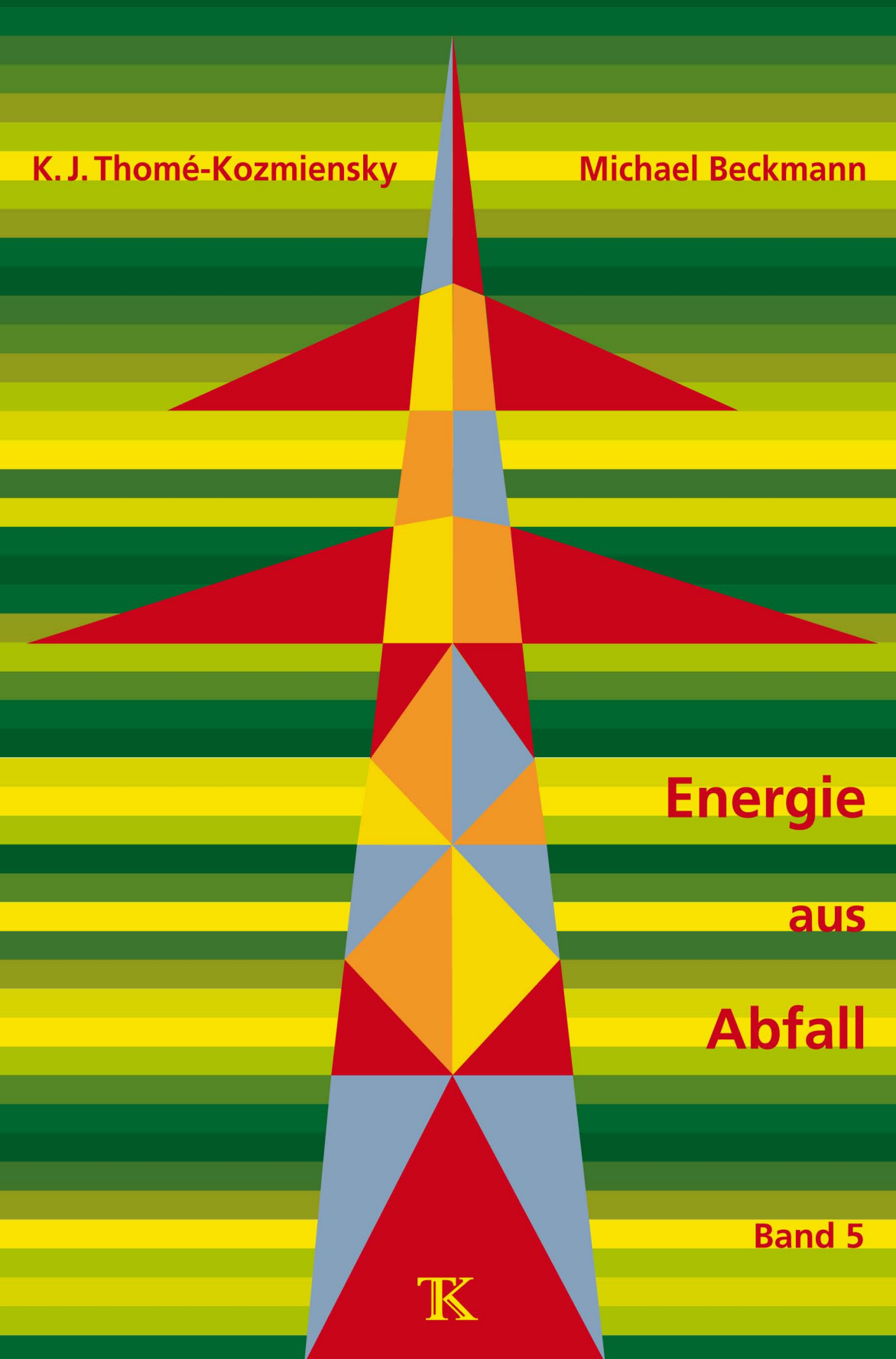
K. J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann



Energie aus Abfall

Band 5

TK

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 5
Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2008
ISBN 978-3-935317-34-4

ISBN 978-3-935317-34-4 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2008
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky und Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Erfassung und Layout: Petra Dittmann, Martina Ringgenberg und Andreas Schulz
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Inhaltsverzeichnis

Strategien

Verbrennung von gemischten und aufbereiteten Abfällen – Akzeptanz in Deutschland –
Karl J. Thomé-Kozmiensky 3

Strategien der energetischen Biomassenutzung
Michael Beckmann und Marco Klemm 51

Umsetzung von Unternehmensstrategien zur optimierten Energieversorgung unter Berücksichtigung des EEG – fünf Jahre Betriebserfahrung –
Johannes Günther 73

Ersatzbrennstoffgewinnung

Optimierung von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen
Ketel Ketelsen 105

Bedeutung eines Schnelltests für Ersatzbrennstoffe
Susanne Rotter, Annekatrin Lehmann, Thomas Marzi, Edda Möhle, Daniel Schingnitz und Gaston Hoffmann 121

Neue Siebtechnik für Ersatzbrennstoffe – Erfahrungsbericht mit Kontrollsieben in Kraftwerken –
Christian Lake und Eberhard Hacke 141

Die Brennstoffaufbereitungsanlage Weidenhausen – EBS-basierte Energieversorgung des Papierwerks der SCA-Witzenhausen –
Andreas Puchelt 149

Energieeffizienz bei der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung
Rainer Wallmann 163

Ersatzbrennstoffverwertung

Planung von EBS-Kraftwerken für Papierfabriken
Martin Horeni und Matthias Walther 183

Wirbelschichtverbrennung für kommunale und industrielle Abfälle – Ersatzbrennstoff-Kraftwerk im Industriepark Höchst –
Dirk Lorbach 199

Mehrstufige Dampfüberhitzung – Effizienzsteigerung von Ersatzbrennstoff-, Biomasse- und Solarthermiekraftwerken –
Reinhard Schu und Reinhard Leithner 209

Verwertung von Biomassen

Energetische Verwertung von Biomassen in Österreich
Daniela Sager und Karl E. Lorber 251

Erste Betriebserfahrungen bei der Verbrennung von Biomasse im BMHKW Emden
Holger Bräuer und Jan Bleeker 277

Der Einsatz von Biomasse und Ersatzbrennstoffen in Wirbelschichtfeuerungen
Franz Winter und Pal Szentannai 299

Kosten der Biomasseverbrennung – Beschaffung, Betriebskosten, Erlöse –
Werner Schumacher und Daniel Schwier 309

Erzeugung von Erdgassubstituten (SNG) aus Vergasungsgasen
Serge Biollaz 337

Forschung und Entwicklung zur Biomassenutzung

Teerreduzierung im Vergasungsgas aus Biomasse durch katalytisch und nichtkatalytisch partielle Oxidation

Dorith Böhning, Marco Klemm und Michael Beckmann 349

Dezentrale Vergasung von Biomasse

Jürgen Karl..... 365

Neueste Ergebnisse zur Vergasung in der zirkulierenden Wirbelschicht

Stefan Vodegel, Anne Kristin Grove und Bernd Benker 373

Entrained-flow gasification of biomass-based slurry – Investigations on atomization and fuel conversion –

Thomas Kolb, Helmut Seifert, Nikolaos Zarzalis, Ulrike Santo und Emmanouil Pantouflas 385

Energie aus Biomasse – Problemfelder und Forschungsnotwendigkeiten –

Daniela Thrän 399

Korrosion und Korrosionsvermeidung

Korrosion in Biomasseverbrennungsanlagen und Strategien zur Minimierung

Wolfgang Spiegel, Thomas Herzog, Renate Jordan, Gabi Magel, Wolfgang Müller und Werner Schmidl 413

Brennstoffspezifische On-load Reinigungslösungen in Abfallverbrennungsanlagen – Herausforderungen, Konzepte, Erfahrungen –

Christian Mueller, Manfred Frach, Marc Tirkschleit und Dimitri Mousko..... 423

Abgasbehandlung

Sinnhaftigkeit einer weiteren Reduzierung von Emissionsgrenzwerten aus der thermischen Abfallbehandlung
Margit Löschau 439

Mit SNCR-Technik werden die Grenzwerte der 37. BImSchV erreicht
Thomas Reynolds 461

Regeneration von DeNOx-Katalysatoren – Ein Beitrag zur Verbesserung der wirtschaftlichen Verwertung von Ersatzbrennstoffen und Biomassen –
Maximilian Ebinger und Alexander Schluttig 475

Beispiele des Einsatzes von Katalysatoren in der Abgasbehandlung von Verbrennungsanlagen
Wolfgang Schüttenhelm 481

Potentiale der Biogaserzeugung und -verwertung

Potenziale für die Erzeugung von Biogas in der deutschen Abfallwirtschaft
Michael Kern und Jörg Siepenkothen 495

Der Markt für die Hersteller von Vergärungsanlagen – Deutschland und übriges Europa –
Gerhard Langhans 507

Bau und Betrieb von Biogasanlagen

Verwertung von organischen Abfällen in Anlagen der BSR – Bericht über die Konzeption von Biogasanlagen –
Alexander Gosten 531

Optimierungspotential einer Vergärungsanlage in einer MBA – Beispiel MBA Hannover-Lahe –
Beate Vielhaber und Kornelia Hülter 547

Bilanzierung von Biogasanlagen – eine Stoffstrombetrachtung am Beispiel von Stickstoff und Schwefel –
Christina Dornack 567

Siloxane im Biogas und in der Rotteabluft biologischer Abfallbehandlungsanlagen
Stephan Mattersteig, Lilly Brunn, Frank Hohmann, Matthias Friese und Bernd Bilitewski 591

Verwertung von Biogas und Gärresten

Technische Grundlagen der Einspeisung von Biogas in Erdgasnetze – Hintergrund, Regelwerk und Aspekte der Konditionierung –
Frank Burmeister 611

Technologien und Kosten der Erzeugung von Erdgassubstituten auf Biomassebasis
Wolfgang Urban 621

Thermochemische Verwertung von Gärresten
Manfred Hülscher 633

Dank 647

Autorenverzeichnis 651

Inserentenverzeichnis 667

Schlagwortverzeichnis 677

Strategien

Verbrennung von gemischten und aufbereiteten Abfällen
– Akzeptanz in Deutschland –

Karl J. Thomé-Kozmiensky

1. Abfallaufkommen und Verbrennungskapazität 4
2. Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen 5
2.1. Kommentar von Dr. Fritz Vahrenholt 13
2.2. Halbstunden-, Tages- und Jahresmittelwerte 14
3. Ärztekammer: Abfallverbrennung und Gesundheit 15
3.1. Vorbemerkung 17
3.2. Gegenwärtiger Stand und Bedeutung der Hausmüllverbrennung in der Bundesrepublik Deutschland 17
3.3. Bewertung der Emissionen aus einer Müllverbrennungsanlage 17
3.3.1. Bewertungsgrundlagen 17
3.3.2. Bewertung der Fremdstoffe aus Müllverbrennungsanlagen 18
3.3.3. Emissionen unbekannter Stoffe 24
3.3.4. Abwasseremissionen aus Müllverbrennungsanlagen 24
3.4. Zusammenfassende Beurteilung und Empfehlung 25
3.5. Literatur zum Gutachten der Bundesärztekammer 26
4. Energieerzeugung durch Abfallverbrennung 30
5. Wirtschaftliche Aspekte der Abfallverbrennung 32
6. Genehmigung von Abfallverbrennungsanlagen 32
6.1. Projektbeteiligte 32
6.2. Ängste und Aufklärung 36
6.3. Projektgegner 37
7. Genehmigungsmanagement 38
8. Öffentlichkeitsarbeit 40
9. Thesen zur Abfallverbrennung 41
10. Fazit 43
11. Quellen 44

1. Abfallaufkommen und Verbrennungskapazität

In Deutschland sind 68 Anlagen zur thermischen Behandlung von Restabfällen in Betrieb, davon 67 Abfallverbrennungsanlagen und eine Pyrolyseanlage. Damit steht derzeit eine Verbrennungskapazität von 18,7 Millionen Tonnen pro Jahr zur Verfügung. Dazu werden kurzfristig durch Anlagenerweiterung 0,36 Millionen Tonnen pro Jahr kommen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Abfallverbrennungsanlagen in Deutschland

Status	Zahl der Anlagen	Gesamtkapazität Mio. t/a
in Betrieb	68 (67 MVA + 1 Pyrolyseanlage)	18,7
Kapazitätserweiterungen in Bau		0,36
Gesamtsumme nach Inbetriebnahme der Kapazitätserweiterungen	**68**	**19,1**

Unübersichtlicher stellt sich die Situation bei den Ersatzbrennstoffen dar.

Ersatzbrennstoffe stammen aus verschiedenen Quellen. Ersatzbrennstoffe sind z.B. Altreifen, Kunststoffabfälle, Altholz, organische Destillationsabfälle, Altöl, Ölschlämme, Lösungsmittel, Verpackungsabfälle, Klärschlämme, Zellstoff, Papier, Pappe, Tiermehl und Tierfette, Bleicherde, in mechanischen und mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen aus Siedlungsabfällen aufbereitete Fraktionen.

Das Ersatzbrennstoffaufkommen aus mechanischen und mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen für Hausmüll und ähnliche Abfälle beträgt etwa drei Millionen Tonnen pro Jahr. Dazu kommen noch etwa 4,2 Millionen Tonnen Ersatzbrennstoffe aus Gewerbeabfällen. Bei diesen rund sieben Millionen Tonnen Ersatzbrennstoffen handelt es sich um einen Schätzwert. Die Menge wird sich erhöhen, sobald ausreichend Anlagen zur Ersatzbrennstoffverbrennung zur Verfügung stehen und alle Schlupflöcher geschlossen sein werden.

Verbrannt werden Ersatzbrennstoffe in Zement- und Kohlekraftwerken sowie in eigens dafür konzipierten Ersatzbrennstoff-Kraftwerken, deren Abgasbehandlungsanlagen eigens auf die Schadstoffgehalte der Ersatzbrennstoffe abgestimmt und daher aus Sicht des Immissionsschutzes auch günstiger als Zement- und Kohlekraftwerke zu bewerten sind.

Die in deutschen Kohlekraftwerken mitverbrannten Mengen an Ersatzbrennstoffen aus gemischten Siedlungsabfällen und produktionsspezifischen Gewerbeabfällen stiegen von schätzungsweise 100.000 Tonnen im Jahr 2004 über etwa 300.000 Tonnen im Jahr 2005 auf etwa 540.000 Tonnen im Jahr 2006 an. Bis 2009 wird eine weitere Zunahme der Einsatzmenge auf etwa 650.000 Tonnen pro Jahr erwartet, davon werden etwa siebzig Prozent auf Braunkohlekraftwerke und etwa dreißig Prozent auf Steinkohlekraftwerke entfallen [34].

In den deutschen Zementwerken wurden im Jahr 2005 bereits 48,8 % des Brennstoffenergieeinsatzes durch Ersatzbrennstoffe – insbesondere Fraktionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen (Kunststoff, Zellstoff, Papier/Pappe und andere), Tiermehle und -fette, Altreifen, aufbereitete Fraktionen aus Siedlungsabfällen, Lösungsmittel sowie Altöl – gedeckt. Die Einsatzmenge aufbereiteter Fraktionen aus Siedlungsabfällen belief sich auf 198.000 Tonnen [41].

Zwölf Ersatzbrennstoff-Kraftwerke – also Monoverbrennungsanlagen zur ausschließlichen Verbrennung von aufbereiteten Ersatzbrennstoffen – mit einer Gesamtkapazität von etwa einer Million Tonnen pro Jahr sind in Betrieb. Im Bau befinden sich derzeit achtzehn Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 3,4 Millionen Tonnen pro Jahr. Kurzfristig verfügbar wird eine jährliche Verbrennungskapazität für 4,4 Millionen Tonnen Ersatzbrennstoffe sein.

Weiterhin wird über etwa dreißig Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 5,5 Millionen Tonnen pro Jahr berichtet. Würden alle Anlagen realisiert, ständen Verbrennungskapazitäten von rund zehn Millionen Tonnen alleine in Ersatzbrennstoffkraftwerken zur Verfügung. Diese Annahme ist jedoch nicht realistisch, u.a. weil Banken derartige Anlagen nur finanzieren, wenn eine Mindestauslastung der Anlage vertraglich abgesichert ist. Bis jetzt wurden schon zwanzig Projekte mit einer Gesamtkapazität von rund vier Millionen Tonnen pro Jahr abgebrochen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ersatzbrennstoff-Kraftwerke in Deutschland

Status	Zahl der Anlagen	Gesamtkapazität Mio. t/a
in Betrieb	12	1,0
in Bau	18	3,4
Projekte	30	5,5
Gesamtsumme bei Realisierung aller Projekte (theoretisch)	**60**	**9,9**
bisher abgebrochene Projekte	20	mindestens 3,9

Heute kann man davon ausgehen, dass sich in einigen Jahren ein in etwa ausgeglichenes Verhältnis von Ersatzbrennstoffaufkommen und -verwertungskapazität einstellen wird.

2. Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen

Über den Nutzen der Abfallverbrennung für das Klima [12, 13, 17, 18, 23] und die Umweltverträglichkeit auch an sensiblen Standorten sowie über die toxikologische und hygienische Verträglichkeit [3, 35] wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt.

Seit In-Kraft-Treten der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (17. BImSchV) im Jahr 1990 hat sich die Situation der Abfallverbrennung grundlegend zum Positiven geändert, wie die Tabellen 3 und 4 zeigen. Obwohl sich zwischen 1990 und 2004 die verbrannte Menge fast

verdoppelt hat, sanken z.B. die Stickoxidemissionen auf ein Viertel. Bei den übrigen Schadstoffen ist die Reduktion noch beeindruckender: nur noch 0,3 % des Schwefeldioxids, 1,3 % des Cadmiums, 1,4 % des Quecksilbers und 0,07 % Dioxin-Äquivalent der Mengen von 1990 wurden im Jahr 2004 emittiert.

Tabelle 3: Verbrannte Abfallmenge und Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen in den Jahren 1990 und 2004 in Deutschland

	Einheit	1990	2004
verbrannte Abfälle	t/a	6.000.000	11.000.000
Emissionen			
• Stickoxide	t/a	10.000	2.500
• Schwefeldioxid	t/a	20.000	68
• Cadmium	kg/a	5.000	64
• Quecksilber	kg/a	360	5
• Dioxin-Äquivalent	g/a	290	0,2

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2008

Der Grund liegt in der durch die Entwicklung der Abgasbehandlung gelungenen Verminderung der spezifischen Emissionen, bezogen auf die emittierte Abgasmenge (Tabelle 4). Durch die spezifische Reduktion lag beispielsweise die Schwefeldioxidemission bei 0,19 % des Werts von 1990 und beim Dioxin-Äquivalent lag der Wert bei 0,1 %.

Tabelle 4: Spezifische Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen pro Kubikmeter Abgas

	Einheit	bis 1990	2008
Stickoxiod	mg/m^3	350	60
Schwefeldioxid	mg/m^3	690	1,3
Cadmium	$\mu g/m^3$	175	1,4
Quecksilber	$\mu g/m^3$	12	0,1
Dioxin-Äquivalent	ng/m^3	10	0,01

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2008

Mit der im Jahr 1990 in Kraft getretenen, inzwischen mehrfach novellierten 17. BImSchV, wurden die weltweit niedrigsten Grenzwerte für Abgasemissionen aus Abfallverbrennungsanlagen festgelegt. Damit wurde eine Entwicklung begonnen, die wenige Jahre zuvor für unmöglich gehalten wurde.

Die Grenzwerte für Halbstunden- und Tagesmittelwerte der 17. BImSchV werden in der Praxis im Jahresdurchschnitt weit unterschritten, wie Tabelle 5 und die Bilder 1 bis 11 zeigen.

Tabelle 5: Spannweiten der Emissionskonzentrationen der deutschen Abfallverbrennungsanlagen (i.W. Jahresmittelwerte, Circaangaben) im Vergleich zu den Emissionsgrenzwerten für Abfallverbrennungsanlagen nach § 5 der 17. BImSchV (bezogen auf trockenes Abgas, 11 % O_2, Normzustand (273 K, 1.013 hPa))

Parameter	Einheit	Spannweite der deutschen MVAs	Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV		
		i.W. Jahresmittelwerte (circa)[1]	Tagesmittelwert	Halbstundenmittelwert	Mittelwert über die jeweilige Probenahmezeit
Gesamtstaub	mg/m³	0,2 – 2,4	10	30	
Gesamtkohlenstoff	mg/m³		10	20	
HCl	mg/m³		10	60	
HF	mg/m³		1	4	
SO_2	mg/m³	0,5 – 32	50	200	
NO_x	mg/m³	30 – 190	200	400	
CO	mg/m³		50	100	
Hg	mg/m³	0,0003 – 0,012	0,03	0,05	
Summe Cd, Tl	mg/m³	0,0003 – 0,01			0,05
Summe übrige Schwermetalle Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	mg/m³	0,003 – 0,18			0,5
Summe Krebserzeuger As, Benzo(a)pyren, Cd, Co, Cr	mg/m³	0,0021			0,05
Dioxine und Furane (PCDD/PCDF)	ng TE/m³	0,0001 – 0,05			0,1

[1] IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Forschungsbericht 205 33 311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Oktober 2007 sowie Lahl, U.; Steven, W.: Emissionen aus der Müllverbrennung – Stand der Technik und Ausblick. Müllmagazin, 2008, Heft 4

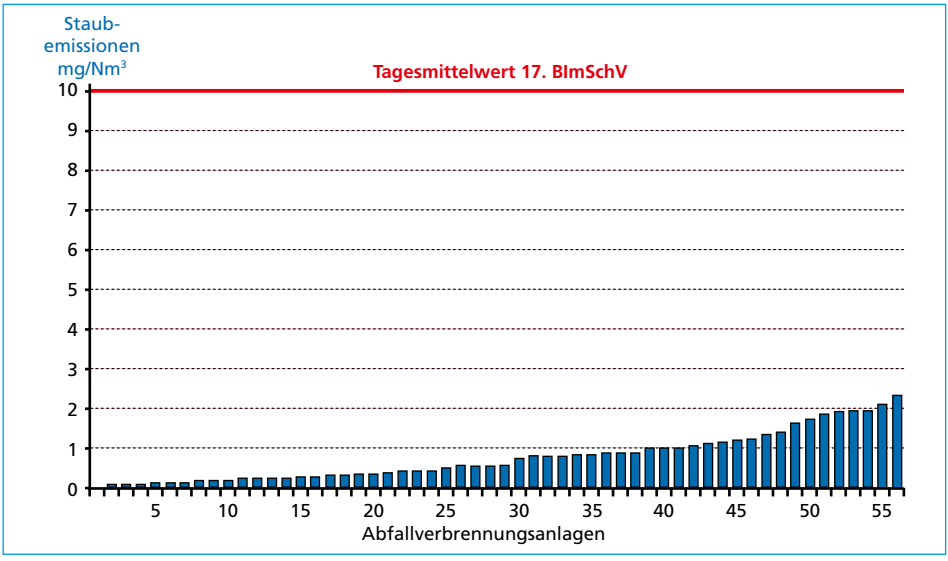


Bild 1: Emissionen von Staub, Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen (Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 20, bearbeitet

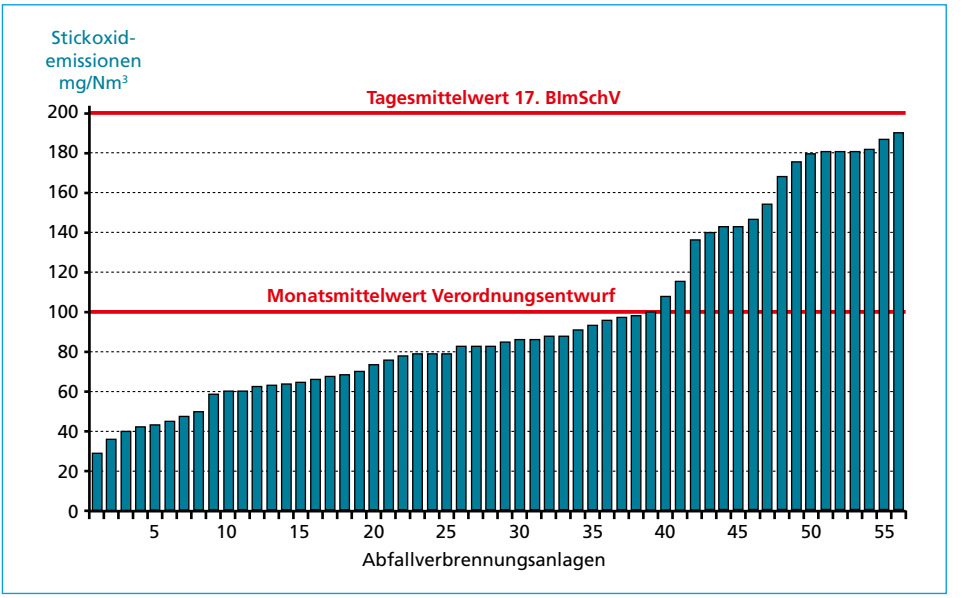


Bild 2: Emissionen von NO_x (als NO_2), Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen (Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 20, bearbeitet

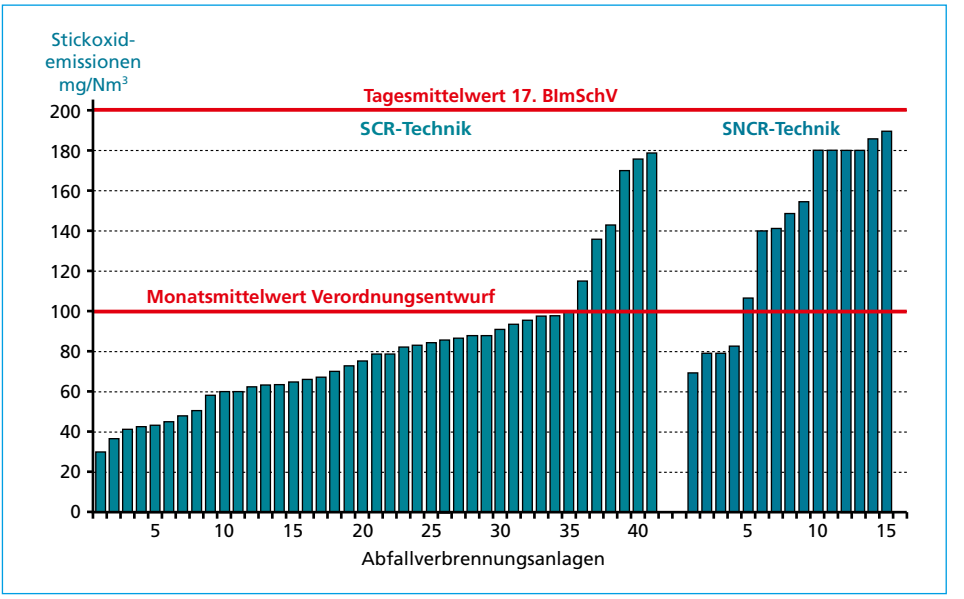


Bild 3: Spannbreite der NO_2-Emissionen, unterschieden nach SCR- und SNCR-Verfahren (Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, KZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 24

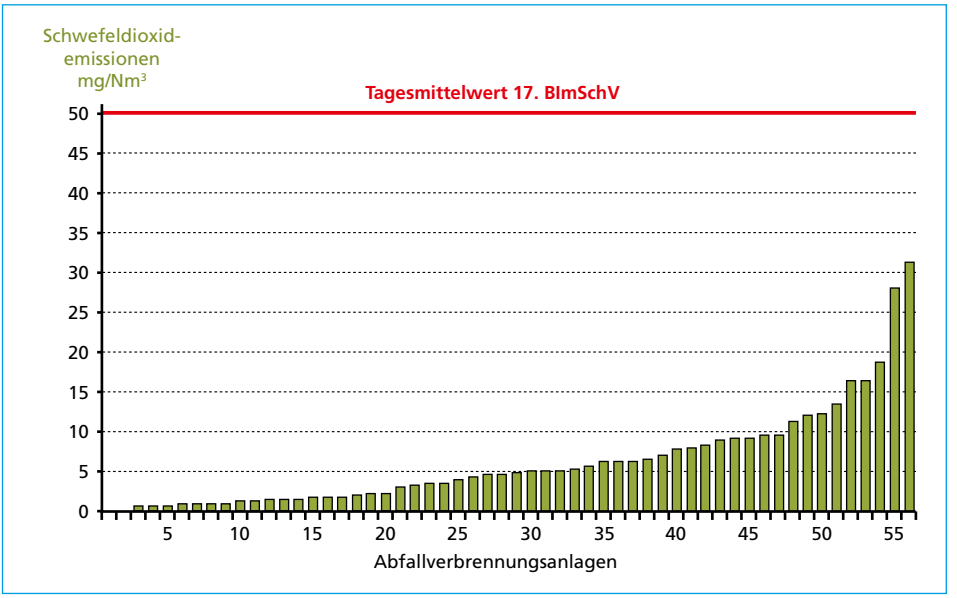


Bild 4: Emissionen von SO_2, Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen (i.W. Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 20, bearbeitet

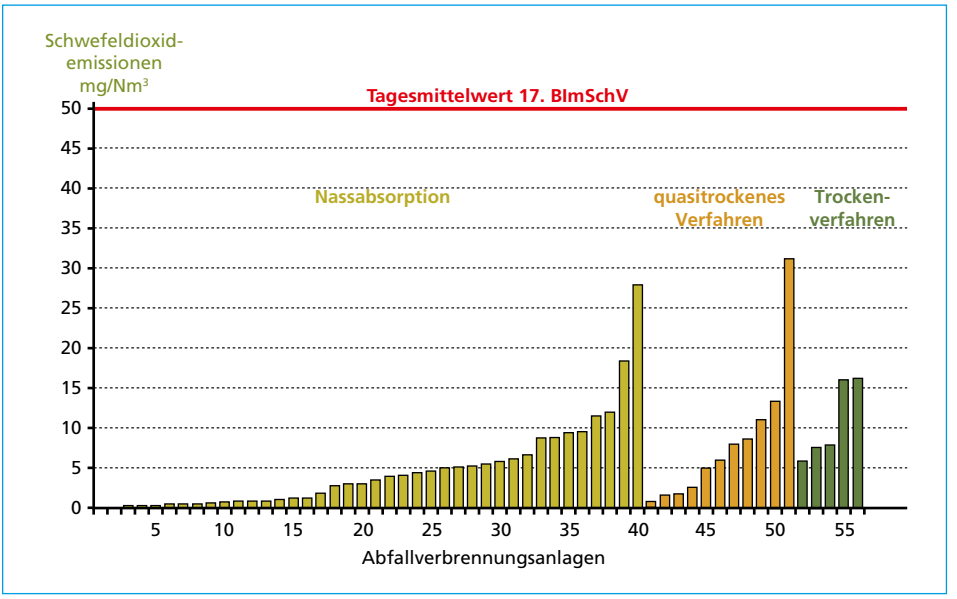


Bild 5: Spannbreite der SO_2-Emissionen unterschieden nach Absorptionsverfahren (Nassabsorption, quasitrockenes Verfahren, Trockenverfahren) (i.W. Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 25

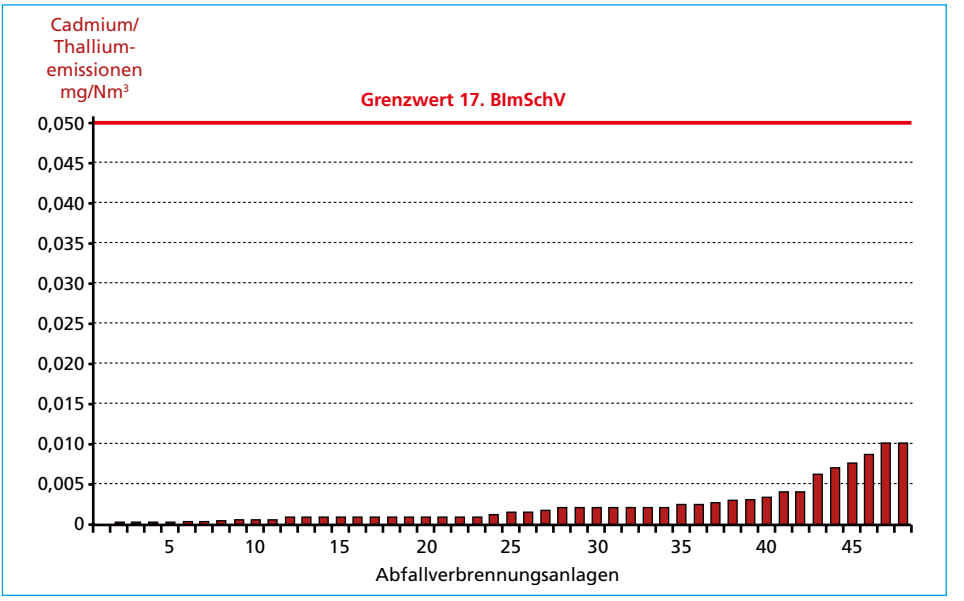


Bild 6: Emissionen von Cadmium/Thallium, Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 21, bearbeitet

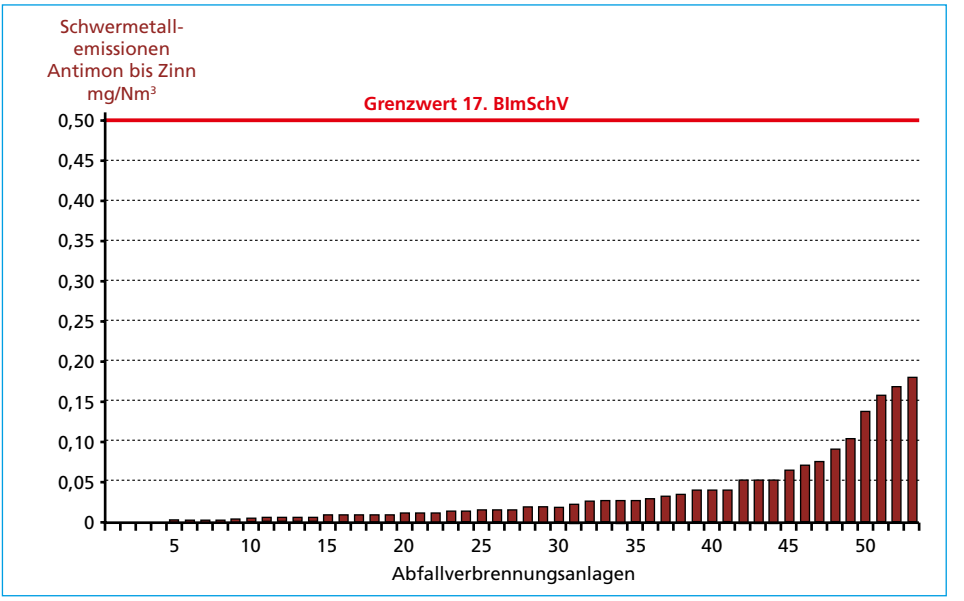


Bild 7: Emissionen aus der Gruppe von Antimon bis Zinn, Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 21, bearbeitet

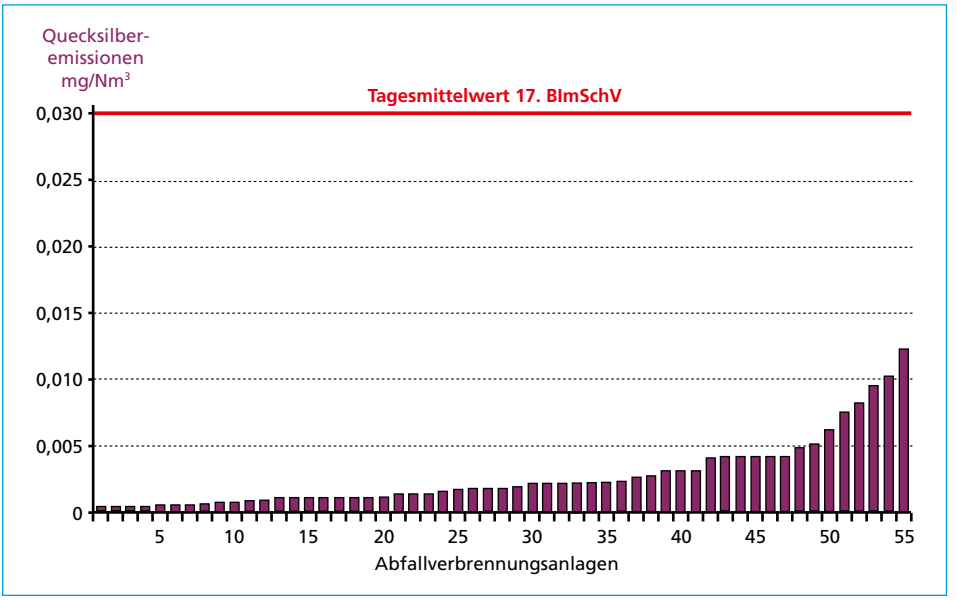


Bild 8: Emissionen von Quecksilber, Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen (i.W. Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 21

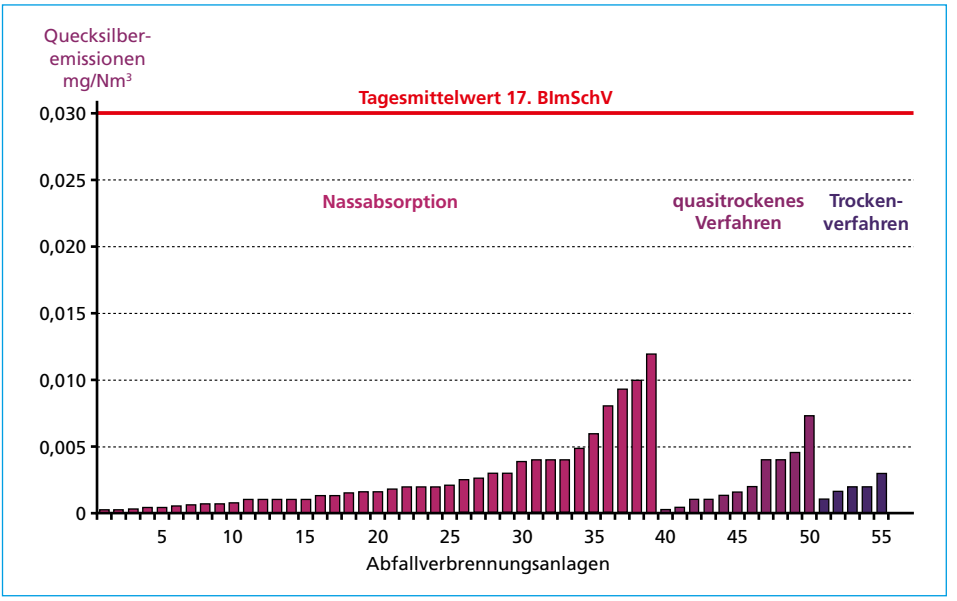


Bild 9: Spannbreite der Hg-Emissionen unterschieden nach Absorptionsverfahren (Nassabsorption, quasitrockenes Verfahren,Trockenverfahren) (i.W. Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 25

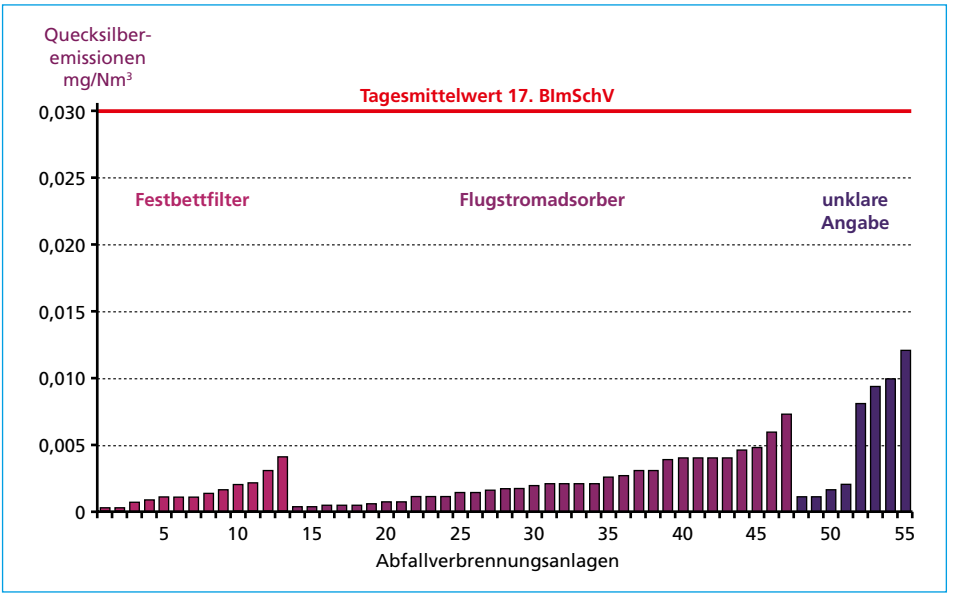


Bild 10: Spannbreite der Hg-Emissionen unterschieden nach Art der Feinreinigung (Flugstromadsorption, Festbettfilter) (i.W. Jahresmittelwerte)

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311 des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 26

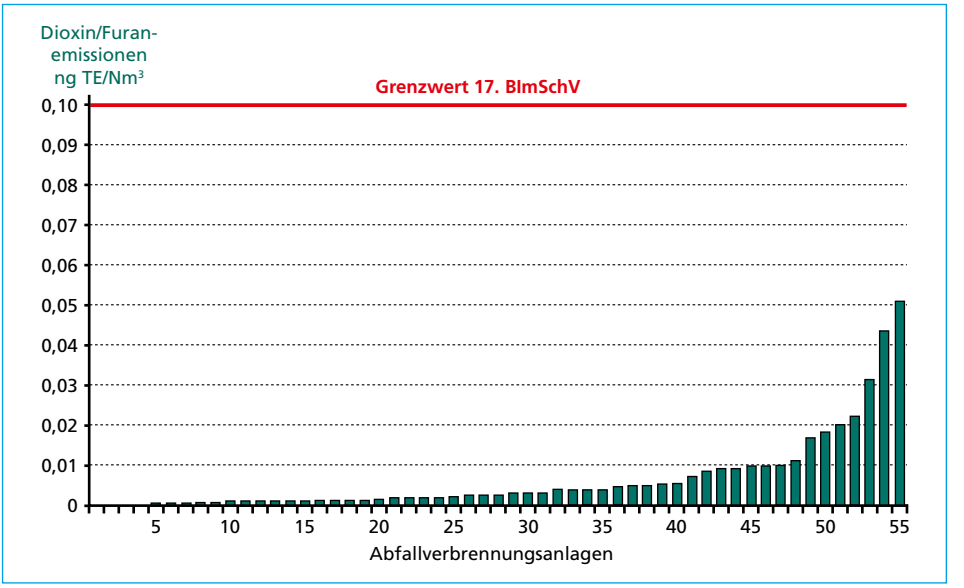


Bild 11: Emissionen von Dioxinen/Furanen, Spannweite der deutschen Abfallverbrennungsanlagen in den Emissionskonzentrationen

Quelle: IFEU Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH: Beispielhafte Darstellung einer vollständigen, hochwertigen Verwertung in einer MVA unter besonderer Berücksichtigung der Klimarelevanz. Endbericht (Entwurf) UFO-Plan-Vorhaben, FKZ 205.33.311des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Mai 2007, S. 22, bearbeitet

2.1. Kommentar von Dr. Fritz Vahrenholt

Dr. Fritz Vahrenholt hat in dem mit Egmont R. Koch herausgegebenen Buch *Seveso ist überall* u.a. entschieden auf die Gefahren, die von Müllverbrennungsanlagen noch Ende der siebziger Jahre ausgingen, hingewiesen. Er hat seine Einschätzung dieser Abfallbehandlungstechnik nach den Emissionsminderungsmaßnahmen, die seit den achtziger Jahren als Folge der gesetzlichen Veränderung der Emissionsgrenzwerte durchgeführt wurden, grundsätzlich geändert, wie dies in einem hier wörtlich übernommenen Kommentar deutlich wird:

Im Dezember hat in Hamburg eine neue Müllverbrennungsanlage ihren Betrieb aufgenommmen – fast genau 100 Jahre nachdem 1894 die erste derartige Anlage auf dem Kontinent errichtet worden ist. Ein giftspeiender Anachronismus? Manche sehen es noch so, aber ihre Zahl nimmt – aus guten Gründen – ab.

1978 war *Seveso überall*, auch in den Schloten von Müllverbrennungsanlagen. In den 80er Jahren fand kein wesentlicher Ausbau der Kapazitäten mehr statt. Diese Zeit der berechtigten Stigmatisierung – der Brandmarkung im wahrsten Sinne – ist jedoch gut genutzt worden. Neue Technologien wurden entwickelt, so dass die Renaissance der Verbrennung, wie ich sie Ende der 80er vorhergesagt habe, jetzt in voller Breite einsetzt. Hamburgs aktueller Beitrag dazu – und nicht der letzte – ist die neue, fernwärmeerzeugende MV-Anlage in unserem Stadtteil Billbrook, die dort eine veraltete, wegen ihrer Emissionen nicht mehr tragbare Anlage durch modernste, saubere, Schadstoffe aus dem Kreislauf herausholende Technik ersetzt. Insbesondere die Emissionsminderung bei Dioxinen und Furanen die am Werkstor bereits nicht mehr nachweisbar sein werden auf die Hälfte des gültigen gesetzlichen Grenzwertes bedeutet einen qualitativen Sprung. Gemessen an der Hintergrundbelastung, die der verkehrsreiche, industriell geprägte Stadtteil aushalten muss, beträgt der Anteil der neuen Anlage an der Dioxinbelastung dort gerade mal ein Zehntel Prozent. Den qualitativen Sprung hat es auch in der abfallpolitischen Debatte gegeben, in der ideologisch begründete Widerstände gegen die thermische Restmüllbehandlung weithin aufgegeben worden sind. Neue Erkenntnisse der Forschung werden inzwischen genauso wahrgenommen und angenommen wie Fortschritte in der Technik. Einigkeit besteht zunehmend darüber, dass der Schadstofftransfer über den Hausmüll ein Reflex der Chemiepolitik der vergangenen 40 Jahre ist. Solange aber der Haus- und Gewerbemüll in dem heutigen erschreckenden Umfang kontaminiert ist, verbietet es sich, den nach getrennter Erfassung von Papier, Glas und Bioabfall verbleibenden Restmüll noch verwerten oder für die Nachwelt aufbewahren zu wollen. Wohlgemerkt: nach der getrennten Erfassung, denn auch die Verfechter der *kalten Rotte* wollen ja nicht die Hierarchie *Vermeidung vor Verwertung vor Entsorgung* aufgeben.

Wer aber mechanisch-biologische Methoden mit anschließender Deponierung zum Stand der Technik erheben will, muss die Frage beantworten, ob es verantwortbar ist, jährlich 1.500 Gramm Dioxin in den Kreislauf zurückzugeben oder späteren Generationen zu überantworten. Untersuchungen meiner Behörde zeigen überdies, dass im Rotteprozess Dioxine gebildet werden.

Schlagwortverzeichnis

A

Abfallaufkommen 4
Abfallbehandlung 526
  mechanisch-biologische
    siehe MBA
Abfallcharakterisierung 125
Abfallverbrennungsanlagen
  Dampfparameter der MVA
    in Deutschland 220
  mit mehrstufiger Dampfüberhitzung 233
  Schadstofffrachten 446
  Standorte in Deutschland 441
  versus Ersatzbrennstoffkraftwerke 202
Abfallwirtschaftskonzept
  Hannover 550
Abgasanalyse 426
Abgasbehandlungsverfahren
  Einfluss auf die Energieeffizienz 449
  Leistungsfähigkeit
    nass, quasitrocken und trocken 448
Abrechnungsbrennwert 614
Abzehrrate 425
Abzehrungen
  an den Verdampfer- und
  Überhitzerrohren 285, 413
Aerobisierung 539, 557
aha 548
Akzeptanz 40
Alkali- und Erdalkalimetalle 98
Alkali- und Erdalkalisulfate 424
Altholz 278, 310
  Ausbrand 291
  metallische Störstoffe 286
  niedrige Aschesinter- und Ascheschmelz-
    punkte 290
  Preisentwicklung der Kategorien
    A II und A III in Deutschland 311
  Verschlackungsneigung
    und Korrosion 291
Altholz-
  aufbereitung 76, 86
    Staubentwicklung 86
  -kraftwerke 310
  -markt 75, 98
    in Berlin und Brandenburg 95
  -verbrennung
    Entaschungssystem 290
Aminradikale 467
Ammoniak 569
  -hemmung 519
  -schlupf 464, 475, 482
  -strippung 557
Ammonium 569
  -chlorid 466
  -hydrogensulfat 466
  -sulfat 465
    Gefahr der Bildung im Katalysator 484
Ammonium/Ammoniak
  Dissoziationsgleichgewicht 520, 572
Anaerobprozess
  bilanzierbare Größen 568
  Schwefelkreislauf 574
  Stickstoffkreislauf 570
Anaerobreaktor
  Abbauleistung des
    organischen Materials 568
Anaerobtechnik
  Forschung und Entwicklung 526
Analytik
  von Ersatzbrennstoffen 125
    Analysenkorngröße 126
Anbackungen im kessel 290
  Absturz auf den Rost 290
Ängste 36
Anlagenbauer für Vergärungsanlagen
  internationaler Markt 524
Anlagenrentabilität 516
ArtFuel-Anlage 373
Asche
  -anbackungen 290
  -erweichungspunkt 290
  -schmelzkurve 427
Aschen
  aus der Verbrennung von Biomasse, Haus-,
    Industrie- und Sonderabfällen 424
  niedrigschmelzende 219, 300
Aufbereitung
  mechanische 109, 202
Aufbereitungstiefe 112, 202
Aufklärung 36
Aufschlussverfahren
  chemisch-physikalische 526
  enzymatische 526
Auftragsschweißen 283 , 417
Ausbrand
  von Altholz 291
Austauschgas 613, 621
Austrian Energy & Environment AG 192

B

ballistischer Separator 111, 553
Bandtrockner 641

Bauleitplanung 40
Behörden 33
Behördengutachter 33, 38
Beläge 425
  nichtporöse 428
Belags
  -bildung
    bei der Verbrennung von Abfällen und Biomasse 425
  -eigenschaften 418
  -entfernung
    mit dem Reinigungsmedium Wasser 428
Benchmark-Wirkungsgrade 232
  für Erdgasverbrennung
    zur Stromerzeugung 234
Bensonkessel 212
Betriebskostenrechnung 322
Bettinfarkt 95
Bettmaterial 299
B+F Umwelt GmbH 150
BHKW 352
  -Motoren 557
  Siloxanproblematik 604
  Wirkungsgrad 174
BiFuelCycle SolarBenson Konzept 241
BiFuelCycle-Verfahren 238
Bioabfall 531
  getrennte Sammlung 495, 532
    Anschlussgrad 534
  -potenzial
    im Restmüll 499
  -vergärungsanlagen 504, 533
    Lüftungskonzept 539
  -verwertung
    in Berlin 531
Biodiesel 56, 402, 406
Bioenergienutzung 399
  in Österreich 252
  Verfügbarkeit der Technologien 407
Bioenergieträger
  Bereitstellung 401
  feste 404
  flüssige 406
  Forschungsbedarf 404
  gasförmige 405
  Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen 409
  Übersicht über die Nutzungspfade 402
Bio-Erdgas 542
Bioethanol 56, 403, 406
Bioethanolgewinnung 62
Biofilter 159, 166
Biogas 172, 255, 268, 403, 405, 537, 592
  Aufbereitung 612, 614, 622
    auf Erdgasqualität 621
    Kosten 626
  Ausbeute
    verschiedener Substrate 636
  CO_2-Abtrennung 623
  Einspeisung in Erdgasnetze 337, 611, 621
    Kosten 626
  Entschwefelung 543, 622
  Erträge 172, 555
    spezifische 556
  Siloxane 591
  Zumischung von Propan/Butan 616
  Zusammenführen mit Deponiegas 557
  Zusammensetzung 612
Biogasanlage
  Reidling (A) 268
Biogasanlagen 537
  Bedeutung erhöhter Schwefelkonzentrationen 578
  Bilanzierung 567
  CO_2-Effizienz 634
  Effizienz der Substratnutzung 635
  in Österreich 255
  Konzeption 531
  Leistungsfähigkeit 567
  Rührkesselreaktor 67
  Siloxanproblematik 598
  TKN-Bilanz 582
Biogas
  -kraftstoff 544
  -markt
    Geschäftsfelder 517
    politische und wirtschaftliche Einflüsse 516
    Wachstumspotential 526
  -produktion
    Potenziale der deutschen Abfallwirtschaft 495
    Wochenverlauf 556
  -prozess
    Eigenschaften und Kenngrößen verschiedener Substrate 636
    Kohlendioxidbilanz 639
    Kohlenstoffbilanz 637
  -verwertung 174, 541, 555
  -verwertungsoptionen 542
Biokraftstoffe
  synthetische 407
Bioliq-Verfahren 385
BioLog 373

Biomasse 51, 365
Einsatz in stationären Wirbelschichtfeuerungen 305
Einsatz in zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen 304
energetische Verwertung in Österreich 251
Flächenkonkurrenzen 409
nach BiomasseV 324
nach EEG förderungswürdige 324
Nutzungskonkurrenzen 409
Verbrennung 256, 277
Feuerungstechnik 315
Kosten 309
Vergasung 60, 254
Biomasseaktionsplan
der europäischen Kommission 270
österreichischer 270
Biomasseaschen 424
hohe Alkalianteile 219
Biomassefeuerungen
im mittleren bis großen Leistungsbereich 262
Kleinanlagen 260
Biomasse(heiz)kraftwerk
Emden 277
Güssing (A) 266, 344
Hengelo (NL) 489
Königs Wusterhausen 81, 95
Leoben 264
Mannheim 75, 85
Wicker 80, 91
Biomasse(heiz)kraftwerke 68, 219, 229, 277, 310
Alternativen zum Brennstoff Holz 75
Betriebserfahrungen 84
Betriebskosten 321
Brennstoffversorgung 280
Effizienzsteigerung 209
Großkraftwerke 219, 322
in Deutschland 222
Investitionskosten
einer Beispielanlage 317
spezifische 317
Konzeption nach dem (alten) EEG 74
Korrosion 413
Umstellung auf Ersatzbrennstoffe 98
Biomasse-Heizungsanlagen
in Österreich 262
Biomassenutzung
Abstimmung der Förderinstrumente 409
elektrischer Wirkungsgrad 267
energetische 51, 253, 399
Erzeugung elektrischer Energie 53
Apparate/Prozesse und deren Leistungsbereiche 54
Erzeugung thermischer Energie 52
Erzeugung flüssiger Brennstoffe 56
Erzeugung gasförmiger Brennstoffe 57
Gesamtwirkungsgrad 267
Nachhaltigkeitsstandards 401
typische Reaktoren 65
Überblick über Strategien und Verfahren 52
Biomassepotenzial 399
Entwicklung für Deutschland 400
Biomassestrategie
nationale 409
Biomasse-Vergasungsblockheizkraftwerk 68
Biomasse-Vergasungs-Kraftwerk Güssing 266
Biomasseverordnung 323
Biomass Heatpipe Reformer 368
Biomass to Liquid 373
Biomethan 621
Erzeugung 526
spezifische Kosten 628
Biotonne
Anschlussgrad 497
biotoxische Hemmungen 514
Biotreibstoffherstellung 525
Bio- und Grünabfall
Aufkommen
Entwicklung in Deutschland 496
spezifisches in den deutschen Bundesländern 497
getrennt erfasster 495
Stoffstrommanagement-Konzept 504
Biowasserstoff 526
Biozönose
anaerobe 507
Blastische 284, 288
Blockheizkraftwerk
siehe BHKW
Brandgefahr
bei Aufbereitung und Lagerung von Altholz 88
Brennstoff
aus Silagen 373
-analyse
nasschemische 426
-aschen 423
-ausnutzung 372
-ausnutzungsgrade 172
-tagebuch 325
-zellen 65
Brennstoffe
alkalireiche 427
Brückenbildung 86, 302
BSR 531

B+T Energie GmbH 192
BtL 373
Bundeswaldinventur 311
Bürgerinitiativen 36

C

Cadmium-/Thalliumemissionen 10
CEN TC 343 Solid Recovered Fuels 122
Charakterisierung
  von Ersatzbrennstoffen 123
Chlorgehalt
  Analyse 123, 126
  Bestimmung 136
  Korrelation mit der Blei- und Cadmium-
    konzentration 130
Chlorwasserstoff 448
Choren-Verfahren 69
Cladding 89, 285
Clausius-Rankine-Kreisprozess 210
Clyde Bergemann 423
CO_2-Abtrennung
  aus Biogas 615, 622
  Verfahren 624
CO_2-Effizienz 634
CO-Sensoren 88
CSB 569
  -Abbau 567
  -Bilanz
    einer Biogas-Versuchsanlage 581

D

Dampfentspannung
  in der Turbine 215
Dampferzeuger 287
Dampferzeuger-Virus 420
Dampfkraftprozesse
  im T,s-Diagramm 212
  überkritische 212
  unterkritische 212
Dampfnässe 215
Dampfparameter
  deutscher MVA 220
Dampfturbinen
  optimierte 214
Dampfturbinenprozesse
  Entwicklung 224
  Grundlagen 210
Dampfüberhitzung
  Limitierungen bei unterschiedlichen
    Brennstoffen 223
  mehrstufige 209, 215
Dampfwirbelschichtvergasung 339
Darmstadt 31
DEA-Wäsche 624
Defluidisierung
  der Wirbelschicht 300
Deinking-Schlämme 187
DeNOx-Katalysator
  Deaktivierung 475
  Inaktivierungsursachen 476
  mechanische Erosion 478
  Regeneration 475
  Regenerierung mit Ultraschall 477
Deponiegas 592
  Siloxangehalte 598
Deponiesickerwasser-
  behandlungsanlage 562
Desulfuration 576
Dieselkraftstoff
  synthetischer 69
Dioxine und Furane 455
  Emissionen 12
    in Deutschland 456
  Zerstörung
    in SCR-Katalysatoren 481
Direktverflüssigung 56
Druckwasserwäsche 623
Druckwechseladsorption 623
Druckwirbelschichtvergasungsanlage
  zirkulierende 339

E

EAA Perlen 189
Ebara 206
EBS-Kraftwerke 5, 199
  Brennstoffbereitstellung 141
  Effizienzsteigerung 209
  für Papierfabriken 183
  Kapazität in Deutschland 440
  Standorte in Deutschland 444
  versus Abfallverbrennungsanlagen 202
EBS-KW
  Höchst 199
  Paderborn 31, 40
  Witzenhausen 149, 192
EEG 73, 323
  Entwicklung der Grundvergütung
    bis 2015 325

EEG 2004 324
EEG 2009
Grundvergütung 324
NawaRo-Bonus 327
Effizienzanalyse
für Biogasprozesse 635
Effizienzsteigerung
von Kraftwerken 209
Einleitbedingungen 512
Emissionen 5
Emissionsgrenzwerte 7
für die Verbrennung verschiedener Brennstoffe 446
für MVA
Entwicklung von 1974 bis 1999 445
Sinnhaftigkeit einer weiteren Reduzierung 439
Emissionskonzentrationen 7
Energiebauern 513
Energiebeschaffung 183
Energiebilanz
MBA 174
Energie-Contracting-Lösungen 183
Energieeffizienz 30
der stoffspezifischen Abfallbehandlung 113
der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung 163
von Kombinationsverfahren mit MBA/MBS 115
Energieeinspeisegesetz 521
Energieerzeugungstechnologien
alternative
Wettbewerbsvorteil im globalen Anlagenbaugeschäft 514
Energieformen 176
Energiegestehungskosten 183
Energieholz 310
-anbau 409
-plantagen 407
Energiepflanzen 268, 400
Anforderungen 403
-produktion 400
Energiepolitik
österreichische 269
Energieträger 508
biogene in Österreich 253
Energieversorgung
in Papierfabriken 184
Unternehmensstrategien 73
Energiewichtungsmethode 328
Energiewirt 373
Entaschungssystem
Biomassekessel 290
Entnahmekondensationsturbine 316
Entschwefelung
von Biogas 543, 623
Entstickung 461, 475, 481
Entteerung von Vergasungsgas
aus Biomasse 355
Erdgas 611
synthetisches 370
Erdgasnetze
Einspeisung von Biogas 337, 611, 621
Erdgassubstitute 337
auf Biomassebasis 621
Erzeugung aus verholzter Biomasse 338
Verfahrensschritte
der Biogasaufbereitung 622
Erneuerbare-Energien-Gesetz
siehe EEG
Erörterungstermin 36
Ersatzbrennstoffe 121
abnehmerspezifische Anforderungen 124
Aufkommen 4
aus MBA
Entsorgungswege 109
Heizwert 171
Heizwertfrachten 172
Brennstoffausnutzungsgrad 172
Qualitätsparameter 124
Qualitätssicherung 122
Schnelltests 133
Schwermetallreduktion 156
Spezifikation EBS-Kraftwerk Witzenhausen 155
Stand der Standardanalytik 125
Zusammenhang zwischen Wassergehalt, Kunststoffanteil und Heizwert 108
Ersatzbrennstoff-Kraftwerke
siehe EBS-Kraftwerke
Explosionsgefahr
durch Staub 284
Explosionsschutz
von Vergärungsanlagen 556

F

Fangstoffe 187
Farmer Automatic Biomass-Technology GmbH & Co. KG 641
Fast Internal Circulating Fluidized Bed 267
Feinentschwefelung 623
Feinkornabtrennung 109

Feinstaub 451
  Emissionen in Österreich 270
Fermentation
  siehe Vergärung
Fernwärmeversorgung 295
Festbettreaktor 65
Festbrennstoffe
  biogene 404
Feststoffanalytik 125
Fette 521
Feuerfestsystem 89
Feuerfestzustellung
  Verschleiß 96
FICFB-Vergasung 267, 338
Fischer-Tropsch
  -Diesel 405
  -Kraftstoffanlagen 407
  -Kraftstoffe
    Entwicklung der Produktions-
      kapazitäten in Europa 408
  -Synthese 61, 374
Flachbunker 157
Flächenbiofilter 159
Flash-Pyrolyse 59
Fließbettkühler 82, 215
Flugaschezusammensetzung 424
Flugstrom
  -reaktor 65
  -verfahren 292
  -vergasung 338, 385
Fluidisierung
  der Wirbelschicht 299
Flüssigdünger 524, 539
Flüssiggas 612
Forschungsvorlauf 524
Forschungszentrum Karlsruhe 385
Frischluftvorwärmung 214
Funkendetektor 88
Furane 455

G

Gärbehälter 555
Gärreste 268, 504, 533
  Aufbereitung 640
  Behandlung 638
    Verbleib der pflanzlichen
      Nährstoffe 641
  Durchlüftbarkeit 557
  thermochemische Verwertung 633
  Vergasung 640
Gärung
  alkoholische 403
Gärverfahren
  historische Entwicklung 521
  Marktbewegungen und Trends 521
Gärvolumen 520
Gasmotoren 367
  Abrasions- und Korrosionserscheinungen
    durch Siloxane 593
Gasnetzzugangsverordnung 613
  Novellierung 622
Gastrocknung 622
Gegendruckturbine 316
Gegenstromvergaser 352
Genehmigungs
  -behörden 33, 38
  -management 38
  -verfahren 33, 38
Generalunternehmer 317
Genosorb-Wäsche 624
Gesamtkohlenstoffgehalt 569
Gesundheit 36
Getrenntsammlung
  von Bio- und Grünabfällen 495, 532
Getriebeschwingungen 294
Gleichstrom-Festbettvergaser 351
Glühverlust 131
Grobentschwefelungsverfahren 623
Grundgas 612
Grün- und Gartenabfälle 495
  getrennte Erfassung 499
Gülle 268, 633, 641
Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und
    Recyclingholz e.V. 123

H

Hackgut 256
Hackschnitzel 256, 313
Halmgutballen 256
Halmgüter 404
Hamburg 31
Hannover 547
Harnstoff 466, 483
Hausmüll
  abschöpfbares Potenzial
    organischer Abfälle 499
Heatpipe Reformer 368
Heizflächen
  Reinigungssysteme 428

Heizwert
Näherungsformeln zur Berechnung aus der Elementarzusammensetzung 131
oberer, unterer 132
Hemmungen
biotoxische 514
H-Gas 612
High-Dust-Schaltung 484
Hochkalorikfraktion
flugfähige 111
Hochtemperaturkorrosion 219, 425
Holz 309
-aufbereitung 86
-aufkommen
in Deutschland 311
-brennstoffe
Stromerzeugung 404
Wärmebereitstellung 404
-briketts 256
-gas 367
-pellets 256, 404
-preise
Abhängigkeit vom Rohölpreis 408
-silos 283
-vergasung 338
Horizontalkessel 315
hydraulische Reaktorverweilzeiten 509

I

Inconel 625 285
Industrieanlagen 524
Industriebranchen
energieintensive 183
Industriepark Höchst 199
Infrarotkamera 88
Infraserv GmbH & Co. Höchst KG 199

K

Kalium-Blei-Chloride 416
Kalklöscher 292, 293
Katalysator 351, 481
-gifte 475
-versalzung 486
katalytisch partielle Oxidation 350
KEA
für Strom, Diesel und Erdgas 176
Kessel
-aschen 426
-beläge 425
chemische Analyse 426
-materialien zur Dampfüberhitzung
Limitierungen 217
-reinigung 423
-trommel
Risse 293
-wirkungsgrad
Maßnahmen zur Steigerung 213
Kiel 31
Klärgas 592
Klärschlamm
Einsatz in Wirbelschichtfeuerungen 303
kommunaler 521
Siloxan-Anreicherung 598
Klassiersiebung 141
Klima 5
Klimaschutz 543
Kohleaschen 424
Kohlekraftwerke 4
Auslegung moderner Anlagen
in Deutschland 226
Kohlendioxidabscheidung
aus Biogas 615, 622
Kohlenmonoxid 452
Kombivergaser 352
Komposte 504
Kompostierung 403
Kompostierungsanlagen
Erweiterung um anaeroben Behandlungsschritt 505
Kompressibilitätszahl K 614
Kondensationsturbine 316
Kondensationswärme
Nutzung 372
Kondensator 315
Kontrollsiebe
in Kraftwerken 141
Korrelationsanalysen 129
Korrosion 89, 97, 123, 219, 423, 430
aktive Risikominderung 418
Chlorgehalt 229
Früherkennung 418
Vorteile 420
in Biogasanlagen 579
in Biomasseverbrennungsanlagen 413
in der RTO 116
Schwermetalle 229
Strategien zur Minimierung 416
Korrosions
-phase 413
-potential 417
-prognose 419
-rate
Senkung 431
-schichten 416

Kraftstoffe
synthetisierte 406
Kraft-Wärme-Kopplung 315, 365
Kraftwerke
überkritische 218
Kurzzeitkohlenstoffkreislauf 508
KWK-Bonus 328
Voraussetzungen für den Erhalt 329
KWK-Stromanteil
Abschätzung 328
K-Zahl 614

L

Lachgas 466, 558
primäres 559
sekundäres 559
Lachgas-Emissionen
in der Nachrotte 557
Minimierung 559
Leverkusen 31
L-Gas 612
Liquefied Petroleum Gas 612
Lizenzvergabe 524
LPG 611
Luftgurtförderer 282

M

M(B)A
Cröbern 601
Hannover 547
Weidenhausen 150
MBA 591
Abluftkonzept 117
Abluftmanagement 115
Abwässer 562
Abwasserbehandlung 561
Abgasmengen, spezifische 167
Anlagenzahl in Deutschland 106
Anteil heizwertreicher Fraktionen 171
Auslastung der biologischen Stufe 107
behandelte Abfallarten 107
Biogasertrag 175
Biogas-Erzeugung 172
Brutto-Maschinenlaufzeit 112
bundespolitische Bewertung 548
Datenerhebung
zur Siloxanproblematik 605
Deponierung des Output 562
Dieselverbrauch 170, 175
Durchsatzkapazitäten 106
Energieaufwendungen und -erträge 175
Energiebilanz 174
Energieeffizienz 163
Entsorgungswege der heizwertreichen Fraktionen 109
Erhöhung der Verfügbarkeit 112
Gasaufbereitung 561
Gasverbrauch 168
Netto-Maschinenlaufzeit 112
Optimierung 105
Primärenergie-Bereitstellungsquote 177
Siloxankonzentrationen 599
Siloxanmessungen 601
Stand in Deutschland 106, 440
Stromverbrauch 169, 175
weitergehende Aufbereitung 111
Wirtschaftlichkeit 112
MBA-Konzepte 106, 164
Bilanzmodell Netto-Nutzenergie 114
Erhöhung der Energieeffizienz 113
Stoffstrommanagement 107
MBA-Technik
in Deutschland 118
MBS 164
MEA-Wäsche 624
Metallausschleusung 156
Methan 508, 525
-ausbeute
verschiedener Substrate 636
-bildung 579
-bildungshemmung 570
Methanierung 342, 370
von Synthese- und Produktgasen 343
Mikroturbinen 369
Mineralienabsiebung 142
Min-Flow-Problematik 622
Mitverbrennung 4, 440
Motortauglichkeit
von Vergasungsgas 353
MPS 164, 602
Siloxankonzentrationen 603
MVA
Brescia (I) 487
Modena (I) 491
Perlen (CH) 189
Wien-Spittelau (A) 30
Zürich-Hagenholz (CH) 31
MVV Umwelt GmbH 73

N

Nachhaltigkeit 513, 526
Nachrotte 558

Nährstoffe
essentielle 514
Nahwärmenetz 266
Nassverfahren 448
Naturumlaufkessel 212
NawaRo-Bonus 311, 326
Voraussetzungen für den Erhalt 327
New Integrated Desulphurization 292
nichtkatalytisch partielle Oxidation 355
NID-Reaktor 292
Niedertemperatur-SCR 484
NO_x
thermisches 482
-Emissionen
Anteile der Quellgruppen 462
der Bundesrepublik Deutschland 462
Anteile der Industriesektoren 463
-Emittenten 462
-Grenzwert 445
-Reduktionspotential 467
Nutzenergieertrag 114

O

Oberflächenrissprüfung 293
Öffentlichkeitsarbeit 36, 40
Ökostromgesetz (A) 273
On-load Reinigungslösungen
in Abfallverbrennungsanlagen 423
ORC
-Anlagen 366
-Prozess 264
Organic-Rankine-Cycle-Anlagen 366
Österreich 251
Bruttoinlandverbrauch an Bioenergie 252
Bruttoinlandverbrauch an Energie 252
Wirbelschichtanlagen 301
Ziele für das Energieszenario bis 2020 271
oTR-Abbau 567
Oxidation
katalytisch partielle 350
nichtkatalytisch partielle 355

P

Paddelbrüche 553
Paderborn 31, 40
Papier
-fabriken
Energiemanagement 188
Energieversorgung 184
-herstellung 184
Energiebedarf 185
Rückstände 187
-maschine 184
Transportgeschwindigkeiten 185
Parabolrinnenkraftwerke 223
partielle Oxidation 351
Paul Scherrer Institut 344
Pelletszentralheizungskessel 260
Pflanzenöl 56, 63, 406
Planungssicherheit 33
Plattenkatalysatoren
Selbstreinigungseffekt 489
Vor- und Nachteile 485
PM 10-Emissionen
in Deutschland 451
Polygeneration (Stoff-Wärme-Kopplung) 371
Primärenergie
-Äquivalente 176
-Aufwendungen (KEA)
für Strom, Diesel und Erdgas 176
-Bilanzierung 176
-Verbrauch
Deutschland 210
Probenaufbereitung 125
Produktgas 405
Produkthygienisierung 521
Projektgegner 33, 37
Prozessführung
mesophile 518
thermophile 518
Prozessstörung 515
PVC
Erkennung von Hotspots 136
Pyrolyse
langsame 59

Q

Qualitätsmanagement
bei Genehmigungsanträgen 38
Qualitätssicherung
von Ersatzbrennstoffen 122
Quecksilberemissionen 11

R

RAL-GZ 724 123
Rapsmethylester 406

Reaktionswärmetönung 512
Realgasverhalten 614
Reduktion
  selektive katalytische
    siehe SCR
  selektive nicht katalytische
    siehe SNCR
Reformer 368
Reformierung 370
Refuse Derived Fuel (RDF) 121
Regenerative Thermische Oxidation
  siehe RTO
Regenerierung
  von DeNOx-Katalysatoren 475
Rejecte 187
Relaxationsrisse 294
Rezirkulationsgasführung 214
RFA-Scanner 135
Rohrreißer 413
Röntgen-Fluoreszenzanalyse 135
Rost
  Verschleiß 92
Rostfeuerung
  versus Wirbelschicht 203
Rotte
  Prozessoptimierung 117
  Siloxanbelastung 599
  -steuerung 117
  -tunnel
    Luftführung 600
RTO 166, 558, 592
  Auslegung 116
  Brenngas 168
  Ertüchtigungsmaßnahmen 559
  Funktionsprinzip 594
  Gasverbräuche 168
  Kapazität 116
  Korrosion 116
  Probleme 116
  Reinigungsarten 606
  Reinigungsintervalle 116, 606
  Reinigungszyklus 560
  Verblockung 560, 595
    der Wabenkörper 116, 594

S

Sachbeistände 36, 37
Salzgemische 424
Salzschmelzen 223, 425, 427, 430
Sammlerrohrwanddicken 218
Sandbett
  fluidisiertes 205
Sattdampfprozess 212
Sauerstoffbedarf
  chemischer 569
SCA Packaging Containerboard
    Deutschland GmbH 192
SCA-Witzenhausen 149
Schadstoffemissionen
  aus den thermischen
    Abfallbehandlungsanlagen 439
Scheibensichter 281
Scheitholz 256
Schlackebeläge 90
Schlackebrecher 290
Schlammbett 509
Schlempeaufbereitung
  anaerobe nach der
    Bioethanolproduktion 525
Schnelltests
  analytische Ansätze 129
  für Ersatzbrennstoffe 121
Schubboden 92
Schuppen-Roststäbe
  Selbstreinigung 289
Schuppenwanderrost 285, 288
  mit Blastischaufgabe 287
Schutzgüter 36
Schwachgas
  aus der Vergasung von Gärresten 641
Schwarzlauge 341
Schwefel 569
  Abscheidung direkt in der
    Wirbelschichtfeuerung 300
  im anaeroben Milieu 574
Schwefelatmung 576
Schwefeldioxid 454
Schwefeldioxidemissionen 9
Schwefelkreislauf
  biologischer 575
Schwefelquellen und -senken
  in der biologischen Stufe
    einer MBA 583
Schwefeltrioxid 465
Schwefelwasserstoff 574
  Bildungsmechanismen 576
  gesundheitsschädliche Auswirkungen
    in Abhängigkeit von der
      Konzentration 580
  Toxizität 521
Schwergutabtrennung 110

Schwermetalle 515
Bestimmung 127
Emissionen 10, 454
PVC-stämmige 130
Schwingsiebe 111
SCR 464, 481
Anlagenkonzepte 483
Reingasschaltung 484
Rohgasschaltung 483
Temperatur in Abhängigkeit des Schwefelgehaltes 485
SCR/SNCR
Kostenbetrachtung 471
Kriterien zur Verfahrenswahl 482
Sekundärenergieträger 402
Selbstentzündung
von Sperrmüll 88
Separator
ballistischer 111, 553
Shower Cleaning System 429
Sieb
-beläge
Anordnung 143
-güte 143
-maschinen 143
Einfluss von Siebschnitt und Trennquote auf die Mengenaufteilung 110
Reinigungsintervalle 110
-technik
für Ersatzbrennstoffe 141
-trommel 552
Silage 373
Silane 560
Silicon
-produkte 592
-produktion 592
Silikatschmelzen 427
Siliziumdioxid
mikrokristallines 593
Siliziumverbindungen
organische 560, 591
Siloxane 116, 560, 591
Abscheidung 557
Bildungsprozess und Bildungsbedingungen 603
im Klärschlamm 598
in Biogasen 598
in Deponiegasen 598
in der Abfallwirtschaft 593
Probenahme und Analytik 597
Siloxanproblematik
bei RTO-Anlagen 117
wirtschaftlicher Schaden 606
Slurry 385
SNCR 464, 481
Einhaltung der Grenzwerte der 37. BImSchV 461
Nebenreaktionen 465, 483
SNCR-/SCR-Anlage
Kostenbetrachtung 471
Kriterien zur Verfahrenswahl 482
SNG 337, 370, 405
aus Schwarzlauge 342
SNG-Erzeugung
Vergasungsverfahren 338
Beurteilung 342
Solarfelder
Absorberwirkungsgrade 239
Solarthermie 238
Solarthermiekraftwerke 223
Effizienzsteigerung 209
Stromgestehungskosten 241
Wirkungsgrade 239
Solid Recovered Fuel (SRF) 121
Sperrmüll
Selbstentzündung 88
Sperrmülllager
Brandgefahr 88
Spreader-Gebläse 78
Sprengreinigung 93
Spuckstoffe 187
Stabilisierung
mechanisch-biologische 164
mechanisch-physikalische 164, 602
Standardanalytik
Bewertung 128
Standortgemeinde 40
Staubemissionen 7, 451
Staubfangwände 86
Steinstauer 288
Stickstoff
im anaeroben Milieu 570
Stickstoffoxide 452
Emissionen 8
Techniken zur Minderung 464
Stoffstrom
-management
bei MBA 108
-teilung 105
-trennung 109
Trennergebnis 109
Stoff-Wärme-Kopplung 371
Stoffwechselkinetik 517
Störstoffe
im Altholz 286
straight-run-Diesel 380

Stroh 256, 376, 399, 404
  Vergasung 340
Strohkraftwerke 219
  in Dänemark 221
Strohslurry 341
Stromerzeugung
  Leistungsbereiche und Wirkungsgrade von Arbeitsmaschinen 366
Stromgestehungskosten
  Kohlekraftwerke 241
  Solarthermiekraftwerke 241
Strukturförderung 513
Substitute Natural Gas 337, 369, 405
Substratüberlastung 519
Sulfatatmung 575
Sulfatierung von Chloriden 417
Sulfatreduktion
  anaerobe dissimilatorische 575
  assimilatorische 575
Synthesegas 56, 338, 367, 374, 405

T

TBF + Partner AG 189
Technologie-Bonus 325
  Voraussetzungen für den Erhalt 326
Teerabbaurate 360
Teerbildung 376
Teilstrom-Vergärungsanlagen 173
Thermalöl 223
thermisches Spritzen 417
thermo-chemische Verfahren 350
Thermoölkessel 266, 366
TKN 570
Total Carbon 569
Total Kjeldal Nitrogen 570
Trägerfixierung 509
Treibhausgas 508
Trockenentaschung 290
Trockenvergärung 537
  mesophile 548
Trogkettenförderer 284
Tullner Erklärung
  des Österreichischen Biomasse-Verbandes 270
Turbine 94, 315
  Getriebeschaden 90
Turbinen
  -schaden 90, 97
  -schwingungen 294
Turbosatz 294

U

Überhitzerrohre
  Abzehrraten 413
  Dampfparametergrenzen der Werkstoffe 218
Überhitzerverschlackung 219
Ultraschallregeneration
  von DeNOx-Katalysatoren 475
Umesterung 56, 402, 406
Umweltverbände 36
Umweltverträglichkeit 5

V

Vahrenholt 13
VALORGA 548
Veränderungssperre 40
Verblockung der RTO 560, 595
Verbrennungskapazität 4
  in Deutschland 440
Verbrennungsversuche 129
Verdampferrohre
  Abzehrraten 413
Vergabe
  losweise 317
Vergärung 62, 255, 268, 403, 555
  Kosten 511
  Prozessoptimierung 117
  Prozessvarianten 518
  Sensitivität 514
  Sinnhaftigkeit des themophilen Betriebs 521
  von Bioabfällen 505, 537
Vergärungsanlage 172
  Biogaserträge 173
  in einer MBA Optimierungspotential 547
  Explosionsschutz 556
Vergärungstechnologien
  Markt für die Hersteller 507
  Risiken 514
Vergasung 254, 373, 385
  allotherme 367
  autotherme 367
  mit Luft 266
  mit Wasserdampf 266
  von Biomasse 254, 266, 365, 405
  von Gärresten 640
  von Holz 338
  von Schwarzlauge 341
  von Stroh 340
Vergasungsgas 267, 337

Vergasungsverfahren
für die SNG-Erzeugung 338
Verschlackung 89, 219
in den Feuerräumen 423
Verschleiß
am Rost 92
Verschmutzungen 430
in den Leerzügen 423
Verschmutzungsneigung 424
des Kessel 93
Versinterung
des Wirbelbettes 376
Vertikalzugkessel 315
Verwaltungshelfer 33, 38
Vollstrom-Vergärungsanlagen 173
Vorhabensträger 32, 38

W

Wabenkatalysatoren
Vor- und Nachteile 485
Wabensiebbeläge 141
Waldrestholz 311
prognostiziertes Potential 313
Wanddickenschwächungen 285
Wanderrost 78, 92, 286
mit Wurfbeschickung 287
Wärmestromdichte 416
Wärmetauscher
in der Wirbelschicht 205
Wärmeübertragung
Reduzierung 425
Wärmeübertragungscharakteristik
Folgen der Veränderung 425
Wäscher
saurer 558
Wasser-Dampf-Kreislauf 210, 315
Wirkungsgradsteigerung 213
Wasserdampfvergasung 370
Wasserlanzenbläser 290, 428
Werfer-Luftsystem 77
Wertigkeiten
energetische 176
Wettbewerbsfähigkeit 508
Windsichter 111
Wirbelschichtfeuerung 199, 299, 352
Anlagen in Österreich 301
Brennstoffaufbereitung 302
Einsatz von Biomasse und
Ersatzbrennstoffen 299
Feuerungsleistungsdiagramm 204
Kosten im Vergleich zur Rostfeuerung 315
Mitverbrennung von Klärschlamm und
Abfällen 303
Reaktor 65
stationäre 300
Technologien 300
Verklumpen des Bettes 95
versus Rostfeuerung 203
weltgrößte auf Biomassebasis 304
zirkulierende 81, 154, 193, 199, 215,
300, 373
siehe auch ZWS
Wirbelschicht-Dampf-Vergaser 267
Wirbelschichtkühler 360
Wirbelschichtnetzwerk iea-fbc.net 305
Wirbelschichtvergaser 368
Wirkungsgrad 212
brennstoffinhärenter 232
Wirkungsgradsteigerung
von Dampfkraftwerken 213
Wobbe-Index 612
Wurfbeschickung 78, 289
Wurf-Schwebefeuerung 77

Z

Zellenradschleusen 288
Zementherstellung
Energiebedarf 185
Zementwerke 5
Zusatzgas 621
Zwangsdurchlaufkessel 212
Zweckverband Abfallwirtschaft
Region Hannover (aha) 548
ZWS 81, 154, 193, 199, 215, 300, 373
ZWS-Feuerungsanlagen
größte überkritische 230
Stand der Technik weltweit 230
überkritische 231
Übersicht weltweit
nach Leistungsklassen 231