Stephanie Thiel

Ersatzbrennstoffe in Kohlekraftwerken

Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen
aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung
in Kohlekraftwerken



Stephanie Thiel

Ersatzbrennstoffe in Kohlekraftwerken

Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen
aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung
in Kohlekraftwerken

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ersatzbrennstoffe in Kohlekraftwerken
– Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Kohlekraftwerken –
Stephanie Thiel.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2007
ISBN 978-3-935317-29-0

ISBN 978-3-935317-29-0 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

zugleich Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, 2007
Copyright: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2007
Layout: Petra Dittmann, Martina Ringgenberg, Cordula Müller und Kerstin Rosendräger
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München
Foto auf dem Buchdeckel: Alstom Power Boiler GmbH, Stuttgart (mit freundlicher Genehmigung)

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

1 Einleitung und Problemstellung ... 1

2 Ersatzbrennstoffe aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung ... 5

2.1 Stand der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung in Deutschland ... 6

2.2 Verfahrenskonzepte ... 13

2.3 Verfahrenstechnische Konfiguration ... 18

2.4 Outputströme und deren Entsorgungswege ... 25

2.5 Herstellung von Ersatzbrennstoffen für die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken ... 30

3 Charakterisierung der Feuerungssysteme ... 45

3.1 Staubfeuerung ... 47

3.1.1 Gemeinsame Komponenten und Merkmale von Trockenstaubfeuerung und Schmelzfeuerung ... 47

3.1.2 Spezifische Merkmale der Trockenstaubfeuerung ... 52

3.1.3 Spezifische Merkmale der Schmelzfeuerung ... 58

3.2 Wirbelschichtfeuerung ... 64

3.2.1 Allgemeines ... 64

3.2.2 Spezifische Merkmale der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung ... 64

4 Eignung von Ersatzbrennstoffen aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung zum Einsatz in Kohlekraftwerken ... 69

4.1 Stand der Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen aus aufbereiteten Siedlungs- und Gewerbeabfällen in deutschen Kohlekraftwerken ... 70

4.1.1 Kraftwerke mit Mitverbrennung im Dauerbetrieb ... 72

4.1.2 Kraftwerke mit Mitverbrennung im Versuchsbetrieb ... 73

4.1.3 Kraftwerke mit erfolgreichen Einzelversuchen ... 74

4.1.4 Kraftwerke mit Abbruch der Versuche oder der Planung des Dauerbetriebs wegen gravierender Betriebsprobleme ... 75

4.1.5 Weitere Kraftwerke mit konkreten Planungen ... 75

4.2 Anforderungen der Kraftwerksbetreiber an die Ersatzbrennstoff-Qualität – Ersatzbrennstoff-Spezifikationen – und mögliche Auswirkungen der Parameter auf Betrieb, Nebenprodukte sowie Emissionen der Kraftwerke 79

4.2.1 Chemische Eigenschaften 84

4.2.2 Mechanische Eigenschaften 88

4.2.3 Kalorische Eigenschaften 89

4.2.4 Sonstige Eigenschaften 89

4.3 Betriebserfahrungen mit Ersatzbrennstoffen aus aufbereiteten Siedlungs- und Gewerbeabfällen in Kohlekraftwerken 90

4.3.1 Unvollständiger Ausbrand 91

4.3.2 Zusammenbruch der Verbrennung 94

4.3.3 Chlorkorrosion 95

4.3.4 HCl-Emissionen – möglicher Nachrüstungsbedarf der Abgasreinigung 103

4.3.5 Verschmutzung und Verschlackung der Kesselheizflächen 105

4.3.6 Erhöhte Chloridbelastung der Abgasentschwefelung und der REA-Produkte 109

4.3.7 Probleme bei der Entladung, Förderung und Dosierung des Ersatzbrennstoffs 110

4.3.8 Mechanische Probleme durch metallische Störstoffe 110

4.3.9 Chemische und thermische Probleme durch Aluminium in ZWS-Feuerungen 111

4.3.10 Überschreitung der Kapazität und Dimensionierung der Entaschung 113

4.4 Transfer von Schwermetallen in die Kraftwerksnebenprodukte und ins Abgas 114

4.4.1 Schwermetallgehalte der Ersatzbrennstoffe im Vergleich zu Regelbrennstoffen, Restabfall sowie den Anforderungen der BGS und der Kraftwerksbetreiber 115

4.4.2 Transferverhalten der Schwermetalle in Kohlekraftwerken 118

4.4.3 Umweltverträglichkeit und Verwertbarkeit der Kraftwerksnebenprodukte 124

4.4.4 Emissionen ins Abgas 125

4.5 Energiebilanz 128

4.6 Mögliche Substitutionsraten in Abhängigkeit vom Feuerungssystem..... 136

5 Entwicklungspotentiale der Ersatzbrennstoff-Herstellung und -Verwertung..... 141

5.1 Optimierung der Qualität von Ersatzbrennstoffen aus gemischten Siedlungsabfällen 141

5.2 Gestaltung der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken im Hinblick auf die Optimierung des Kraftwerksbetriebs sowie der Nebenprodukte und Emissionen..... 145

5.2.1 Bewertung der verschiedenen Kraftwerkstypen hinsichtlich ihrer verfahrenstechnischen Eignung zur Mitverbrennung..... 145

5.2.2 Qualitative und quantitative Aspekte der Mitverbrennung 147

5.2.3 Technische Gestaltung der Mitverbrennung..... 148

5.2.4 Mögliche Auswirkungen der Mitverbrennung und geeignete kraftwerksseitige Anpassungsmaßnahmen..... 150

5.3 Quantitative Entwicklungspotentiale 154

5.3.1 Abschätzung des Ersatzbrennstoff-Aufkommens aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung..... 155

5.3.2 Derzeitige Einsatzmengen in Kraftwerken und Prognosen bis 2008 160

5.3.3 Gegenüberstellung der Herstellung und Verwertung..... 164

5.4 Mittelfristige Perspektiven der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken und des Ersatzbrennstoff-Markts..... 165

6 Zusammenfassung 167

7 Quellenverzeichnis..... 173

Abkürzungsverzeichnis 185
Symbolverzeichnis 188
Bilderverzeichnis 189
Tabellenverzeichnis 191

ANHANG 195

Dank 305
Schlagwortverzeichnis 309

1 Einleitung und Problemstellung

Im Zuge der Beendigung der Deponierung unbehandelter Siedlungsabfälle zum 1.6.2005 sind in weiten Teilen Deutschlands – neben der bereits langjährig erprobten Abfallverbrennung – mechanisch(-biologische) Abfallbehandlungsanlagen (M(B)A-Anlagen) zur Restabfallvorbehandlung errichtet worden. Diese haben ihre Bewährungsprobe jedoch zum Teil noch vor sich.

Aus diesen M(B)A-Anlagen resultiert ein Aufkommen an Ersatzbrennstoffen in der Größenordnung von knapp 3 Millionen Tonnen pro Jahr. Wesentliche Verwer-tungswege sind die Monoverbrennung in Ersatzbrennstoff-Kraftwerken, die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken und in Zementwerken und die Verbrennung in konventionellen Restabfallverbrennungsanlagen. Allerdings reichen die derzeit verfügbaren Verwertungskapazitäten nicht aus, so dass erhebliche Mengen zwischengelagert werden.

Im Bereich der Kohlekraftwerke bestehen grundsätzlich Potentiale zum Ausbau der Mitverbrennungskapazitäten für Ersatzbrennstoffe und zugleich hohe wirtschaftliche Anreize durch Einsparung von Brennstoffkosten sowie Zuzahlungen der Ersatzbrennstofflieferanten.

Allerdings stellen die Kraftwerksbetreiber sehr hohe Anforderungen an die Qualität der Ersatzbrennstoffe. Um Ersatzbrennstoffe aus Siedlungsabfällen herzustellen, ist ein enormer aufbereitungstechnischer Aufwand erforderlich. Die Berichte der Kraftwerksbetreiber über Nichteinhaltungen der Spezifikationen machen deutlich, dass hier zum Teil noch erheblicher Optimierungsbedarf besteht.

Die bisher durchgeführten Versuche zur Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen aus aufbereiteten Siedlungs- und Gewerbeabfällen in Kohlekraftwerken sind sehr unterschiedlich ausgegangen. Bei einigen Anlagen führten sie – nach Anpassungs- und Optimierungsmaßnahmen und ggf. unter Inkaufnahme beherrschbarer Nebenwirkungen – zum erfolgreichen Dauerbetrieb. Bei anderen wurden sie dagegen aufgrund schwerwiegender Schäden oder Störungen des Anlagenbetriebs abgebrochen.

Dies macht deutlich dass die Frage, unter welchen Bedingungen Ersatzbrennstoffe aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung zur Mitverbrennung in Kohlekraftwerken geeignet sind, nicht allgemeingültig beantwortet werden kann.

Zum einen schwankt die Ersatzbrennstoff-Qualität in Abhängigkeit von Art und Zusammensetzung des Abfallinput sowie Konzeption und technischer Ausstattung der jeweiligen M(B)A-Anlage in weiten Grenzen.

Zum anderen ist jedes Kraftwerk durch individuelle verfahrenstechnische Merkmale, Betriebsweisen und Rahmenbedingungen gekennzeichnet. Die Feuerung sowie auch die vor- und nachgeschalteten Anlagenteile und peripheren Einrichtungen – wie Mahlanlage, Entaschung, Wärmeübertragungssystem, Abgasreinigung und Fördersysteme – sind für einen definierten Regelbrennstoff sowie die bei seiner Verbrennung entstehenden festen Rückstände, Abgasströme usw. mit deren spezifischen Eigenschaften ausgelegt. Aus dem Bestreben, in Prozessen

der Energieumwandlung einen Teil der Regelbrennstoffe durch Ersatzbrennstoffe zu substituieren, ergibt sich für die einzusetzenden Ersatzbrennstoffe die Notwendigkeit der brennstofftechnischen Charakterisierung in Hinblick auf die prozessspezifischen Anforderungen.

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Untersuchung der Eignung von Ersatzbrennstoffen aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung zur Mitverbrennung in Kohlekraftwerken aus verfahrenstechnischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht sowie die Identifizierung der wesentlichen Einflussfaktoren und Opti-mierungsmöglichkeiten.

Hierzu wird zunächst der Stand der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung in Deutschland hinsichtlich Anzahl, Kapazität und technischer Ausstattung der Anlagen dargestellt. Wesentliches Ziel der dazu durchgeführten Literaturauswertung und Befragung von Anlagenbetreibern und -errichtern ist, unter Berücksichtigung zurückliegender Projektänderungen, z.B. durch Insolvenzen und Kapazitätserweiterungen, einen vollständigen und aktuellen Überblick unter eindeutiger Abgrenzung gegenüber Gewerbeabfall-, Sperrmüll- und Ersatzbrennstoff-Aufbereitungsanlagen zu schaffen. Daran schließt sich eine detaillierte systemtechnische Analyse der Anlagen im Hinblick auf die Verfahrenskonzepte, verfahrenstechnischen Konfigurationen sowie die erzeugten Outputströme und deren Verbleib an.

Besondere Aufmerksamkeit kommt den derzeitigen Verwertungswegen der Ersatzbrennstoffe zu, die eine Momentaufnahme des noch in der Entwicklung befindlichen Ersatzbrennstoff-Markts darstellt und auch den aktuellen Stand der Herstellung hochwertiger Ersatzbrennstoffe für den Einsatz in Kohlekraftwerken erkennen lässt. Für solche M(B)A-Anlagen mit Ersatzbrennstoff-Produktion für die Mitverbrennung werden die Ersatzbrennstoff-Ausbeute und -Qualität in Abhängigkeit von Verfahrenskonzept und eingesetzter Aufbereitungstechnik anhand der Massenbilanzen und Ersatzbrennstoff-Analysen ausgewählter Beispielanlagen vergleichend gegenübergestellt.

Im zweiten Teil der Arbeit werden die bislang durchgeführten und derzeit vorbereiteten Projekte zur Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen aus aufbereiteten Siedlungs- und Gewerbeabfällen in deutschen Kohlekraftwerken auf der Grundlage einer Literaturrecherche und der Befragung der Kraftwerksbetreiber untersucht.

Die positiven und negativen Betriebserfahrungen der Kraftwerksbetreiber werden vor dem Hintergrund der charakteristischen Merkmale der verschiedenen Feuerungssysteme sowie der weiteren wesentlichen Rahmenbedingungen der jeweiligen Anlagen bzw. Projekte ausgewertet. Zusammenfassend wird die verfahrenstechnische Eignung der verschiedenen Kraftwerkstypen zur Mitverbrennung im Hinblick auf deren mögliche Auswirkungen auf den Kraftwerksbetrieb, die festen Rückstände und die Emissionen bewertet sowie die wesentlichen Anfor-derungen an die brennstofftechnischen Eigenschaften des Ersatzbrennstoffs in Abhängigkeit von Feuerungssystem, Abgasreinigung und Betriebsweise

des jeweiligen Kraftwerks dargestellt. Darüber hinaus werden Hinweise zur technischen Gestaltung der Mitverbrennung, möglichen Substitutionsraten für den dauerhaften Einsatz siedlungsabfallstämmiger Ersatzbrennstoffe sowie zur ener-getischen Bewertung der Brennstoffsubstitution gegeben.

Die derzeitigen und für 2008 prognostizierten Einsatzmengen an Ersatzbrennstoffen aus gemischten Siedlungsabfällen in deutschen Kohlekraftwerken werden dem abgeschätzten bundesweiten Ersatzbrennstoff-Aufkommen aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung gegenübergestellt. Schließlich werden zum einen Optimierungspotentiale der Ersatzbrennstoffherstellung im Hinblick auf die Qualitätsanforderungen seitens der Kraftwerksbetreiber und zum anderen wesentliche Einflussfaktoren auf die weitere Entwicklung der Mitver-brennung in Kohlekraftwerken aufgezeigt.

Schlagwortverzeichnis

A

Abfallbehandlungsanlagen
  mechanisch(-biologische)
    siehe M(B)A-Anlagen
Abgasentschwefelung 152
  erhöhte Chloridbelastung 109
Abgasreinigungsanlagen
  bei staubgefeuerten Kraftwerken 50
  bei ZWS-Kraftwerken 68
  Nachrüstung 148
  Nachrüstungsbedarf bei ZWS 103
Aerobisierung des Gärrests
  in Belebungsbecken 21
Alkalichloride
  Kondensation 96
  Sulfatisierung 96
Alkalimetalle 86, 96, 102, 106
Aluminium 86, 113, 147
  Anlagerung in der Kohlemühle 111
  Probleme in ZWS-Feuerungen 111
aluminothermische Reaktion
  in Flugascheablagerungen 112
Anpelletierung 24, 110, 129, 144
Ansatzbildung an Dampferzeugerrohren 105
  Einflussfaktoren 106
Asche
  -austragssystem
    Überlastung 113
  -erweichung
    Gefahr in ZWS-Feuerungen 108
  -erweichungstemperatur 151
  -gehalt 86
  -schleuse 66
  -schmelzverhalten 87, 106, 151
    von Kohlen im Vergleich zu Ersatzbrennstoff 267
  -stabilisat 109
  -zusammensetzung 87, 106
    von Kohlen im Vergleich zu Ersatzbrennstoff 267
Aufbereitung
  mechanische 18, 22
Ausbrand
  der Kohle 50
  der Ersatzbrennstoffe 145
    in staubgefeuerten Braunkohlekraftwerken 94
    in staubgefeuerten Steinkohlekraftwerken 91
    unvollständiger 91

B

BGS-Richtwerte 117
Biomasseroste
  integriert in eine Trockenstaubfeuerung 57
BMA Dresden 128
  Massenbilanz 38, 287
  spezifische Energieverbräuche 287
  spezifischer Stromverbrauch 129, 287
Braunkohle
  salzhaltige 53
Braunkohle-Kraftwerke
  in Deutschland 77, 221
Brennstoffcharakterisierung 79
Brennstoffsubstitution
  siehe Mitverbrennung
Brennweg 92
  Maximierung 149
Brückenbildung 110
Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V. 117
Bunker 18

C

Calciumchlorid 146
Chlor 86, 99, 109, 142, 147
  anorganisch gebundener 96
  organisch gebundener 96
  Transfer ins Abgas
    Einfluss der Bindungsform 96
  -abreicherung
    selektive 142
  -gehalt
    in Kohlen im Vergleich zu Ersatzbrennstoff 100
    in MBA-Ersatzbrennstoffen 42
Chlorwasserstoff-Emissionen 103
ConTherm-Anlage 27

D

Doppel-U-Schmelzkammerfeuerung 60
Drallstufenbrenner 62

E

Emissionen
  Auswirkungen der Mitverbrennung 154
  Chlorwasserstoff (HCl) 103
  Schwermetalle
    leichtflüchtige 125
    partikelgebundene 127
Energieaustauschverhältnis 129
Energiebilanzierung
  eines Koppelprozesses aus MBS und Mitverbrennung im Kraftwerk 128
Entaschung 149
  Überschreitung der Kapazität und Dimensionierung 113
Erosion 98
Ersatzbrennstoffe
  aus gemischten Siedlungsabfällen 5
  aus MBA-Anlagen 25, 155
  aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen 5
  Aufbereitung 23
  Aufkommen
    aus der mechanisch(-biologischen) Abfallbehandlung 155
  Ausbrandverhalten 93
  brennstofftechnische Charakterisierung 79
  Eigenschaften
    chemische 84
    kalorische 89
    mechanische 88
    reaktionstechnische 89
  Einsatzmengen in Kohlekraftwerken 160
  Flugfähigkeit 93
  Förderbarkeit 110
  Heizwert 144
  Herstellung für die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken 30
  maximale Korngröße 93, 94
  Metallbestandteile 152
Ersatzbrennstoff
  -Ausbeute
    bei den verschiedenen MBA-Verfahrenskonzepten 37
  -Kraftwerke 27, 166
  -Markt
    mittelfristige Perspektiven 166
  -Qualität 41
    Anforderungen der Kraftwerksbetreiber 79
    Optimierung 141
  -Spezifikationen
    der Kraftwerksbetreiber 80, 147
Ersatzbrennstoffzuführung
  in Abhängigkeit vom Feuerungssystem 149
  in Staubfeuerungen 92
    Trockenstaubfeuerungen 56
    Schmelzfeuerungen 62
  in zirkulierenden Wirbelschichtfeuerungen 67
  Einfluss auf das Transferverhalten der Schwermetalle 120

F

Feinstaub 127
Feuerungssysteme
  Charakterisierung 45
  Dampfparameter 46
  Eigenschaften des Brennstoffs Kohle 46
  Leistungsbereiche 46
  Reaktionsbedingungen im Reaktor 46
  Wirkungsgrade 46
Feuerungstechnik 145
Flüchtige 49, 85
Flüchtigenabbrand 50, 66
Flüchtigkeitsverhalten
  elementspezifisches temperaturabhängiges 119
Fluff 88
Flugfähigkeit
  des Ersatzbrennstoffs 143
Flugstaub 153
  Schwermetallanreicherung 124
  -brenner 61, 63
  -produktion 61
  -rückführung 61
Flugstromadsorption 103
  mit Herdofenkoks 126
Förderbarkeit
  des Ersatzbrennstoffs 110

G

Gewöllebildung 111
Gipskristallreifung 109

H

Hartpellets 24, 134
HCl-Emissionen 103
Heißgaszyklone 66

Heizwert 89
des Ersatzbrennstoffs 144
Herhof-Trockenstabilatverfahren 16, 36
Anlagen in Deutschland 11

I

ISKA-Verfahren 22
Anlagen in Deutschland 10

K

Kalium 86
siehe auch Alkalimetalle
Kältefalleneffekte 97
Kohleabbrand
in der Staubfeuerung 49
in der Wirbelschichtfeuerung 66
Kohlekraftwerke in Deutschland
Braunkohlekraftwerke 77, 221
Steinkohlekraftwerke 78, 225
Kraftwerke mit Einsatz von Ersatzbrennstoffen
siehe Mitverbrennung in Kohlekraftwerken
Kohlenstaubbrenner 49, 56, 62
Bauarten 49
Kohlenstaubmahlanlage 47
Kohlenstaubmühlen 47
Bauarten 47
Mitzerkleinerung von Ersatzbrennstoffen 152
Verschleiß durch metallische Störstoffe 111
Koksabbrand 50, 66
Koppelprozess 128
Korngröße 88
maximale 143
Korrosion 95, 146, 151
lokal invasive 97
in Wirbelschichtfeuerungen
Bildung von Calciumchlorid 98
Umkehrung des Schwefel-Chlor-Verhältnisses 98, 146
Korrosions
-kennzahlen 97
-potential
in Abhängigkeit vom Feuerungssystem 146
in Staubfeuerungen 97
in Wirbelschichtfeuerungen 98
-schutzmaßnahmen 151
Kraftwerksnebenprodukte
Auswirkungen der Mitverbrennung 152
Schwermetallanreicherung 121
Umweltverträglichkeit und Verwertbarkeit 124

M

M(B)A-Anlagen
in Deutschland 6, 8
Abtrennung von Wertstoffen 30
Deponiefraktionen 29
deutschlandweite Massenbilanz 158, 295
Kapazitäten 8
Massenbilanzen (Beispiele) 38
Outputströme 25, 197
Verfahrenskonzepte 13
verfahrenstechnische Konfiguration 18, 197
MBS-Anlagen
in Deutschland 11
Metallabscheidung
am Kraftwerksstandort 111
Metalle
im Ersatzbrennstoff 110, 152
niedrig schmelzende 112, 151
Mischbrenner 49
Mitverbrennung in Kohlekraftwerken
Auswirkungen auf Kraftwerksbetrieb, Kraftwerksnebenprodukte und Emissionen 86 ff., 150 ff.
Betriebserfahrungen 90
energetische Bewertung 128
Ersatzbrennstoff-Einsatzmengen 2006 und Prognosen bis 2008 160
Ertüchtigungsmaßnahmen 148
limitierende Faktoren 147
Perspektiven 165
Probleme
verfahrenstechnische 90
Schlüsselfaktoren
ökologische 168
verfahrenstechnische 168
wirtschaftliche 168
Stand in Deutschland 70
Substitutionsraten 136, 148
technische Gestaltung 148
verfahrenstechnische Eignung der verschiedenen Kraftwerkstypen 145
vorgeschaltete thermische Aufbereitung 27

Mitverbrennung in Kohlekraftwerken
Kohlekraftwerke mit Mitverbrennung
Dauerbetrieb 72
Versuchsbetrieb 73
Einzelversuche 74
Abbruch der Versuche 75

Berrenrath 73, 103
Boxberg 76
Buschhaus 74, 234
Chemnitz 74
Duisburg 73, 105, 246
Ensdorf 72
Flensburg 76, 104, 108, 113, 250
Herdecke 75
Ibbenbüren 75, 94, 240
Jänschwalde 73, 99, 109, 110, 129, 232
Oberkirch 73, 103, 244
Offenbach 74, 98, 104, 249
Veltheim 62, 73, 93, 239
Wählitz 75, 98, 242
Wedel 58, 75, 91
Weisweiler 74
Werdohl-Elverlingsen 63, 72, 75, 92, 99, 107, 236
Werne 58, 72, 92
Westfalen 72
Mitverbrennung in Zementwerken 27, 165
Monoverbrennung
von Ersatzbrennstoffen 27, 166
MPS-Anlagen
in Deutschland 11

N

Nachbrennrost 54, 94, 145
Nahinfrarot
-Sortiergerät 19
-Spektroskopie 19, 142
Nassascherückführung 55, 94, 145
Nassvergärung 21
Natrium 86
siehe auch Alkalimetalle
NIR-Negativsortierung 19, 142
NIR-Positivsortierung 19, 37, 102, 117, 142
Nutzenergieverhältnis
elektrisches 131

O

Oxidanalyse 106

P

Pelletierung 24
Pelletpressen 24, 144
Perkolationsverfahren 21
Anlagen in Deutschland 10
Primärenergie 5
PVC 99, 142

Q

Quecksilber 125
Emissionen bei der Mitverbrennung 126
Rückhaltevermögen von Kohlekraftwerken 126
Quecksilber-Senke
bei den Kohlekraftwerken 127
in MBA-Prozessen 43

R

REA-Gips 109, 125, 153
REA-Produkte
erhöhte Chloridbelastung 109
RECOFUEL 74
Röntgen-Sortierung 23
Rotteverfahren 20
Rundbrenner 49

S

Salzkohlen 53
Schlackeschmelze 59
Schlagradmühlen 56
Schleierluft 151
Schmelzfeuerung 58
Schmelzgranulat 59
Schmelzkammerfeuerung 59
Schüttdichte 110
Schwefel 86, 102, 106
Gehalte in Kohlen im Vergleich zu Ersatzbrennstoffen 101
Verminderung des Korrosionspotentials 96
Schwefel-Chlor-Verhältnis 97
Umkehrung durch Primärentschwefelung (ZWS) 98, 146

Schwermetalle 87
Abreicherung im Ersatzbrennstoff 142
Eluierbarkeit und damit Umweltverfügbarkeit 125
Emissionen ins Abgas 125
Gehalte in Kohlen im Vergleich zu Restabfall und Ersatzbrennstoffen 116, 275
leichtflüchtige 125
partikelgebundene 127
Senken in Kohlekraftwerken 125
Transferverhalten in Kohlekraftwerken 118
Wiederfindungsraten 121
Schwimmdecke 21
Sekundärenergie 5
Siphon 66
Sorptionsstufe
Nachrüstung 103
Sortierung mit Farbsensoren
im Bereich des sichtbaren Lichts 23
Stabilisierung
mechanisch-biologische 13
mechanisch-physikalische 16
Staubfeuerung 47
Steinkohle-Kraftwerke
in Deutschland 78, 225
Stoffstromtrennanlagen
in Deutschland 8
Stoffstromtrennung 13
Störstoffe 88
brennbare 93, 143
inerte 93, 143
metallische 110, 152
Strahlbrenner 49, 56
Substitutionsraten
in Abhängigkeit vom Feuerungssystem 136, 148
SVZ Schwarze Pumpe 28, 134

T

Teilstromstabilisierung 16, 22
Teilstromvergärung 21
Anlagen in Deutschland 9
Transferfaktoren 118
von Schwermetallen in Kohlekraftwerken 120, 279
Trennerfolg 145
Trockenstabilat 36, 129
Trockenstabilisierung 16
Trockenstaubfeuerung 52
Trockenvergärung 21
Trocknung
biologische 13, 22, 144
thermische 16, 22, 144
Trocknungseffekte
indirekte 144
Trommeltrockner 22

U

U-Schmelzkammerfeuerung 60
Unverbranntes 50

V

Ventilatormühlen 56
Vergärung 21
Verschmutzung und Verschlackung der Kesselheizflächen 53, 105
Verringerung des Anlagenwirkungsgrads und der Verfügbarkeit 106
Verschmutzungs- u. Verschlackungsneigung
Kennzahlen 107
Vollstromstabilisierung 16, 22
Vollstromvergärung 21
Anlagen in Deutschland 9

W

Wassergehalt 86
Wechtenbildung 112
Weichbraunkohlen 52
Wiederfindungsraten
von Schwermetallen 121, 283
Wirbelschichtfeuerung
stationäre 64
zirkulierende 64

X

Xylit 52, 94, 145

Z

ZAK-Verfahren 10, 22
Zementindustrie 27, 166
Zündstabilität 50
Zündung 49
Zusammenbruch
  der Verbrennung 94
  der Wirbelschicht 151
Zweistufen-Schmelzkammerfeuerung 60
Zyklon 66
Zyklonfeuerung 60, 63