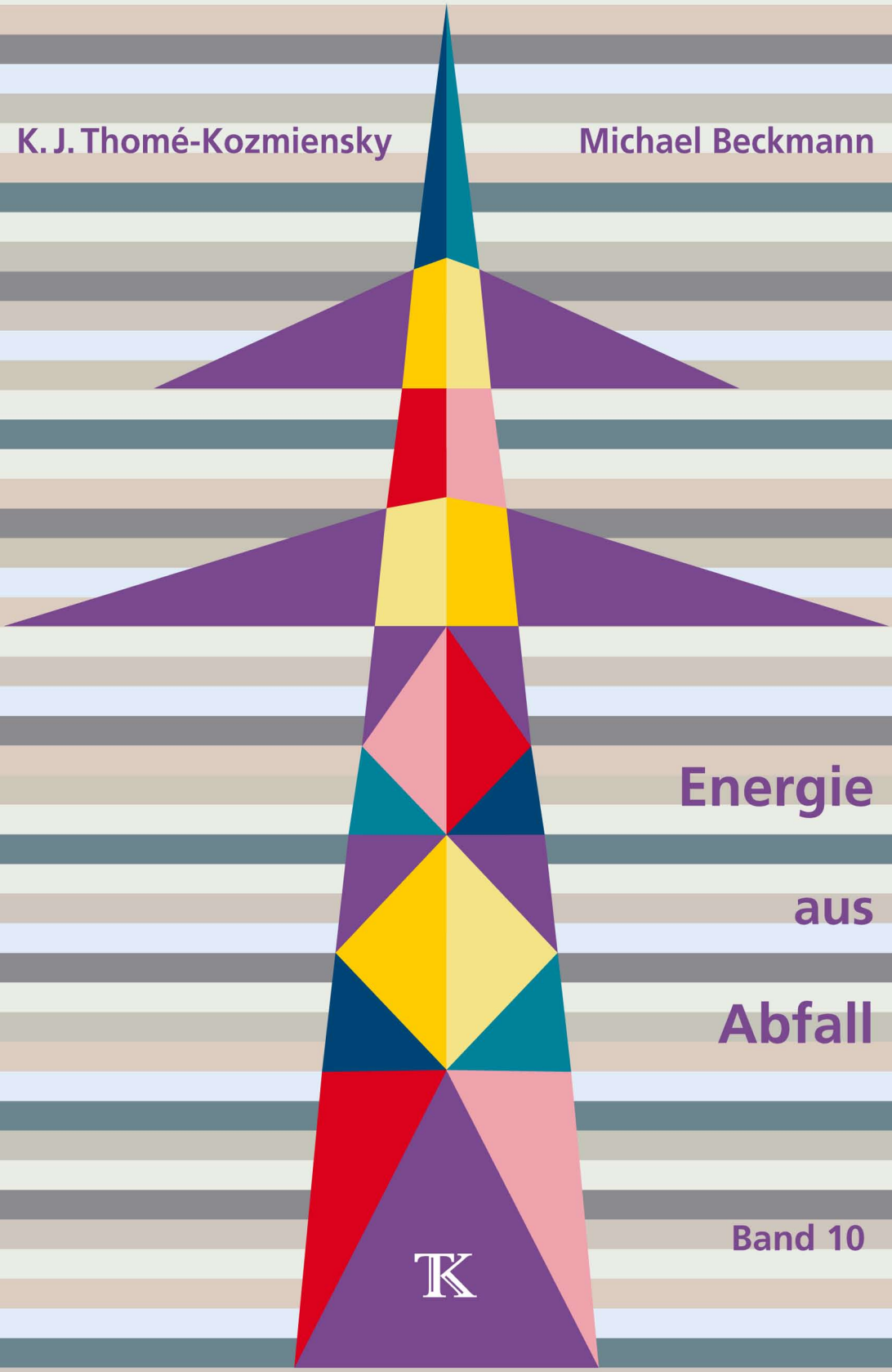
K. J. Thomé-Kozmiensky

Michael Beckmann



Energie aus Abfall

Band 10

TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

Energie aus Abfall

Band 10

TK

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 10
Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.
– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2013
ISBN 978-3-935317-92-4

ISBN 978-3-935317-92-4 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 2013
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Erfassung und Layout: Petra Dittmann, Sandra Peters,
Martina Ringgenberg, Ginette Teske, Ulrike Engelmann, LL. M., Ina Böhme
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.

Errichtung, Ertüchtigung, Betrieb und Prozessregelung

Verbrennung in Wirbelschichtreaktoren
Karl J. Thomé-Kozmiensky 3

Betriebserfahrungen mit großen Abfallverbrennungsanlagen
Thomas Maghon und Walter Schäfers 97

Die geplante Verbrennungs- und Energiegewinnungsanlage für gefährliche Abfälle in Tavsanli/Türkei
Oktay Tabasaran 113

Errichtung der Linie A und teilweise Erneuerung der Infrastruktur im laufenden Betrieb der Abfallverbrennungsanlage Berlin Ruhleben
Alexander Gosten, Ralf Hauser, Bernd Rintel und Jochen Hensel 125

Reorganisation einer kommunalen Abfallverwertungsanlage
Manfred Becker 189

Umbau der MVA Landshut in ein Biomasseheizkraftwerk
Michael Horix und Andreas Schuster 209

Beispielhafte Flexibilität bei der Planung, Koordination und Ausführung am Bauteil einer Abfallverbrennungsanlage
Karl-Jürgen Athens, Heinz-Jürgen Gebhardt und Gunnar Maier 237

Schwachstellen der Feuerleistungsregelung mit neuronalen Netzen
Christian Gierend, Uwe Schneider und Sebastian Georg 253

Prozessregelung in thermischen Abfallbehandlungsanlagen
Michael Maurer 269

IT-Sicherheit in Produktionsnetzen (PDN)
– Aufspüren, einschätzen und beseitigen von Sicherheitsbedrohungen –
Ulrich Neider 287

Energieeffizienz

Emissionsminderung und Steigerung der Energieeffizienz sind kein Widerspruch – NO_x-Minderung durch Primärmaßnahmen mit dem VLN-Verfahren –
Ulrich Martin 303

Synergieeffekte durch die Kombination von Abfallverbrennung und konventioneller Energiegewinnung
Heinz-Gerd Aschhoff, Florian Bornholdt und Michael Horn 317

Dampferzeuger und Korrosionsschutz

PartikelGitterNetzSonde – Korrosionsdiagnose bei der Verbrennung schwieriger Brennstoffe
Martin Pohl, Michael Beckmann, Thomas Herzog, Wolfgang Spiegel, Marie Kaiser und Joos Brell 339

Korrosion in altholzgefeuerten Biomasseanlagen
Wolfgang Müller, Marie Kaiser, Dominik Schneider, Thomas Herzog, Gabriele Magel und Wolfgang Spiegel 359

Permanentes Monitoring der korrosiven Wirkung von Brennstoff-Mix
Christian Deuerling und Barbara Waldmann 379

Strahlungsüberhitzer im Feuerraum zur Effizienzsteigerung – Erste Erfahrungen am MHKW Rosenheim
Reinhold Egeler, Josef Schmidt, Johannes J. E. Martin und Toralf Weber 397

Online-Monitoring von Kesselklopfwerken – Konkrete Ergebnisse –
Alfred Sigg und Felix Koller 413

Wege zu einer optimierten Nassreinigung von Strahlungsheizflächen
Slawomir Rostkowski, Michael Beckmann und Christoph Rinderle 423

Offline- und Online-Verfahren zur Reinigung von Dampferzeugern
Peter Schlossarek und Mirko Wolfram 437

Technischer Stand beim Schweißplattieren
– Neue Erkenntnisse im Überhitzer-Cladding –
Arne Manzke 449

Von Korrosion lernen – Welche Herausforderungen stellt der Betrieb, was ist schweißtechnisch beim Korrosionsschutz durch Cladding machbar? –
Thomas Herzog, Ghita von Trotha und Dominik Molitor 473

Dickschichtvernickelung – die Alternative
– Langzeiterfahrungen –
Ralf Senff-Wollenberg, Johann-Wilhelm Ansey und Frank Reinmöller 489

Langfristerfahrung mit hinterlüfteten Platten über mehr als zehn Jahre
– Ein Überblick –
Manfred Möller und Markus Horn 503

Wärmetechnische Optimierung im Dampferzeuger durch gezielte Auswahl von Feuerfestsystemen – Berechnungen und Bewertungen, Installation des maßgeschneiderten Feuerfestsystems, Ergebnisse aus der Praxis –
Karl-Ulrich Martin, Erik Hofmans, Tobias Kern und Jos van der Hoeff 525

Abgasbehandlung

Konzepte der Abgasreinigungsverfahren
Rudi Karpf, Tina Krüger und Yannick Conrad 537

Darstellung verschiedener Möglichkeiten zur Reinigung von Abgasen aus Abfallverbrennungsanlagen
Christian Fuchs 559

Luftreinhaltung mit Kalkprodukten
Thomas Stumpf, Martin Verfürden, Dirk Heinrich und Konstantin Jung 577

Verwendung von Natriumbicarbonat zur Neutralisation saurer Bestandteile in Abgasen
Thomas Bauer 601

Abgasreinigung mit Natriumhydrogencarbonat – Analyse und Bewertung –
Peter Quicker, Martin Rotheut, Uwe Athmann und Marc Schulten 615

Möglichkeiten und Grenzen des SNCR-Verfahrens – Drei Fallstudien –
Kenneth Villani, Johan de Greef, Joke Goethals, Ian Montauban und Herman van Langenhove 653

Aufrüstung einer 200/- zu einer 100/10 SNCR-Anlage am Beispiel einer Abfallverbrennungsanlage
Reinhard Pachaly und Thomas Reynolds 669

Umrüstung der Abfallverbrennungsanlage Wijster/Niederlande von SCR auf SNCR
Frans Moorman, Bernd von der Heide und Claus Stubenhöfer 683

Bewertung trockener und quasitrockener Sorptionsverfahren anhand von Praxisbeispielen aus dem Anwendungsbereich Verbrennungsanlagen
Rüdiger Margraf 705

Neue Verfahren zur Minderung und Erfassung von Quecksilber-Emissionen in der Abgasbehandlung
Michael Boneß, Rico Kanefke und Bernhard W. Vosteen 727

Entwicklungen der Feinstaubmessung im Bereich der 13. und 17. BImSchV
Detlef Rengshausen und Alexander Hoppert 751

Bergtechnische Verwertung von Abgasreinigungsrückständen aus Verbrennungsanlagen
Rainer Werthmann 761

Biologische & Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung

Energetische Bewertung der Bioabfallverwertung – Nutzung der Biomasse unter den veränderten Rahmenbedingungen innerhalb der Energiewende –
Nils Oldhafer 771

Die Energieeffizienz der Bioabfallbehandlung in Abfallverbrennungsanlagen – energetische Bilanzierung –
Martin Pohl, Daniel Bernhardt und Michael Beckmann 793

Umnutzung einer MBA zur Bioabfallbehandlung
Jan B. Deubig, Gregor Stadtmüller, Michael Greuel und Isabel Deubig 805

Entwicklungspotenzial der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung
Thomas Grundmann und Michael Balhar 823

Verwertung von Ersatzbrennstoffen

Ersatzbrennstoff-Kraftwerke in Deutschland und Österreich
Stephanie Thiel 837

Energetische Nutzung von Solid Recovered Fuels mit Holzhackschnitzeln in einer Rostfeuerung
Piotr Nowak, Hans-Joachim Gehrmann, Helmut Seifert, Stefanie Schubert, Thomas Glorius, Gudrun Pfrang-Stotz und Hanns-Rudolf Paur 855

Energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen in der Wirbelschicht am Beispiel HKW Eisenhüttenstadt – Weltweit größte EBS-Reststoff-Wirbelschicht mit der Powerfluid Technologie –
Bernhard Haimel 869

Verhalten von Ersatzbrennstoffen in dafür konzipierten Industriekraftwerken – Verbrennungsverhalten, Emissionen, anlagentechnische Lösungsansätze –
Hans-Peter Aleßio 885

Klärschlamm

Überblick über die thermische Klärschlammbehandlung – Trocknung, Monoverbrennung und Mitverbrennung –
Falko Lehrmann 901

Klärschlammtrocknung in Deutschland – Stand und Perspektiven –
Jürgen Geyer 927

Bauarten solarer Klärschlammtrocknungsanlagen
Markus Bux 949

Kosten und Wirtschaftlichkeit der Klärschlammtrocknung
Ulrich Jacobs 961

Klärschlammentsorgung – Drehrohranlagen in der Trocknung und energetischen Nutzung von Klärschlamm –
Franz Hormes 977

Planung von Anlagen zur thermischen Klärschlammbehandlung
Felix Trachsel 987

Wertstoffpotential in deutschen Klärschlammaschen
Christian Adam und Oliver Krüger 997

Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen kommunaler Kläranlagen
Carsten Meyer und Heidrun Steinmetz 1015

Klärschlamm-Monoverbrennung mit integriertem Phosphor-Recycling
Klaus Scheidig, Falko Lehrmann, Joachim Mallon und Michael Schaaf 1039

Dank 1049

Autorenverzeichnis 1053

Inserentenverzeichnis 1080

Schlagwortverzeichnis 1091

Verbrennung in Wirbelschichtreaktoren

Karl J. Thomé-Kozmiensky

1. Grundlagen der Wirbelschichttechnik 4

2. Betriebsparameter und Eigenschaften 6

3. Wirbelschichtfeuerungssysteme 11

4. Ofen mit stationärer Wirbelschicht 15

4.1. Raschka-Wirbelschichtofen 24

4.2. Wirbelschichtofen mit Sauerstoffeintrag 27

4.3. Etagenwirbelschichtofen 37

4.4. Ausschreibung eines Wirbelschichtofens für teilgetrocknete Klärschlammverbrennung 43

5. Ofen mit rotierender oder intern zirkulierender Wirbelschicht 61

6. Ofen mit zirkulierender Wirbelschicht 66

7. Hinweise zum Düsenboden 74

8. Emissionen aus der Wirbelschichtverbrennung 77

9. Vergasung in Wirbelschichtreaktoren 78

10. Zusammenfassung 84

11. Quellen 84

Seit ihrer erstmaligen Anwendung für die Kohlevergasung durch Fritz Winkler im Jahr 1921 hat die Wirbelschichttechnik eine eindrucksvolle Entwicklung durchlaufen. Heute wird sie bei chemischen Prozessen, zum Trocknen und Kühlen, zur Vergasung, Verbrennung und Abgasreinigung eingesetzt. In der Feuerungstechnik hat sie sich zunächst bei der Verbrennung von ballastreicher Kohle und Klärschlamm bewährt. In neuerer Zeit wird sie auch für die Trocknung von Klärschlämmen, zur Hausmüllverbrennung – z.B. in Japan und Schweden – sowie zur Vergasung und Verbrennung von Ersatzbrennstoffen, von Biomassen – Holzpellets, Hackschnitzel, Stroh, Kakaoschalen usw. – und von Rückständen aus der Papierfabrikation – z.B. in Deutschland und Österreich – angewandt. Hier wird auf die Verbrennung von Klärschlamm, Ersatzbrennstoffen und Biomassen eingegangen.

1. Grundlagen der Wirbelschichttechnik

Definition: Wirbelschicht ist der Zustand, in dem sich Feststoffpartikel befinden, wenn sie in einem Reaktor durch ein von unten nach oben strömendes fluides Medium von ihrem Festbett aufgewirbelt werden. In Abhängigkeit der Anströmungsgeschwindigkeit stellt sich eine lebhafte Bewegung und Durchmischung der Feststoffpartikel ein. Der Übergang vom Festbett zum Wirbelbett, das sich wie ein Fluid verhält, wird als Wirbelpunkt bezeichnet. Das Wirbelbett ist die technische Voraussetzung für Wirbelschichtverfahren.

Der Wärme- und Stoffaustausch in der Wirbelschicht ist für thermische und chemische Prozesse nahezu ideal.

Die nicht brennbaren festen Bestandteile des vergasten oder verbrannten Abfalls – die Aschen – werden als Bettasche und/oder als Flugstaub mit dem Abgas ausgetragen. Der Flugstaub wird in nachfolgenden Staubabscheidevorrichtungen aus dem Abgas abgetrennt.

Die Abgaswärme wird in herkömmlichen Dampf- und Heißwassererzeugern verwertet.

Zur Erklärung der Vorgänge bei der Entstehung einer Wirbelschicht wird von einer losen Schüttung aus körnigem Material, wie Sand, Asche, Kalkstein ausgegangen, die auf einem Rost ruht, bevor sie von unten mit Primärluft durchströmt wird (Bild 1).

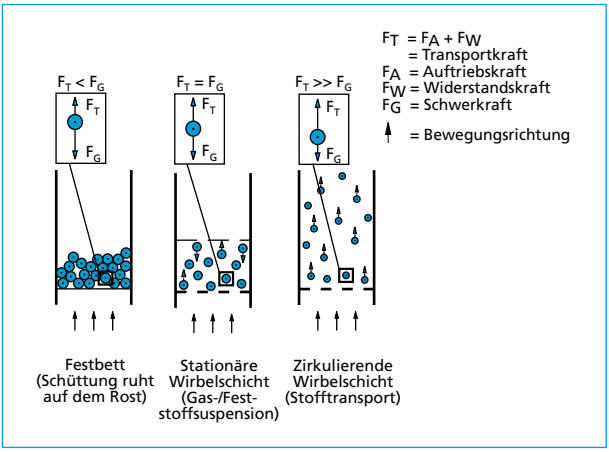


Bild 1:

Kraftwirkung am Feststoffpartikel

Quelle: Chichon, W.: Entwicklungspotential der Wirbelschichtfeuerung für die Emissionsminderung bei der thermischen Abfallbehandlung. Dissertation an der TU Berlin, 1992, S. 42

Mit steigender Anströmgeschwindigkeit lockert sich die Schüttung zunehmend, bis sie sich am Lockerungs-, Wirbel- oder Fluidisierungspunkt im Kräftegleichgewicht zwischen Auftriebskraft und Schwerkraft befindet. Wird die Anströmgeschwindigkeit – Fluidisierungsgeschwindigkeit – weiter erhöht, expandiert die Schüttung und geht in einen Schwebezustand über; dies ist die eigentliche Wirbelschicht. Es stellt sich zunächst eine statische Wirbelschicht mit in etwa definierter Oberfläche ein. Wird die Anströmgeschwindigkeit erhöht, expandiert die Wirbelschicht. Bei weiterer

Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit wird der Austragspunkt überschritten, ab dem die Feststoffpartikel in Abhängigkeit von ihrer Größe und ihrem Gewicht aus dem Reaktor ausgetragen werden. Das Erreichen des Lockerungspunktes sowie die sich tatsächlich einstellenden Transportverhältnisse im Reaktor sind in erster Linie von der Anströmgeschwindigkeit und der Schichthöhe abhängig (Bild 2).

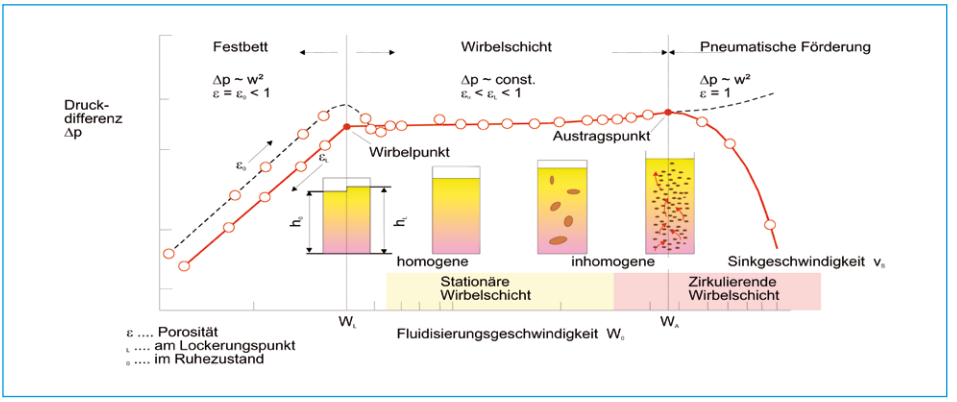


Bild 2: Kennzeichnung Schichtverhältnisse – ausgehend vom Festbett über die stationäre und zirkulierende Wirbelschicht bis zur pneumatischen Förderung – in Abhängigkeit von der Druckdifferenz

Quelle: Brandstetter, G.: Die AE&E-Konzepte für Wirbelschichtfeurungen. Manuskript

Für die einzelnen Phasen ergibt sich damit folgender Verlauf des Druckverlustes.

- Bis zum Erreichen des Lockerungspunktes nimmt der Druckabfall mit steigender Anström- oder Leerrohrgeschwindigkeit zu.
- Nach Erreichen des Fluidisierungszustandes bleibt der Druckverlust bei weiter steigender Gasgeschwindigkeit bis zum Austragspunkt annähernd konstant.
- Mit dem Übergang zum Stofftransport nimmt der Druckabfall erneut zu.

Ein weiteres charakteristisches Merkmal für die Wirbelschicht ist der Verlauf des Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit vom Gasdurchsatz:

- Bis zum Erreichen des Lockerungspunktes steigt der Wärmeübergangskoeffizient im Festbett kontinuierlich an.
- Im Arbeitsbereich der Wirbelschicht steigt er zunächst überproportional. Nach Überschreitung eines Maximalwertes fällt er wieder ab.
- Im Bereich des Stofftransportes nimmt er erneut kontinuierlich zu.

Die als Primärluft durch die im unteren Bereich des Wirbelstromreaktors angeordneten Düsen zugeführte Luft dient zugleich der Ausbildung der Wirbelschicht sowie der Trocknung, der Vergasung oder der Verbrennung. Durch unterstöchiometrische

Schlagwortverzeichnis

A

Abbindemechanismen 766
Abfallbehandlung
  stoffspezifische 823
Abfallbunker 146
Abfalldreieck 889
Abfälle
  gefährliche 113
Abfallverbrennungsanlagen 583
  große 97
  siehe auch MVA
Abfallzuteilung 150
Abgaskondensation 782
Abgasreinigung 169, 537, 559, 615
  halbtrockene 169
  konditioniert trockene 169, 717
  quasitrockene 717
  trockene 717
Abgasreinigungsrückstände
  bergtechnische Verwertung 761
Abgasrezirkulation 662
Abscheidegrad 607
Abscheidung
  saurer Schadgaskomponenten 539, 617
  von Schadgasspitzen 608
Abzehrung 473
Additive 569, 634
Advanced Process Control (APC) 275
Aerosol-Photoemissionssensor 755
Aerosol-Streulichtsensor 754
Akzeptanzsteigerung 204
Altholz 360
Altholzverbrennungsanlagen 359
Ammoniakschlupf 666, 672, 697
Ammoniakwasserverbrauch
  spezifischer 696
Anaerobtechnik 832
Anlagenbetrieb 896
Anlagenleistung
  Möglichkeiten zur Erhöhung 108
Anlagenrückbau 228
Anlagenumbau 229
Anlagenverfügbarkeit 504, 571, 698
APC-Methoden 276
Asche-Inertisierungsverfahren 882
Aschequalität 881
Asche-Salz-Proportionen 375
Ascheverwertung 1001
ASP-Klassierung 375
Aufmischung 452
Ausschreibung 134, 992

B

Bandtrockner 929, 962
Bauherrenfunktion 134
Baustoff-Industrie 1039
Bautechnik und
  technische Gebäudeausrüstung 250
Bauteil 237
Bauzeitverkürzung 244
Beläge 473, 437
Belagsbildung 339, 359, 423
Belagsbildungs- und Korrosionspotential 339
Belagsmonitor 375
Belagsschicht 431
Bergbau-Baustoffe 768
Beriebswerte 192
Betriebskosten 572
BICAR 601
Bioabfall
  Brennstoffeigenschaften 795
Bioabfallbehandlung 818
  in MVA
    Energieeffizienz 793
Bioabfallverwertung
  energetische Bewertung 771
Biomasse 771
Biomasseanlagen
  altholzgefeuerte 359
Biomassebeschaffung 220
Biomassefeuerungen 779
Biomasseheizkraftwerke 359
  Wirkungsgradoptimierung 776
Biomassespeicherkraftwerk 786
Bleisalz 362
Brennstoff
  kritischer 874
Brennstoffakquisition 220
Brennstoffanalysen 856
Brennstoffbunker 245
Brennstoffcharakterisierung 888
Brennstoff-Feuerungs-
  Wechselwirkungen 368
Brennstoff-NO_x-Bildung 305
Bunker 148
Bunkerkrananlage 149
Bunkervolumen 148

C

CAES 786
Charakterisierung
verbrennungstechnische 859
Chlorfrachten 877
Chlorgehalt im Brennstoff
Bestimmung 866
Cladding 159, 364, 450, 473
CMT-Technik 458
CO_2-Abscheidung 594
Cold Metal Transfer 458
Control Performance System 280

D

Dampferzeuger 111, 155
Reinigung 162, 437
DeNOx-Anlage 141
Dickschichtvernickelung 489
galvanische 490
Dickstoffversatz 765
DRANCO-Vergärungsanlage 809
Drehrohr 119, 977
Drehrohrtrockner 980
Drehrohrtypen 978
Druckluftspeicherkraftwerk (CAES) 786
Druckstrahleinrichtung 442
Düsenboden
geschlossener 70
offener 70

E

EBS-KW Eisenhüttenstadt 238, 869
Echtzeit-Korrosionsmessung 380
Effizienzsteigerung 397
Eindüsebenen für SNCR 688
Eisenaufmischung
Reduzierung 479
Emissionen
marine 592
Emissionsminderung 580
Endüberhitzer 160, 409
Energieaustauschverhältnis 793
Energieeffizienz 230, 303, 609, 641
der Bioabfallbehandlung in MVA 793
der MBA-Technologie 829
Energiegewinnung
konventionelle 317
Entsorgungsautarkie 190
Entsorgungssicherheit 190
Entstickung 171, 545
Erosion 365
Erosionskorrosion 365, 473
Ersatzbrennstoffe
824, 828, 855, 869, 885, 927
Mitverbrennung mit Biomasse 855
Ersatzbrennstoff-Kraftwerke
in Deutschland 837
in Österreich 848
siehe auch EBS-KW
Ersatzbrennstoff-Spezifikationen 845
Ersatzinvestition 128
Etagenofen zur Klärschlamm-
verbrennung 912
Etagenwirbelschichtofen 35
zur Klärschlammverbrennung 913

F

Factory Acceptance Test 184
Fällungsverfahren 1028
Faulgas 946
Feinstaubmessung 751
Fernwärme 843, 849
Fernwärmenetz
Ausbau 231
Fertigteilbauverfahren 249
Feuerfestauskleidung 159, 504, 525
Feuerintensität 253
Feuerlage 253
Feuerlänge 253
Feuerleistungsregelung 253, 281
Feuerraum 527
Feuerungsleistungsdiagramm 888
Feuerungsregelung 253
Feuerungssystem 843
Flammspritzen 461
Flexibilität 237
Fließbettkühler 65
Flingern´sches Korrosionsdiagramm 474
Flugstrom-Reaktionsstrecke 169
Fluidisierungspunkt 4
Fraktion
heizwertreiche 828
Fuzzy Control 253

G

Gasturbine 333
Genehmigungswerte 192
Generalunternehmer(GU)-
Ausschreibung 134
Gewebefilter 555
Grenzwerte 192
GuD-Anlagen 323

H

Hamburgisches WeltWirtschaftsInstitut 318
Heizkraftwerk Berlin 126
Hilfskondensator 167
HKW Eisenhüttenstadt 869
Hochtemperatur-Korrosionssensor 383
Holzhackschnitzel 222, 855
Hybridverfahren 567

I

Inbetriebsetzung 183
Industriefeuerungsanlagen 590
Industriekanone 440
Industriekletterer 443
Industriekraftwerke 885
Instandhaltung/Wartung 571
Investitionen 572
IT-Sicherheit 287
IT-Sicherheitsaudit 297

K

Kalkhydrat 617
hochaktives 588
Stöchiometriefaktoren 637
Kalkprodukte 583
Katalysatoren 684
Kessel-Klopfwerk 413
Kessel-Reinigung 437
Kesselreisezeit 504
Kläranlagen
kommunale 1015
Klärschlamm 961, 1000
Behandlung 36
thermische 901, 987
Entsorgung 977
integrierte Verbrennung
in einer MVA 989
Mineralisierung mit dem Pyrobuster-
Verfahren 914
Mitverbrennung in einer MVA 988
Mitverbrennung in einem Kraftwerk 921
Monoverbrennung 910, 989, 1039
Trocknung 907, 927, 932, 961, 980, 988
Klärschlammaschen 997
solare 949
Klärschlammgranulat 927
Klärschlammtrocknungsanlagen
in Deutschland 908
Klärschlammverbrennungsanlagen 1002
Klärschlammverwertung 1000
Klima- und Ressourcenschutz 826
Klopfwerke 413
mechanische 415
pneumatische 415
Klopfwerküberwachung 416
Kohlekraftwerke 961
Kontakttrockner 979
Konvektionstrockner 962
Konverterschlacken 1012
Kooperation 814
Kopf-Vergasungsverfahren 915
Kopf-Wirbelschichtvergasung 916
Korrosion 359, 398, 874
Korrosionsdiagnose 339
Korrosions-Früherkennung 374
Korrosionsmechanismen 368
Korrosionsmessung 381
Korrosionsminderung 364, 494
Korrosionsmonitoring 374, 379
Korrosionsrate 381, 388
Korrosionsrisiko 339, 858
Korrosionsschutz 158, 473
Kraft-Wärme-Kopplung 843, 849
Kraftwerke 584
Mitverbrennung von Klärschlamm 921
Kristallisationsverfahren 1028
kritische Rohstoffe 999
Künstlich Neuronale Netztechniken KNN 254

L

Landschaftsbau 1039
Landschaftspflegematerial 220
Landwirtschaft 596

Laständerungsverhalten 775, 791
LEACHPHOS-Verfahren 1007
Lockerungspunkt 5
Luftreinhaltung 577

M

Markt 318
Massenumsatzrate 860
MBA
  Umnutzung zur Bioabfallbehandlung 805
MBA Kapiteltal 807
Mechanisch-biologische
  Abfallbehandlung 823
Mechanisch-biologische Stabilisierung 823
Mechanisch-physikalische Stabilisierung 823
Mephrec-Verfahren 1009, 1039
Mitverbrennung
  von Ersatzbrennstoffen
    mit Biomasse 863
  von Klärschlamm 921
Monitoring der korrosiven Wirkung 379
Monoverbrennung 1001
Monoverbrennungsanlagen 961
Montageendkontrolle 183
MPA Burgau 982
MVA
  Berlin Ruhleben 125
  Bonn 189
  Landshut 209
  Rosenheim 397, 404
  Wijster 683

N

Nassreinigung
  von Strahlungsheizflächen 423
Nasswaschverfahren 565, 582
Natriumbicarbonat
  (Natriumhydrogencarbonat)
    601, 615, 622, 719
  Stöchiometriefaktoren 638
Natriumsalze 766
Neuro-Fuzzy-System-Technologie 264
neuronale Netze 253, 277
Neutralisierung von sauren Gasen 560
Nickelbasislegierungen 474
Nickelpreis 160
Niederdruck-Dampfsystem 164
Niedertemperaturtrockner 936
NIR-Technik 827, 858
NO_x-Bildung 305
NO_x-Minderung 305, 683
  Primärmaßnahmen 303

O

Offline-Sprengreinigung 443
Online-Monitoring
  von Kesselklopfwerken 413
Online-Sandstrahlreinigung 441
Online-Sprengreinigung 439
Organic Rankine Cycle 785
Organisationsstruktur 189

P

Papierfabriken 844
Partikelbildung 344
Partikelfreisetzung 340, 344
Partikelgitternetzsonde 339, 375
Partikelwachstum 344
PASCH-Verfahren 1006
Phosphat-Dünger 1021
Phosphat-Erze 1039
  Reserven 1017
Phosphat-Importe 1040
Phosphat-Schlacke 1044
Phosphor 998, 1016
Phosphor-Bedarf 1019
Phosphor-Quellen
  sekundäre 1022
Phosphor-Rückgewinnung 1005, 1015, 1039
  aus Klärschlamm 989
PID-Regler 278
Plattensystem 525
  hinterlüftetes 400, 503
Powerfluid-Technologie 869
Primär- und Sekundärluftsystem 152
Produktionsdatennetze 287
Projekt ERIN 129
Projektorganisation 174
Prozessdampf 843, 850
Prozessdampfauskopplung 320
Prozessregelung 269
Pyrolyse 577, 982

Q

Quadwirbel 154
Quasitrocken-Verfahren 563

R

R1-Faktor 304
Raschka-Wirbelschichtofen 22
Reagenzienverbrauch 665
Reaktionsfrontgeschwindigkeit 802
Reaktionsprodukte
  Recycling 612
Reduktionsmittellager 691
Regelenergie 791
Regelgüte 279
Regelstrategien 274
Reinigung
  von Dampferzeugern 162, 437
Reinst-Nickel 491
Ressourceneffizienzprogramm 1021
Ressourcen- und Klimaschutz 826
Reststoffe 640
Rohphosphatproduktion 998
Rohrbündeldrehrohrtrockner 980
Röhrenspeicher 788
Rohrwandschutz 505
Rohstoffe
  kritische 999
Rost 99, 108, 150
Rostelement 152
Rostfeuerung 843, 855, 894
  zur Klärschlammverbrennung 916
Rostnomogramm 895
Rosttraggrundrahmen 152
Rostwagen 152
Rückstände 570

S

Salzschmelze 371
Sandstrahlreinigung 441
Sauerstoffanreicherung 29
Sauerstoff-Schmelzvergasung 1039
Schadgasspitzen 608
Scheibentrockner 962
Schlackebunker 150
Schutzgas 453
Schwefeltrioxid 582
Schweißbild 485
Schweißdraht 453
Schweißplattieren 449
Schweißposition 453
Schweißtechnik
  Optimierung 478
SCR 142, 684
  Umrüstung auf SNCR 683
  Vergleich zur SNCR 699
Sekundärbrennstoffe
  siehe Ersatzbrennstoffe
Sekundärlufteindüsung 153
selektive nichtkatalytische Reduktion
  (SNCR) 669
SiC-Formstein 400
Sicherheitskonzept 295
Siliziumcarbid (SiC) 506
SNCR 653, 669, 674, 685
SNCR-Injektionslanzen 665
Solardelle 773
Solartrockner 930, 936, 964
Solid Recovered Fuels
  siehe Ersatzbrennstoffe
SOLVAir-Trockenverfahren 601
Sonderabfallverbrennungsanlage 113
Sorptionsfilter 555
Sortiertechnik 832
Speisewassersystem 163
Sperrluft 400
Sprengreinigung 439
Spritzschichten
  thermische 365
Sprühabsorber 169
Sprühreinigungssystem 163
Sprühsorption 709
Stabilisierung
  mechanisch-biologische 823
  mechanisch-physikalische 823
Stapelversatz 765
Stickoxidverbindungen
  Bildungsmechanismen 305
  Reduzierung 305, 683
Stöchiometrie 634, 706
Strahlungsüberhitzer 397
  korrosionsgeschützter 400
Strahlungszüge 423
Strom- und Dampfauskopplung 320
Stuttgarter Verfahren 1030

T

Temperaturmessung
akustische 687
Thermphos 1009
TIG Washing 482
Trockensorption 539, 560, 585, 708
konditionierte 709
Trocknung 928, 933, 962, 968, 977, 988
der Biomasse 782
Energiebedarf 979
solare 951
von Klärschlamm 907, 929, 950
Trommel 156
Trommeltrockner 962
Tropfenverhalten 425
Türkei 113
TwinRec-Verfahren 74

U

Überhitzer 157, 161, 399
Überhitzer-Cladding 449
Umnutzung von MBA-Anlagen 833
Umschluss-Konzept 183

V

Verbrennungsverhalten 892
Verbrennungsvorgang
Optimierung 253
Verdampfer 156
Verfügbarkeit 504, 571, 698
Vergabe 992
Vergärung 809
Vergasung
in Wirbelschichtreaktoren 74
Verhandlungsverfahren
mit Aufruf zum Wettbewerb 134
Versatzmaterialien 768
Verschlackungsverhalten 858
Verschmutzungen 439, 858
Verwertung
bergtechnische 764
Very Low NO_x-Verfahren (VLN) 303, 306
Vorschubrost 151

W

Wandabzehrung 362
Wandüberhitzer 400
Wärme-Kraft-Kopplung 320
Wärmestrom 474
Wärmetauscher 155
Wartung 571
Wäscher 543
Wasserstrahlhöchstdrucktechnik 445
Wassertropfen 426
Windbox 22
Wirbelschichtfeuerung 9, 850, 869, 910
rotierende 59, 844
stationäre 13, 837, 911
zirkulierende 64, 843, 871
Wirbelschichtreaktor 3
mit Sauerstoffeintrag 25
Wirbelschichttechnik
Grundlagen 4
Wirbelschichttrockner 929, 962
Wirbelschichtvergaser 74
Wirkungsgradsteigerung 780
für Biomassefeuerungsanlagen 785
Wirtschaftlichkeit 572
Wurfbeschicker 23

Z

Zementwerke 961
Mitverbrennung von Klärschlamm 923
Zündrate 860
Zwischenüberhitzung 782
Zyklonschmelzkammer 74