation veraltet. Außerdem zeigt ein Blick in die ältere Literatur, dass in den Listen für Sekundärbrennstoffkraftwerke nur die aktuellen Neubauten und Planungen berücksichtigt werden. Ältere Industriekraftwerke, die Rückstände aus der eigenen Produktion nutzen, fehlen.

Als Datengrundlage für die Bestimmung der Gesamtverbrennungskapazität der Abfallverbrennungsanlagen wurden u. a. Artikel aus Fachzeitschriften, Informationen aus dem Internet und Daten der Betreiber zusammengestellt und abgeglichen. Für die meisten Anlagen waren Daten über den Abfalldurchsatz der letzten Jahre verfügbar, allerdings nicht für alle Standorte.

Aus den gesammelten Daten ergab sich zunächst, dass zwischen der theoretischen geplanten Verbrennungskapazität einer Abfallverbrennungsanlage und dem tatsächlichen Durchsatz größere Differenzen auftreten können. Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang der Heizwert der zu verbrennenden Abfälle, denn die Kapazität einer Abfallverbrennungsanlage wird maßgeblich durch die thermische Leistung des Kessels bestimmt.

An vielen Standorten ist in den vergangenen Jahren die verbrannte Abfallmenge angestiegen. Die entscheidende Ursache für diese Zunahme ist das Abfallangebot auf dem Entsorgungsmarkt aufgrund der einzuhaltenden Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall bzw. Nachfolgevorschriften) seit dem 1. Juni 2005.

Außerdem lässt sich aus den zusammengetragenen Informationen ableiten, dass an älteren Standorten die Kapazität nicht nur durch den Neubau oder Ersatz von Verbrennungskesseln, sondern auch durch andere technische Veränderungen gesteigert werden konnte. Zu diesen Veränderungen gehören u. a. die Modernisierung des Betriebsleitsystems oder abfallwirtschaftliche Maßnahmen wie Sortierung und Aufbereitung der Abfälle.

Neben technischen und abfallwirtschaftlichen Aspekten wird die Verbrennungskapazität durch juristische Vorgaben beeinflusst, denn die Betriebsgenehmigung für eine Abfallverbrennungsanlage kann auch den Durchsatz beschränken.

Aus den gesammelten Daten wurde eine Gesamtkapazität errechnet. Aktuell können an 70 Standorten 20,4 Mio. t Abfall im Jahr verbrannt werden. Die zum Vergleich herangezogene Liste des UBA [UBA_2008] weist 18,7 Mio. t/Jahr ein deutlich geringere Gesamtkapazität aus. Die ermittelte Gesamtkapazität liegt auch über vielen Prognosen aus den zurückliegenden Jahren.

Aufgrund der Aktualität der herangezogenen Daten und des hohen Abfallangebots durch die Einhaltung der Anforderungen aus der TA Siedlungsabfall (bzw. Nachfolgevorschriften) ist davon auszugehen, dass die ermittelten Kapazitäten für viele Standorte die technisch maximal mögliche Kapazität darstellen.

Im Zusammenhang mit den Verbrennungskapazitäten der Abfallverbrennungsanlagen stehen in der abfallwirtschaftlichen Fachwelt mögliche Überkapazitäten bei der thermischen Abfallbehandlung in der Diskussion. Eine Berechnung zu möglichen Überkapazitäten wurde in dieser Arbeit nicht durchgeführt, denn aus Sicht des Autors scheitert eine exakte Bestimmung insbesondere an der Datenqualität für Sekundärbrennstoffkraftwerke und Gewerbeabfall- und Produktionsrückstandsmengen. Das Umweltbundesamt hat für Gewerbeabfälle ein entsprechendes Vorhaben auf den Weg gebracht.

Zum aktuellen Zeitpunkt ist aufgrund der fallenden Preise bei der thermischen Abfallbehandlung allerdings von Überkapazitäten am Markt auszugehen. Ob es in Zukunft auch noch Überkapazitäten gibt, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Insbesondere bei Kesselanlagen, die in den 70er und 80er Jahren den Betrieb aufgenommen haben, ist zukünftig ein weiterer Ersatz erforderlich. Bei fehlendem Abfallinput ist alternativ eine altersbedingte Stilllegung ohne Ersatz möglich. Ein Beispiel ist die kleine Verbrennungsanlage am Standort Landshut, die 2011 stillgelegt wird. Andererseits könnten z.B. aus den vorhandenen MBA-Anlagen zusätzliche Abfallkontingente zur Verfügung stehen, wenn die behandelten Stoffströme nicht deponiert, sondern verbrannt würden.

7 Literatur

- [17. BImSchV] Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, 17. BImSchV. "Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen". Fassung vom 14. August 2003.
- [AbfAbIV] Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen AbfAbIV - Abfallablagerungsverordnung. 20. Februar 2001.
- [AEZ] Abfallentsorgungszentrum Asdonkshof (AEZ): "Zahlen, Daten, Fakten". Download von der Homepage des Unternehmens. <http://www.aez-asdonkshof.de/>. Januar 2009.
- [Alwast] Alwast, H.; Gaßner, H.; Nicklas, C.: "Marktentwicklungen für die Abfallbehandlung und Zwischenlagerung von Abfällen". Müll und Abfall 38 (2006) Heft 3. S. 141-148.
- [ANO] Abfallbehandlung Nord (ANO): "10 Fragen. 10 Antworten". Text der ANO zu den Sanierungsarbeiten am MHKW und weiterer Informationen von der Homepage des Unternehmens (Heute swb Entsorgung GmbH). <http://www.ano-bremen.de>. Januar 2007.
- [ARGE] "Informationen der ARGE TREA Leuna". April 2002.
- [AVEA] AVEA GmbH & Co. KG: "Geschäftsbericht 2008" S. 17.
- [AVA] Abfallverwertung Augsburg GmbH (AVA): "Das Abfallverwertungsmodell Augsburg" Firmenschrift des Unternehmens.
- [AVG Köln a] Abfallentsorgungs- und Verwertungsgesellschaft Köln mbH (AVG): "Die Restmüllverbrennungsanlage Köln - Notwendigkeit, Genehmigungsverfahren, Umweltverträglichkeit". Firmenschrift des Unternehmens. August 1995.
- [AVG Köln b] Abfallentsorgungs- und Verwertungsgesellschaft Köln mbH (AVG): "Die Restmüllverbrennungsanlage". Firmenschrift des Unternehmens. Download von der Homepage <http://www.avgkoeln.de>. August 2009.
- [AVG Köln c] Abfallentsorgungs- und Verwertungsgesellschaft Köln mbH (AVG): "Kennzahlen 2008 im Überblick". Download März 2010 von der Homepage <http://www.avgkoeln.de>.
- [AWB] Anfallwirtschaftsbetrieb des Landkreises Neu-Ulm: "Thermisch behandelte Müllmengen im MKW Weißenhorn". Mitteilung in der "Umweltzeitung". Ausgabe 1/2008.
- [AWG] Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH Wuppertal (Hrsg.): "Umweltdaten 2009". Download April 2010 von der Homepage. <http://www.awg.wuppertal.de/web/index.php>.
- [Bank] Bank, M.: "Basiswissen Umwelttechnik". 4. Auflage. Vogel Verlag Würzburg, 2000.
- [BEG] Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft: "Technische Daten Müll-Heiz-Kraftwerk". Ohne Datum, etwa 2005.

- [Bilitewski] Bilitewski, B.; Haerdle, G.; Marek, K.: "Abfallwirtschaft, Handbuch für Praxis und Lehre". 3., neu bearbeitete . Auflage. Springer Verlag, Berlin, 2000.
- [BImSchG] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz. Fassung vom 26. September 2002.
- [BKB] BKB AG: "BKB Helmstedt. Neue Energie aus Abfall". Firmenschrift des Unternehmens. Stand April 2005.
- [Böllhoff] Böllhof, C.; Alwast, H.: "Rechnung mit Unbekannten". Müllmagazin 19 (2006) Heft 3. S. 8-13.
- [Bohlmann] Bohlmann, J.; Fuchs, A.; Seiler, U.: "Erzeugung von Ersatzbrennstoffen zur Verwertung von Restabfall". VDI Seminar 43-04-04. "Ersatzbrennstoffe für Industrieanlagen nach den neuen Immissionsschutzstandards - Novellierung der 17.BImSchV - Umsetzung der EG-Richtlinie". Würzburg, 12.-13- Oktober 2000.
- [BREF WI] Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. European Kommission. August 2006.
- [Busch] Busch, M.; Rampp, F.; Martin, J.; Horn, J.: "Entwicklung einer kamerageführten Feuerungsregelung zur Verbesserung der Verbrennungs-, Ausbrand- und Emissionsverhaltens einer Abfallverbrennungsanlage". VGB Kraftwerkstechnik 73 (1993) Heft 7. S. 614-618.
- [Destatis 2009] Statistisches Bundesamt: "Abfallbilanz 2007" Wiesbaden 2009. Erschienen im Juni 2009.
- [DIN 197] DIN EN 197-1: "Zement - Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement". August 2004.
- [Doedens] Doedens, H.; Fricke, K.; Gallenkemper, B.; Ketelsen, K.; Radde, A.; Remde, B.: "MBA und das Ziel 2020". Müll und Abfall 38 (2006) Heft 3. S. 120-132.
- [Donnally] Donnelly, J.R.: "Overview of air pollution controls for municipal waste combustors". Konferenz "Municipal Waste Combustion". Tampa (Florida, USA), 15.-19. April 1991. Conference Papers and Abstracts. S. 125-144.
- [Dornin] Dornin, J.: "Müllheizkraftwerk Göppingen offiziell in Betrieb genommen - Entsorgungssicherheit für die Region - Abgasreinigung auf dem neuesten Stand". Müll und Abfall 30 (1998) S. 606 (Nachrichten aus der Industrie).
- [EEG] Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG. 25. Oktober 2008. (Erste Fassung:2000).
- [Eggenschwiler] Eggenschwiler, B.: "Aufbau des Steuersystems in Zella-Mehlis". Umweltmagazin 39 (2008) Heft 12. S. 14-15.
- [EGM] Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM): Informationen von der Homepage, Juli 2009. <http://www.mhkw-mainz.de/index.php>.

- [EGM Flyer] Entsorgungsgesellschaft Mainz mbH (EGM): "Müllheizkraftwerk Mainz". Beschreibung der Anlage. Download März 2010 von der Homepage. Stand Dezember 2007.
- [Enertec_a] Enertec Hameln GmbH: "Neubau des Müllkessels 1 (MK 1) und weiterer Maßnahmen in der Müllverbrennungsanlage Hameln". Kurzbeschreibung entsprechend der Verordnung über Genehmigungsverfahren. 2004.
- [Enertec_b] Enertec Hameln GmbH: "Sammlung Datenblätter". Informationsblatt des Betriebes über die technischen Daten. Stand Oktober 2009.
- [Ents.-Komm.] Entsorgung Kommunal: "Tour de Müll - Unterrichtsmaterialien". Download von der Webseite des Unternehmens Juni 2009. www.entsorgung-kommunal.de. Kundenberatung der Bremer Entsorgungsbetriebe, Bremen (Grafiken wurden bearbeitet).
- [Ensorga] Entsorga gemeinnützige Gesellschaft mbH (Hrsg.); Mitherausgeber: Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (BDE): "Thermische Behandlung / Energetische Nutzung". Reihe Kreislaufwirtschaft in der Praxis. Nr. 5. 1997.
- [E.ON_1] E.ON Energy from Waste: "Helmstedt - Energie aus Tradition". Beschreibung der Anlage am Standort. Download von der Homepage Januar 2009: <http://www.eon-energyfromwaste.com/>.
- [E.ON_2] E.ON Energy from Waste: "Göppingen - Saubere Energie für unsere Nachbarn". Beschreibung der Anlage am Standort. Download von der Homepage Januar 2009: <http://www.eon-energyfromwaste.com/>.
- [E.ON_3] E.ON Energy from Waste: "Hannover - Moderne Technik trifft flexible Leistung". Beschreibung der Anlage am Standort. Download von der Homepage Januar 2009: <http://www.eon-energyfromwaste.com/>.
- [E.ON_4] E.ON Energy from Waste: "Emissionen des Abfallheizkraftwerkes Neunkirchen". Berichtszeitraum 2009.
- [E.ON_5] E.ON Energy from Waste: "Müllheizkraftwerk Pirmasens, Umweltbericht 2009."
- [Euwid 2002 40] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Baubeginn für MVA im Gewerbepark Breisgau". Euwid Nr. 40 vom 01.10.2002, S. 6.
- [Euwid 2003 14] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "ANO erhöht Kapazität der MVA Bremen". Euwid Re Nr.14 vom 02.04.2003, S. 8.
- [Euwid 2003 40] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): " Biomassekraftwerk in Mannheim in Betrieb". Euwid Nr. 40 vom 30.09.2003. S. 4.
- [Euwid 2003 47] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Schlackeverwertung für TREA gegründet". Euwid Nr. 47 vom 18.11.2003, S. 2.
- [Euwid 2003 47a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Mainz offiziell eingeweiht". Euwid Nr. 47 vom 18.11.2003, S. 13.
- [Euwid 2004 12] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "BKB will Durchsatz in MVA Göppingen erhöhen". Euwid Nr. 12 vom 16.03.2004, S. 6.

- [Euwid 2004 17] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Rheinland-Pfalz mit MVA Mainz gut gerüstet". Euwid Nr. 17 vom 24.04.2004, S. 10.
- [Euwid 2004 49] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Sita Heinemann erhält Auftrag aus Kreis Rastatt". Euwid Nr. 49 vom 30.11.2004, S. 12.
- [Euwid 2005 5] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Projekte zum Einsatz von EBS in Bremen schreiten voran". Euwid Re Nr.5 vom 01.02.2005, S. 7.
- [Euwid 2005 25] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "TREA Breisgau offiziell eingeweiht". Euwid Nr. 25 vom 21.06.2005, S. 11.
- [Euwid 2005 28] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Müllverbrennungsanlage in Zorbau in Betrieb gegangen". Euwid Re Nr. 28 vom 12.07.2005, S. 5.
- [Euwid 2005 36a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "ANO: EBS-Aufbereiter leiden unter Verschiebungen am Entsorgungsmarkt". Euwid Re Nr.36 vom 06.09.2005, S. 3.
- [Euwid 2005 36b] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "swb gibt EBS-Projekt in Bremen auf". Euwid Nr.36 vom 06.09.2005, S. 21.
- [Euwid 2005 36c] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA in Magdeburg offiziell eingeweiht". Euwid Nr. 36 vom 06.09.2005, S. 15.
- [EUWID 2006 4] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "AVE nimmt mechanische Sortieranlage in Betrieb". EUWID Nr. 4 vom 24.01.2006, S. 30.
- [Euwid 2006 5] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Anlagen - Kreis Weseler Abfallgesellschaft". Euwid Nr. 5 vom 31.01.2006. S. 6.
- [Euwid 2006 9] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Restmüll aus Sachsen geht nach Leuna und Lauta". Euwid Nr. 9 vom 28.02.2006.
- [Euwid 2006 11] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Mainz erwägt Erweiterung der Müllverbrennungsanlage". Euwid Re 11 vom 14.03.2006, S. 14.
- [Euwid 2006 11b] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Holzheizkraftwerk wird auf Ersatzbrennstoffe umgerüstet". Euwid Re 11 vom 14.03.2006, S.13.
- [Euwid 2006 11c] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Bielefeld plant Kapazitätserweiterung". Euwid Re 11 vom 14.03.2006, S.13.
- [Euwid 2006 17] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Müllheizkraftwerk Mainz erweitert Kapazität". Euwid Nr. 17 vom 25.04.2006, S. 2.
- [Euwid 2006 34] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Mainzer MVA beginnt im Dezember mit Erweiterung". Euwid Nr. 34 vom 22.08.2006, S. 7.
- [Euwid 2006 40a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Bruchsaler EBS-Anlage läuft plangemäß". Euwid Nr. 40 vom 04.10.2006. S. 6.
- [Euwid 2007 4] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Kassel mit Umsatz- und Ergebnisplus in 2005". Euwid Nr. 4 vom 23.01.2007, S. 13.
- [Euwid 2007 7] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Köln erhöht Kapazität um 10 Prozent". Euwid Nr. 7 vom 13.02.2007, S. 8.
- [Euwid 2007 8] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Bremen läuft mit neuer Kapazität ". Euwid Re Nr. 8 vom 20.02.2007, S. 5.

- [Euwid 2007 17] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Sotec will Kapazität der MVA Freiburg verdoppeln ". Euwid Nr. 17 vom 24.04. 2007, S. 7.
- [Euwid 2007 21] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVV Energie erwägt Ausbau der Verbrennungskapazität in Leuna ". Euwid Nr. 21 vom 22.05. 2007, S. 3.
- [Euwid 2007 26] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Sotec gibt Erweiterung der MVA Freiburg auf". Euwid Nr. 26 vom 26.06.2007, S. 8.
- [Euwid 2007 36] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "ANO schließt Anlage für Sekundärbrennstoffe". Euwid Re Nr.36 vom 04.09.2007, S. 4.
- [Euwid 2007 38] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVV Umwelt nimmt zweite Linie in Leuna in Betrieb". Euwid Nr. 38 vom 19.09. 2007, S. 17.
- [Euwid 2007 40] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Weisweiler verbucht für 2006 neuen Rekordüberschuss". Euwid Re 40 vom 02.10. 2007, S. 11.
- [Euwid 2007 43] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Anlagenschäden drücken Durchsatz ". Euwid Re 43 vom 23.10. 2007, S. 3.
- [Euwid 2008 10] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Von Roll Inova rechnet mit starkem Erneuerungsbedarf". Euwid Nr. 10 vom 04.03.2008, S. 6.
- [Euwid 2008 12] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Vorerst kein dritter Kessel für die MVA Kiel". Euwid Nr. 12 vom 18.03.2008, S. 4.
- [Euwid 2008 20] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Solingen steigert Kapazität auf 122.000 t/Jahr". Euwid Re 20 vom 14.05.2008, S. 14.
- [Euwid 2008 24] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "EEW will Durchsatz in der TREA Breisgau erhöhen". Euwid Re Nr. 24 vom 10.06.2008, S. 11.
- [Euwid 2008 24a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Anlagen - thermische Abfallbehandlungs- und Verwertungsanlage in Staßfurt". Euwid Re 24 vom 10.06.2008, S. 19.
- [Euwid 2008 26a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Bonn profitiert von hohen Verbrennungspreisen". Euwid Re 26 vom 24.06.2008, S. 6.
- [Euwid 2008 26b] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Darmstadt verbrennt 2007 weniger Abfall". Euwid Re 26 vom 24.06.2008, S. 6.
- [Euwid 2008 27] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Neustadt wird vorerst nicht erweitert ". Euwid Nr. 27 vom 01.07.2008, S. 6.
- [Euwid 2008 35] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Erneut höherer Durchsatz im Müllheizkraftwerk Ludwigshafen". Euwid Re 35 vom 26.08.2008, S. 17.
- [Euwid 2008 38] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Erstes Müllfeuer im neuen 3. Kessel des MHKW Mainz". Euwid Nr. 38 vom 16.09.2008, S. 6.
- [Euwid 2008 39] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Biomasseheizkraftwerk Böblingen eingeweiht". Euwid Nr. 39 vom 23.09.2008. S. 10.
- [Euwid 2008 39a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Jahresabschlüsse - Müllverbrennungsanlage ". Euwid Re 39 vom 23.09.2008. S. 6.

- [Euwid 2008 46] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Auch 2007 erfolgreiches Jahr für Müllverbrennung in Rothensee". Euwid Re 46 vom 11.11.2008. S. 15.
- [Euwid 2008 50] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "HEB Hagen mit weniger Umsatz, aber mehr Gewinn". Euwid Re 50 vom 09.12.2008. S. 9.
- [Euwid 2009 4] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Kassel hat im Jahr 2007 mehr Umsatz mit weniger Abfall gemacht". Euwid Re 4 vom 20.01.2009, S. 19.
- [Euwid 2009 5] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Bielefeld und Hameln mit kräftigem Umsatz- und Gewinnplus". Euwid Nr. Re 5 vom 27.01.2009, S. 17.
- [Euwid 2009 5a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "GMVA Niederrhein erhöht 2007 Durchsatz und Umsatz". Euwid Nr. Re 5 vom 27.01.2009, S. 12.
- [Euwid 2009 7] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "TREA Breisgau darf mehr Abfälle verbrennen". Euwid Re Nr. 7 vom 10.02.2009, S. 9.
- [Euwid 2009 11] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Sortierer Re.Sort belastet Bilanz der AVA Augsburg". Euwid Re Nr. 18 vom 10.03.2009, S. 20.
- [Euwid 2009 14] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Leicht rückgängiger Umsatz bei AGR im Jahr 2008". Euwid Re 14 vom 31.03.2009, S. 4.
- [Euwid 2009 15] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "BSR erhält Genehmigung für MVA-Modernisierung". Euwid Re Nr. 15 vom 07.04.2009, S. 2.
- [Euwid 2009 18] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Jahresabschlüsse - Kreis Weseler Abfallgesellschaft". Euwid Re Nr. 18 vom 28.04.2009, S. 12.
- [Euwid 2009 21] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Notiert: Müllverbrennungsanlage Borsigstraße". Euwid Re 21 vom 19.05.2009, S. 8.
- [Euwid 2009 22] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Bremen mit Rekorddurchsatz in 2008". Euwid Re Nr. 22 vom 26.05.2009, S. 4.
- [Euwid 2009 22b] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Notiert: Müllverbrennungsanlage Rugenberger Damm". Euwid Re 22 vom 26.05.2009, S. 12.
- [Euwid 2009 23] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Tornesch-Ahrenlohe wird vorerst nicht erweitert". Euwid Nr. 23 vom 03.06.2009, S. 13.
- [Euwid 2009 31] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Bürger gegen Vollausslastung der MVA Schwandorf". Euwid Nr. 31 vom 28.07.2009, S. 2.
- [Euwid 2009 35] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Ergebnis der AVA Nordweststadt deutlich über Plan". Euwid Re 35 vom 25.08.2009, S. 13.
- [Euwid 2009 36] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVA Lauta steigert Gewinn in 2008 um drei Mio. Euro". Euwid Re 36 vom 01.09.2009, S. 14.

- [Euwid 2009 40] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Betreiber der Müllverbrennungsanlage Hamm mit Umsatzsteigerung in 2008". Euwid Re 40 vom 29.09.2009, S. 19.
- [Euwid 2009 40b] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVK: Entwicklung weiterhin positiv". Euwid Re 40 vom 29.09.2009, S. 12.
- [Euwid 2009 40c] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Zementindustrie baut auch in 2008 verstärkt auf Sekundärbrennstoffe". Euwid Re 40 vom 29.09.2009, S. 3.
- [Euwid 2009 50] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MVV nimmt in Mannheim sechsten Kessel in Betrieb". Euwid Re 50 vom 08.12.2009, S. 15.
- [Euwid 2010 8] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "MHKW Offenbach 2008/9 mit Rekorddurchsatz". Euwid Re Nr. 8 vom 12.02.2010, S. 8.
- [Euwid 2010 9a] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Inoffizieller Arbeitsentwurf zum neuen Kreislaufwirtschaftsgesetz im Umlauf". Euwid Re Nr. 9 vom 02.03.2010, S. 1-2.
- [Euwid 2010 9b] Europäischer Wirtschaftsdienst (Euwid): "Kreislaufwirtschaftsgesetz : Verabschiedung Mitte 2011". Euwid Re Nr. 9 vom 02.03.2010, S. 3.
- [EVI] EVI Abfallverwertung B.V. & Co. KG: Technische Daten der Anlage, Download von der Homepage Januar 2010.
- [Fehrenbach] Fehrenbach, H.; Jürgen G.; Mahmood, S.: "Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz". Ifeu Heidelberg, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Förderkennzeichen (UFOPLAN) 205 33 311, Oktober 2007. Publiziert als UBA Texte 16/08.
- [Feldhaus] Feldhaus, F. (Red.): " Müllheizkraftwerk Mainz". (Baudokumentation 123) Susa-Verlag. Hameln, 2003.
- [Fischer] Fischer, B.: " Energieeffizienz des Müllheizkraftwerkes Mainz". in: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M.: "Optimierung der Abfallverbrennung 2". S. 565-578. TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky Neurppin, 2005.
- [Fleck_1] Fleck, E.: "Darfs ein bisschen mehr MVA sein? - Kriterien für die maximale Baugröße". Umweltmagazin 37 (2007) Mai S.12-13.
- [Fleck_2] Fleck, E.; Martin, J.J.E.: "Der Einsatz von verschiedenen Brennstoffen in Martin-Feuerungssystemen ". in: Thomé-Kozmiensky, K.J.: "Ersatzbrennstoffe 4". TK Verlag Neuruppin, 2004.
- [Fremgen_1] Fremgen, B.: "Restabfallbehandlung im Breisgau . Europaweite Ausschreibung für Abfall aus vier Kreisen. Teil 1". Müll und Abfall 32 (2000) Heft 12. S. 704-709.
- [Fremgen_2] Fremgen, B.: "Restabfallbehandlung im Breisgau . Europaweite Ausschreibung für Abfall aus vier Kreisen. Teil 2". Müll und Abfall 33 (2001) Heft 2. S. 64-68.
- [Fremgen_3] Fremgen, B.; Meinken, K.: "Einsatz aufbereiteter MVA-Schlacke als Baustoff auf Deponien - noch möglich trotz DepVerwV Teil 1". Müll und Abfall 36 (2004) Heft 7. S. 319-324.

- [Fremgen_4] Fremgen, B.; Meinken, K.: "Einsatz aufbereiteter MVA-Schlacke als Baustoff auf Deponien - noch möglich trotz DepVerwV Teil 21". Müll und Abfall 36 (2004) Heft 8. S. 364-372.[Führer] Führer, K.: "Emissionsmindernde Maßnahmen im MHKW Essen-Karnap". VGB Kraftwerkstechnik 79 (1999) Nr. 1 S. 71-75.
- [GAB] Gesellschaft für Abfallwirtschaft und Abfallbehandlung mbH (GAB): "Umwelterklärung 2008". Download April 2010 von der Homepage <http://www.gab-tornesch.de/joomla/>.
- [Gäde-B.] Gäde-Butzlaff, V.: "Strategie eines kommunalen Betreibers einer Abfallverbrennungsanlage vor dem Hintergrund der Novellierung der EU-Abfallrahmenrichtlinie". in: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M.: "Energie aus Abfall Band 4". S. 69-80. TK Verlag Neuruppin, 2008.
- [GfA] Gemeinsames Kommunalunternehmen für Abfallwirtschaft, Anstalt des öffentlichen Rechts der Landreise Fürstenfeldbruck und Dachau: "Eckdaten 2008". Download im März 2010 von der Homepage <http://www.mva-geiselbullach.de/>.
- [GKS] Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH: "Technische Anlagen". Information von der Homepage des Unternehmens. <http://www.gks-schweinfurt.de/>. Stand April 2010.
- [Görner] Görner, K.; K.; Hübner, K.(Hrsg.); "Umweltschutztechnik". Springer Verlag, Berlin, 1999.
- [Gotschlich] Gotschlich, K.; Schweiger, M.; Altvater, R. "Erneuerung der Leittechnik im Kraftwerk Stuttgart-Münster". BWK 60 (2008) Heft 3. S. 42-45.
- [Grommes-1] Grommes, T: "Energieversorgung im Doppelpack " Entsorga-Magazin 27 (2008) Heft 6. S 24-25.
- [Grommes-2] Grommes, T: "Mittelkalorik-Kraftwerk" Proceedings zum 20. Kasseler Abfallforum und Bioenergieforum. Kassel, 8.-10. April 2008. S. 333-344.
- [Grundmann] Grundmann, T.; Balhar, L.: "Stand und Perspektiven der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) in Deutschland". Müll und Abfall 41 (2009) Heft 4. S. 204-209.
- [Günther_1] Günther, J.: "Feuer frei für TREA". BWK 57 (2005) Heft 11. S. 8-10.
- [Günther_2] Günther, J.: "Die moderne Müllverbrennungsanlage TREA Leuna, der neue Energiestandort der MVV Umwelt GmbH". Proceedings zu: Waste to Energy: Internat.Exhibition and Conf. for Energy from Waste and Biomass, Bremen, 7.-8. 2005.
- [Günther_3] Günther, J.: "Erste Betriebserfahrungen TREA Leuna mit integriertem Ballenzwischenlager". in: Urban, A.I.; Faulstich, M.; Bilitevski, B. (Hrsg.): 11. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung". München, 14.-15 März 2006. S. 321-337.
- [Herzog] Herzog, T.; Englmaier, L: "Recladding im MHKW Burgkirchen". Tagungsband zur VGB Tagung Thermische Abfallbehandlung 2004. 17 Seiten. Mannheim, 10.-11. Mai 2004.

- [Höling] Höling, M.: "Errichtung und erste Betriebserfahrungen mit der Thermischen Restanfallbehandlungs und Energieverwertungsanlage (TREA) Breisgau" VGB PowerTech 85 (2005) Heft 12. S. 38-43.
- [Interargem] Interargem GmbH: "Biomasseverstromung". Information auf der Homepage des Unternehmens. <http://www.interargem.de>. August 2009.
- [ITAD] Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. (ITAD). Homepage des Vereins. Informationen zu den Anlagenstandorten. Januar 2007.
- [ITAD 2010] ITAD - Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.: Download von der Homepage: <http://www.itad.de>. Januar 2010.
- [Ittershagen] Ittershagen, M.: "Stellenwert der Abfallverbrennung in Deutschland". Pressemitteilung des UBA, Oktober 2008.
- [Jäger] Jäger, A.; Strumpf, L.: "Müllheizkraftwerk (MHKW) Rothensee". VGB PowerTech 87 (2007) Heft 12. S. 42-46.
- [Jopp] Jopp, K.: "Neue Maßstäbe im GuD-Prozess" BWK 57 (2005) Heft 6. S. 52-54.
- [Kassel-1] Betriebsleitung MHKW Kassel: "Annahmeveraussetzungen ASZA". Stand 01.09.2006.
- [Kassel-2] Müllheizkraftwerk Kassel GmbH. Homepage des Unternehmens. Juli 2007.
- [Kassel-3] Müllheizkraftwerk Kassel GmbH: "Die Müllheizkraftwerk Kassel GmbH informiert als Betreiberin des Müllheizkraftwerkes in Kassel über die Emissionen und Verbrennungsbedingungen des Jahres 2005". Kassel, den 07.03.2006. Emissionsbericht von der Homepage des Unternehmens.
- [Kassel-4] Müllheizkraftwerk Kassel GmbH. "Das Müllheizkraftwerk Kassel informiert als Betreiberin des Müllheizkraftwerkes Kassel über die Emissionen und Verbrennungsbedingungen des Jahres 2008. Kassel, 23. Februar 2009.
- [Kempin-1] Kempin, T.; Knoop, P.; Zahn, H.; Gierend, C.: "Kostenoptimierende Anwendung von Fuzzy Control in Müllverbrennungsanlagen". VGB PowerTech 85 (2005) Heft 12. S. 70-75.
- [Kempin-2] Kempin, T.; Knoop, P.; Zahn, H.; Gierend, C.: "Higher Effective Flexibility at Waste Incineration with Fuzzy Control at the Waste Incineration Plant of BSR under Consideration of Process Optimisation and Possible Use of Video Images Analysis Software". VGB PowerTech 88 (2008) Heft 1/2. S. 66-71.
- [Keßler] Keßler, H.; Krause, S.; Schreck, J.; Wolf, R.: "Ziel 2020 - Abfallwirtschaft im Umbruch". Müll und Abfall 38 (2006) Heft 6. S. 316-322.
- [Keune] Keune, R.; Schug, B.: "Leittechnik mit hoher Verfügbarkeit für das Müllheizkraftwerk Frankfurt-Nordweststadt". VGB PowerTech 88 (2008) Heft 8. S. 48-52.

- [Klasen-1] Klasen, T.; Görner, K.; Auel, W.; Sudau, B.: "Optimierung des Müllheizkraftwerks (MHKW) Bremen auf Basis von CFD-Simulationen und Betriebserfahrungen nach dem Umbau". VGB PowerTech 86 (2006) Heft 7. S. 45-48.
- [Klasen-2] Klasen, T.; Görner, K.; Auel, W.; Sudau, B.: "Optimierung des MHKW Bremen (Simulationen und Betriebserfahrung)" in: Urban, A.I.; Faulstich, M.; Bilibevski, B. (Hrsg.): 11. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung". München, 14.-15 März 2006. S. 173-185.
- [Kopp] Kopp-Assenmacher, S.: "Neue Entwicklungen im europäischen und nationalen Abfallwirtschaftsrecht". VGB PowerTech 89 (2009) Heft 8. S.84-87.
- [Krennbauer] Krennbauer, F.: "Ersatzbrennstoffe und deren Einfluss auf den Zement-Brennprozess". ZKG International 59 (2006) Heft 5. S. 63-70.
- [KrW-/AbfG] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen. KrW-/AbfG - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz. 27. September 1994.
- [LAGA] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): "Bericht zur 63. Umweltministerkonferenz - 3. Fortschreibung". Stand 31.08.2004.
- [Lahl] Lahl, U.: "Weiterentwicklung der 17. BImSchV". Müll und Abfall 41 (2009) Heft 7. S. 338-342.
- [Lautenschlager] Lautenschlager, G.; Heeren, U.; Staberow, P.; Ledebur, H.; Teichert, B.: "Erste betriebserfahrungen mit der neuen MVA Hamm". Abfallwirtschaftsjournal 5 (1993) Nr. 6. S. 487-493.
- [Leuna_1] MVV TREA Leuna: TREA Leuna Report. Kundenzeitung der MVV TREA Leuna. Nr. 1/2004.
- [Leuna_2] MVV TREA Leuna: TREA Leuna Report. Kundenzeitung der MVV TREA Leuna. Sonderausgabe April 2004.
- [Leuna_3] MVV TREA Leuna: TREA Leuna Report. Kundenzeitung der MVV TREA Leuna. Dezember 2004.
- [Leuna_4] MVV TREA Leuna: TREA Leuna Report. Kundenzeitung der MVV TREA Leuna. Juni 2005.
- [Leuna_5] MVV TREA Leuna: TREA Leuna Report. Kundenzeitung der MVV TREA Leuna. Oktober 2005.
- [Leuna_6] MVV TREA Leuna GmbH: Webcam auf der Homepage des Unternehmens. <http://www.mvvtrea.de>. Juli 2007.
- [LFU_1] Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU): Download von der Homepage http://www.lfu.bayern.de/abfall/daten/thermische_behandlungsanlagen_siedlungsabfall/burgkirchen/index.htm. Rubrik Thermische Behandlungsanlagen Siedlungsabfall. Juli 2009.
- [LFU_2] Bayerische Landesamt für Umwelt (Hrsg.): "Hausmüll in Bayern, Bilanzen 2008". S.61. August 2009. Download im Dezember 2009 von der Homepage <http://www.lfu.bayern.de>.
- [LRA Göppingen] Landratsamt Göppingen (Hrsg.): "Das Müllheizkraftwerk Göppingen". Dokumentation vom Landkreis Göppingen. Juni 1985.

- [Lurgi] Lurgi AG: "Müllheizkraftwerk Burgkirchen". Firmenschrift.
- [Markus] Markus, M.W.: "Optimisation of the SNCR-DENOX Method Using Diode Laser Spectroscopy". VGB PowerTech 83 (2003) Heft 5. S. 113- 115.
- [Martin-Mainz] Martin GmbH: "Thermische Abfallbehandlungsanlage MHKW Mainz, Deutschland". Firmenschrift. Download von der Homepage <http://www.martingmbh.de/>. Dezember 2008, auch Juli 2009.
- [Martin] Martin, J.; Busch, M.; Behnke, S.: "Entwicklung einer kamerageführten Feuerungsregelung zur primärseitigen Schadstoffreguzierung". in: VDI (Hrsg): "Techniken der Restmüllbehandlung". VDI Berichte 1033. S. 191-208. Tagung in Würzburg, 10.-21. April 1993.
- [Matthes_1] Matthes, Th.: "Erfahrungen mit der Quasitrocken-Rauchgasreinigung bei der Nachrüstung der Müllverbrennungsanlage Bremen". VGB Kraftwerkstechnik 71 (1991) Heft 10, S. 921-924.
- [Matthes_2] Matthes, Th.: "25 Jahre Müllverbrennungsanlage Bremen". VGB Kraftwerkstechnik 75 (1995) Heft 12, S. 1049-1051.
- [Mayr] Mayr, F.: "Handbuch der Kesselbetriebstechnik". 10. Auflage. Resch Verlag, Gräfelfing, 2003.
- [MKVA Krefeld] MKVA Krefeld: Immissionsschutzbericht 2007. MHKW Krefeld, Mai 2008.
- [Mundt] Mundt, P.; Grotefeld, V.: "Verdampfungskühler mit nachgeschaltetem Gewebefilter als technisch robuste und kostengünstige Lösung bei der RGR am Beispiel MHKW Solingen". VDI Wissensforum. Seminar 435914. "BAT-und preisorientierte Dioxin-/Rauchgasreinigungstechniken 2002 für Verbrennungs- und Feuerungsanlagen". München, 19.-20. September 2002.
- [MVV Umwelt] MVV Umwelt: "TREA Leuna: Zahlen - Daten - Fakten" Firmenschrift. Download von der Homepage. <http://www.mvv-umwelt.de>. Juli 2009.
- [Napp] Napp, M.: "Thermische Abfallbehandlung in Großanlagen und dezentralen Kleinanlage". Umweltpraxis 3 (2003) Heft 10. S. 13-15.
- [Netz] Netz, H.: "Handbuch Wärme". 3. Auflage. Resch Verlag, Gräfelfing, 1991.
- [Neunkirchen] Neunkirchen, B.: "Abgasreinigung ohne Ende". in: VDI (Hrsg): "Techniken der Restmüllbehandlung". VDI Berichte 1033. S. 209-220. Tagung in Würzburg, 10.-21. April 1993.
- [NRW AIDA] AIDA - Informationsplattform Abfall in NRW: Daten zur Verfahrenlinie. Download März 2010 aus dem Internet von der von der Informationsplattform. http://www.abfall-nrw.de/aida/einzel.php?vflframe=1&vfl_id=602.
- [NN] NN: "MVA Leuna vor der Inbetriebnahme fast ausgelastet". wlb 49 (2005) Heft 1-2. S42.


- [Noell-Kassel] Noell-KRC Umwelttechnik GmbH: "Abgasreinigungsanlage nach dem Noell/Niro-Atomizer-Sprühabsorptionsverfahren in der Müllverbrennungsanlage der Stadt Kassel. Firmenschrift.
- [Pawelka] Pawelka, E.; Kuhn, M.; Gierend, C.: "Optimierung der NH₄OH-Eindüsung einer SCR-Anlage mittels Fuzzy Control am Beispiel der MVA Flötzersteig, Wien". VGB PowerTech 86 (2006) Heft 5. S. 114-118.
- [RL 2000/76/EG] "Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen". Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. L 332/91. 28.12.2000.
- [RL 2008/98] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. L312/3-L312/30.
- [Reeck] Reeck, G.; Schröder, W.; Schetter, G.: "Zukunftsorientierte Abfallverbrennung in der MVA Ludwigshafen". Müll und Abfall 23 (1991) Heft 10. S. 661-673.
- [Richers] Richers, U.: "Behandlungskapazitäten der deutschen Abfallverbrennungsanlagen". Müll und Abfall 41 (2009) Heft 7. S.332-337.
- [Röderer] Röderer, M.; Wendenberger, K.: "Hybrid-Technik optimiert MVA-Betrieb". Umweltmagazin 37 (2007) 10-11. S. 51-52.
- [Rosenheim] Stadtwerke Rosenheim "Umwelterklärung 2006". Umweltprüfung und Umweltmanagement im Müllheizkraftwerk der Stadtwerke Rosenheim. Druck Dezember 2006.
- [RWE Power] RWE Power AG: "Müllheizkraftwerk Essen-Karnap". Beschreibung der Anlage.
- [Schäfers] Schäfers, W.; Lux, P.: "Betriebserfahrungen mit den Müllverbrennungsanlagen Borsigstraße und Burgkirchen". BWK 1995 Oktober. S. R4-R25.
- [Schellenberger_1] Schellenberger, I.: "Sanierung und Optimierung der GMVA Oberhausen". VGB PowerTech 87 (2007) Heft 12. S. 47-55.
- [Schellenberger_2] Schellenberger, I. "Stickoxidreduktion jetzt ohne Katalysator". BWK 57 (2005) Heft 11. S. 12-13.
- [Schellenberger_3] Schellenberger, I. "Betriebserfahrungen mit Anlagen zur Reduktion von Stickoxidemissionen". Waste to Energy. Fachtagung. Bremen, 7.-8. Dezember 2005.
- [Schreyer] Schreyer, K.-H.; Tanner, N.: Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung am Beispiel der Städtischen Werke AG in Kassel". in : Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M.: Energie aus Abfall. Band 6". TK-Verlag Neuruppin 2009.
- [Schu] Schu, R.: "THERKO - Thermische Ersatzbrennstoffkonditionierung durch Pyrolyse". Proceedings zum Abfallkolloquium. S. 1-17. Freiberg, 30.09.-1.10.2004.

- [Schumacher] Schumacher, F.; Grommes, T.: "Energieerzeugungs- und Entsorgungsstrategie der swb". in: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M.: "Energie aus Abfall Band 4". S. 141-150. TK Verlag Neuruppin, 2008.
- [Seiler] Seiler, U.: "Betriebsorganisation für das MHKW Mainz". Müll und Abfall 35 (2003) Nr. 5. S. 247.
- [Sita_1] SITA Deutschland GmbH: Homepage des Unternehmens. <http://www.sita-deutschland.de>. Juli 2009.
- [Sita_2] Sita Heinemann GmbH: "Ersatzbrennstoffanlage Eschbach". Firmeninformation, 2006.
- [Söhndel] Söhndel, B.: "Betreibermodelle, Kosten - Modell RMHKW Böblingen". in: VDI (Hg.): VDI Bericht 1192. S. 381-394. Tagung in Veitshöchheim, 27.-28. Juni 1995. VDI-Verlag Düsseldorf 1995.
- [Sotec_1] Sotec GmbH: "TREA Breisgau". Firmeninformation 2006.
- [Sotec_2] Sotec GmbH: "Emissionen der thermischen Restabfallbehandlungs- und Energieerzeugungsanlage (TREA) Breisgau" Mitteilung der Sotec GmbH für 2006, Homepage des Unternehmens, <http://www.sotec.de>, Juli 2007. Nach Übernahme der Sotec GmbH durch E.ON verfügbar über <http://www.eon-energyfromwaste.com>, Juli 2009.
- [Spuziak-1.] Spuziak-Salzenberg, D.: "Chancen und Risiken bei der Herstellung von Ersatzbrennstoff aus gemischten Siedlungsabfällen". Umweltpraxis 3 (2003) Heft 1-2. S. 14-17.
- [Spuziak-2] Spuziak-Salzenberg, D.: "Energetische Verwertung heizwertreicher Abfälle". Abfallwirtschaftsjournal 10 (1998) Heft 6. S. 27-29.
- [SRS EcoTherm] SRS EcoTherm GmbH: "Die TAS -Portrait". Information von der Homepage des Unternehmens. <http://www.srs-ecotherm.de/>. Stand Dezember 2009.
- [Stadtreinigung] Stadtreinigung Hamburg: "MVA Stelling Moor Technische Daten". Beschreibung der Anlage. Download Januar 2010 von der Homepage: <http://www.srhh.de/srhh/opencms/ueberuns/unternehmen/muellverbrennung/>.
- [Stadtwerke] Stadtwerke Düsseldorf: "Müllverbrennung in Düsseldorf - für eine saubere Stadt". Beschreibung der Anlage.
- [Stengler] Stengler, E.: "The European position". Waste Management World 6 (2005) Heft 11-12. S. 19-24.
- [Stenzel 2006] Stenzel, M; Stephan, M.: Flexibles Stoffstrommanagement bei der AVA Augsburg. VGB Power Tech 86 (2006) Heft 7. S. 42-44.
- [SVB] Schlackeverwertung Breisgau GmbH (SVB): Firmenprospekt 2006.
- [swb-1] swb Entsorgung GmbH: "Umwelterklärung 2008. Müllheizkraftwerk Bremen".
- [swb-2] swb-Gruppe: "Verbesserte CO₂-Bilanz durch Abfallverwertung". BWK 59 (2007) Heft 10. S. 23-25.
- [swb-3] swb-Gruppe: "Entsorgung plus Erzeugung mit Zukunftsperspektive". BWK 61 (2009) Heft 3. S. 20-22.

- [swb-4] swb-Gruppe: "Erzeugung und Entsorgung mit Zukunft - Das Mittelkalorik-Kraftwerk MKK". Firmenschrift. Download von der Homepage 07.2009. www.swb-gruppe.de.
- [Swerev] Swerev, M. et al.: "Verbrennung von Altholz in einer ehemaligen Restmüllverbrennungsanlage: Erfahrungen und Konsequenzen". in: VDI (Hrsg.): Verbrennung und Feuerungen. 18. Deutscher Flammentag. VDI Berichte 1313. Delft (NL), 28.-29. August 1997. S.615-620. VDI Verlag Düsseldorf 1997.
- [SWM] Stadtwerke München GmbH: "Heizkraftwerk Nord: Strom und Fernwärme - zukunftsfähig erzeugt". Beschreibung der Anlage.
- [Syring] Syring, U.; Hermanni, E.C.v.: "Müllheizkraftwerk Mainz geht neue Wege" wlb 44 (2000) Heft 1-2. S. 55-56.
- [TAD] Zweckverband Thermische Abfallverwertung Donautal (TAD): "Das MHKW - in Daten und Zahlen". Download April 2010 von der der Homepage. <http://www.zv-tad.de/index.html>.
- [TA Luft 86] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) 27. Februar 1986.
- [TAN 1997] Thermische Abfallbehandlung Nürnberg GmbH (TAN): "Kurzbeschreibung des Genehmigungsantrags zum Bau der neuen thermischen Abfallbehandlungsanlage". Nürnberg, 1997.
- [Tanner] Tanner, N.: "Energetische Optimierung der Abgasbehandlung im Müllheizkraftwerk Kassel". in: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Beckmann, M.: "Energie aus Abfall Band 4". S. 223-272. TK Verlag Neuruppin, 2008.
- [TA Si] Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz) vom 14. Mai 1993. Bundes-Anzeiger Nr. 99a vom 29.05.1993.
- [Temme] Temme, K.: "Modernisierung der Müllverbrennungsanlage Berlin-Ruhleben". Abfallwirtschaftsjournal 9 (1997) Nr. 3. S. 25-28.
- [Thiel] Thiel, S.: "Status und Charakterisierung der Ersatzbrennstoff-Kraftwerke". ReSource (Ehemals Müllmagazin) 22 (2009) Heft 4. S. 50-55.
- [Thomé-K.] Thomé-Kozmiensky, K.J.: "Recyclinggesellschaft - Die Abfallrahmenrichtlinie stellt hohe Anforderungen". Resource (Ehemals Müllmagazin) 22 (2009) Heft 3. S. 4-11.
- [Thomé-K. 1983] Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): "Müllverbrennung und Rauchgasreinigung". EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik 1983.
- [Thomé-K. 1994] Thomé-Kozmiensky, K.J. (Hrsg.): "Thermische Abfallbehandlung". 2., völlig neu bearbeitete Auflage. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 1994.

- [Treder-1] Treder, M.: "Kapazitäten der deutschen MVA's sowie Neuanlagenbedarf". VDI Wissensforum. Seminar 435915. "BAT-, energie-, preisorientierte Verfahrens-/Dioxin-/Rauchgasreinigungstechniken". München, 18.-19. September 2003.
- [Treder-2] Treder, M.; Salamon, A.: "Energetische Verwertung von niederkalorischen Restabfallfraktionen in einer MVA". Müll und Abfall 37 (2005) Heft 3. S. 131-136.
- [Tyssen] Tyssen Krupp Xervon Enrgy: "Konsequent modernisiert". BWK 58 (2006) Heft 9. S. 30-31.
- [UBA_2001] Umweltbundesamt (UBA): "Thermische, mechanisch-biologische Behandlungsanlagen und Deponien für Rest-Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik Deutschland. 5. Auflage. Stand Januar 2001.
- [UBA_2006] Umweltbundesamt (UBA): "Thermische Behandlungsanlagen für Rest-Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik Deutschland. Stand Februar 2006. <http://www.umweltbundesamt.de/abfallwirtschaft/entsorgung/index.htm>. November 2007.
- [UBA_2008] Umweltbundesamt (UBA): "Auflistung der Abfallverbrennungsanlagen (MVA)". Zusammenstellung vom UBA. Stand 2008. auch in: Daten zur Umwelt". CD-Rom, Ausgabe 2009.
- [UBA_JB93] Umweltbundesamt (UBA): "Jahresbericht 1993". S. 442.
- [UBA_DzU] Umweltbundesamt (UBA): "Entwicklung der Hausmüllverbrennung". in: "Daten zur Umwelt". CD-Rom, Ausgabe 2009.
- [Urban] Urban, A.I. (Hrsg.): "Fachgebiet Abfalltechnik. Jahresbericht 2002 und 2003". Universität Kassel, Januar 2004.
- [VDI 3460] VDI-Richtlinie. "Emissionsminderung Thermische Abfallbehandlung". VDI 3460. März 2002. (Zurzeit in der Überarbeitung).
- [Versteyl] Versteyl, A.: "Qualitätskontrolle durch Alarmwerte". in: Versteyl, A.; Thomé-Kozmiensky, K.J.: "Planung und Umweltrecht". S. 3-9. TK Verlag Neuruppin 2008.
- [Von Roll-1] Von Roll Umwelttechnik AG: "AVS Zorbau". Download der Anlagenbeschreibung von der Homepage des Unternehmens. <http://www.aee-vonrollinova.ch>. Dezember 2008.
- [Von Roll-2] Von Roll Umwelttechnik AG: "Thermische Abfallbehandlung Nürnberg". Download der Anlagenbeschreibung von der Homepage des Unternehmens. <http://www.aee-vonrollinova.ch>. November 2008.
- [Von Roll-3] Von Roll Umwelttechnik AG: Information zu den Referenzanlagen auf der Homepage. <http://www.aee-vonrollinova.ch>. Januar 2010.
- [ZAK] ZAK Abfallwirtschaft GmbH: Information zur Anlage. Download März 2010 von der Homepage. <http://www.zak-kempten.de/index.php?plink=mhkw&fs=>.
- [ZAS_1] Zweckverband Abfallverwertung Südostbayern (ZAS): "Das Müllheizkraftwerk Burgkirchen". Informationsschrift vom Zweckverband. <http://www.zas-burgkirchen.de>. Juli 2008.

- [ZAS_2] Zweckverband Abfallverwertung Südostbayern (ZAS): ZAS bleibt auf der Erfolgsspur - Leichte Rückgänge bei Müllanlieferungen und Gewinn - Erhöhte Einnahmen bei Strom- und Dampfverkauf". Artikel im Alt-Neuöttinger Anzeiger vom 27.05.2009. Download von der Homepage im Dezember 2009: <http://www.zas-burgkirchen.de/infos/>.
- [ZAW] Zweckverband für Abfallwirtschaft in Nordwest-Oberfranken (ZAW): "Zahlen 07". Umweltjournal ZAW. Ausgabe 1/2 2008 (Mitteilung des Zweckverbands).
- [Zipser] Zipser, S.; Gommlich, A.; Matthes, J.; Fouda, Ch.; Keller, H.B.: "Anwendung des INSPECT-Systems zur kamerabasierten Analyse von Verbrennungsprozessen am Beispiel der thermischen Abfallbehandlung". Wissenschaftliche Berichte, Forschungszentrum Karlsruhe. FZKA-7014 (Februar 2005).
- [ZMS] Zweckverband Müllverwertung Schwandorf: "Müllkraftwerk - Technische Daten". Information von der Homepage des Unternehmens. <http://www.z-m-s.de/502299948a0ad0e04/index.html>. Stand April 2010.
- [ZVAWS] Zweckverband Abfallwirtschaft Raum Würzburg: "Aktualisierte Umwelterklärung 2009" Download von der Homepage April 2010. <http://www.zvaws.de/verband/organisation.html>.
- [ZV MVA Ingolstadt] Zweckverband Müllverbrennungsanlage Ingolstadt: "Die Entsorgungssituation im Zweckverbandgebiet im Jahre 2007". Februar 2008.
- [ZVO] ZVO Entsorgung GmbH: Mitteilung in der Kundenzeitschrift "Regenbogen" der ZVO-Unternehmensgruppe. Ausgabe Juli 2009, S. 20.
- [Zwiellehner] Zwiellehner, M.: "Bivalente Verbrennung von Müll und Biomasse". Umweltmagazin 34 (2004) Heft 12. S. 39 41.



Die Verbrennung von Abfällen bildet in Deutschland seit vielen Jahrzehnten einen wichtigen Beitrag zur Abfallentsorgung. In der vorliegenden Arbeit werden im ersten Teil ausgewählte Standorte von Abfallverbrennungsanlagen ausführlich beschrieben, um die Vielfalt der technischen Realisierungsmöglichkeiten und die Veränderungen im Lauf der Zeit zu dokumentieren. Der zweite Teil umfasst die Bestimmung der Verbrennungskapazität von deutschen Abfallverbrennungsanlagen, die überwiegend Siedlungsabfälle einsetzen.