K. J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

Energie aus Abfall

Band 13

TK

Karl J. Thomé-Kozmiensky
Michael Beckmann

Energie aus Abfall

Band 13

TK

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann (Hrsg.):
Energie aus Abfall, Band 13

ISBN 978-3-944310-24-4 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 2016
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: Sandra Peters, Ginette Teske, Janin Burbott-Seidel, Anne Kuhlo,
Carolin Bienert
Druck: Universal Medien 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.

Vorwort

Im Abfallverbrennungsmarkt gab es im Laufe des Jahres 2015 grundlegende Veränderungen. Der überwiegende Teil der Anlagen wird inzwischen an der oberen Grenze ihrer Verbrennungskapazität betrieben. Die durchschnittliche Anlagenauslastung liegt deutschlandweit derzeit nahe hundert Prozent. Bei einer Mitgliederumfrage der ITAD für 2015 gaben etwa 39 Prozent der antwortenden Betreiber für ihre Anlage einen Auslastungsgrad von 95 bis 100 Prozent an, etwa 48 Prozent nannten einen Auslastungsgrad von 100 bis 105 Prozent und etwa zehn Prozent erreichten sogar über 105 % Auslastung.1

Die Verbrennungskapazität für Siedlungsabfälle in Abfallverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoff-Kraftwerken liegt in Deutschland bei etwa 25 Mio. Tonnen pro Jahr. Hinzu kommen Mitverbrennungskapazitäten für aufbereitete Siedlungsabfälle in Zementwerken und Kohlekraftwerken, wobei hier zum Teil hohe anlagenspezifische Anforderungen an die Ersatzbrennstoff-Qualität einzuhalten sind. Vorbehandlungskapazitäten in Anlagen zur mechanisch(-biologisch)en Abfallbehandlung, mechanisch-biologischen Stabilisierung und mechanisch-physikalischen Stabilisierung stehen in einem Umfang von etwa 6 Mio. Tonnen pro Jahr zur Verfügung.

Die verfügbare Verbrennungskapazität ist angesichts des gestiegenen Abfallaufkommens knapp.

Zum Anstieg der Abfallmengen für die energetische Verwertung tragen vielfältige Einflussfaktoren bei.

Bei den gewerblichen Mengen spielt die gute Konjunktur im produzierenden Gewerbe eine entscheidende Rolle. Zudem haben die milden Winter 2013/14 und 2014/15 einerseits zu einem erhöhten Aufkommen an Abfällen aus dem Bau- und Gewerbebereich beigetragen. Andererseits habe die milde Witterung nach Aussagen aus der Entsorgungsbranche dazu geführt, dass die Winterlager nicht aufgebraucht wurden und im Zusammenwirken mit den anderen Marktfaktoren volle Zwischenlager bei den Abfallentsorgern die Folge sind.

Auch die kommunalen Abfallmengen haben mancherorts zugenommen, insbesondere die Sperrmüllmengen. Als möglicher Grund wird das niedrige Zinsniveau genannt, das den privaten Konsum ankurbelt und dazu animiert, beispielsweise neue Gebrauchsgegenstände oder Möbel anzuschaffen und Häuser bzw. Wohnungen zu renovieren. Regional kann auch die Aufnahme vieler Flüchtlinge zu einem erhöhten Abfallaufkommen beitragen.

Zudem haben die Abfallimporte nach Deutschland zugenommen. Die Importmengen stiegen laut ITAD von etwa 400.000 Tonnen im Jahr 2010 auf etwa 1,3 Mio. Tonnen im Jahr 2014 an. Für 2015 wurde zuletzt eine Jahresmenge von gut 1,2 Mio. Tonnen prognostiziert – als Haupt-Ursprungsländer wurden Großbritannien und die Beneluxstaaten identifiziert. Geringere Mengen sollen zudem unter anderem aus Irland, Polen und Italien kommen.

Zusätzlich zu den direkt von Deutschland importierten Abfällen ist noch ein weiterer Aspekt von Bedeutung, der die Marktsituation indirekt beeinflusst. Großbritannien exportiert auch erhebliche Mengen in die Niederlande. Dies führt zu einer Verdrängung von deutschen Abfallströmen, die früher in niederländischen Abfallverbrennungsanlagen verbrannt wurden und nun wieder in den deutschen Markt zurückgedrückt werden.

---

[1] Nur etwa 3 Prozent der antwortenden Betreiber gaben eine Auslastung von 90 bis 95 Prozent an, niedrigere Auslastungsgrade wurden von keinem Betreiber genannt.

Zur Vermeidung zusätzlicher Entsorgungsengpässe durch Revisionsstillstände haben im vergangenen Jahr eine Reihe von Betreibern ihre Anlagenrevisionen verschoben, um zusätzliche Abfallmengen entsorgen zu können.

Auf der anderen Seite wurde im Rahmen von Euwid-Umfragen über eine Häufung von Anlagenausfällen im vergangenen Sommer berichtet, die infolge zahlreicher Bunkerbrände sowie anderer technischer Probleme auftraten. Als Ursachen wurden einerseits die außergewöhnlich hohen Temperaturen in den Monaten Juli und August genannt. Andererseits wurde auch angeführt, dass manche Anlagenbetreiber in den Vorjahren aufgrund der seinerzeit niedrigen Entsorgungspreise weniger in ihre Anlagen investiert hätten. Dieser Investitionsstau hätte teilweise zu ungeplanten Stillständen oder einer nunmehr verlängerten Revisionsdauer geführt. In Norddeutschland kam die planmäßige Schließung der MVA Hamburg Stellinger Moor im Juni 2015 hinzu, wodurch 165.000 Tonnen pro Jahr Entsorgungskapazität entfielen.

Nachdem bereits 2014 eine Preiswende auf dem Spotmarkt für Gewerbeabfälle zu verzeichnen war, hat die weitere Verknappung der Verbrennungskapazitäten im Jahr 2015 zu einem drastischen Anstieg der Entsorgungspreise für gemischte Siedlungsabfälle aus dem gewerblichen Bereich geführt. Die von Euwid im Herbst/Winter durchgeführte Marktumfrage ergab, dass in weiten Teilen Deutschlands Abfälle zur Verwertung für 80 bis 100 Euro pro Tonne angenommen werden, vereinzelt auch zu höheren Preisen, während zwei bis drei Jahre zuvor noch 40 bis 60 Euro pro Tonne üblich waren. Dagegen seien infolge des guten Geschäfts im Gewerbebereich zugleich in einer Reihe von Abfallverbrennungsanlagen die Annahmepreise für Kommunalabfälle zur Beseitigung gesenkt worden – auch bei Neuausschreibungen.

Angesichts der dargestellten Entwicklungen geht der Trend auf dem Entsorgungsmarkt wieder hin zu längerfristigen Verträgen – auch bei den Gewerbeabfällen. Der Spotmarkt hat erheblich an Bedeutung verloren.

Auch wird berichtet, dass in der Entsorgungsbranche die Ballierung und Zwischenlagerung von Abfällen für eine spätere Verbrennung wieder ein Thema geworden ist – wie seinerzeit nach dem Stichtag 1.6.2005, ab dem in Deutschland keine Siedlungsabfälle mehr unbehandelt auf Deponien abgelagert werden durften.

Weitet man den Blick über die Grenzen Deutschlands hinaus nach Europa, so gaben 2015 laut dem Branchenbarometer von Ecoprog drei Viertel der MVA-Betreiber an, dass die aktuelle Auslastung ihrer Anlage verhältnismäßig hoch sei. Auch hier wird von gestiegenen Abfallmengen und einer erhöhten Nachfrage auf dem Spotmarkt berichtet.

Hinsichtlich der Abfallströme zwischen den Ländern ist die Datenlage komplex. Für den europäischen Verbrennungsmarkt sind insbesondere Großbritannien als Abfallexporteur und Schweden als Abfallimporteur von großer Bedeutung.

Der britische Markt ist sowohl bezüglich des Anlagenbaus als auch bezüglich von Abfallexporten in Bewegung. Nach den zuletzt veröffentlichten Zahlen der CEWEP waren 2013 in Großbritannien 26 Waste-to-Energy-Anlagen[2] in Betrieb, in denen 6,1 Mio. Tonnen Abfälle behandelt wurden. Die Fertigstellung neuer Anlagen wird vorangetrieben. Allein im vergangenen Jahr sollten laut Ecoprog neue Kapazitäten von rund eineinhalb Millionen Tonnen pro Jahr in Betrieb gehen. Noch reichen die vorhandenen Kapazitäten allerdings nicht aus, um das Abfallaufkommen im Land zu entsorgen. Vor dem Hintergrund der

[2] ohne Verbrennungsanlagen für gefährliche Abfälle

steigenden Deponieabgabe ließ die britische Umweltagentur – Environment Agency – in der ersten Jahreshälfte 2010 den Export von Ersatzbrennstoffen aus aufbereiteten Siedlungsabfällen zu. Binnen kurzem begannen die Vorbehandlung von Siedlungsabfällen und der Ersatzbrennstoff-Export. Hauptabnehmer sind derzeit die Niederlande, Deutschland und Schweden. Zuletzt wurde ein neuer Entsorgungsvertrag mit der Grafschaft Norfolk bekannt. Er umfasst den Export von 160.000 Tonnen Ersatzbrennstoff pro Jahr nach Deutschland und in die Niederlande. Die Lieferungen sollen im April 2016 beginnen, die Laufzeit des Vertrags beträgt vier Jahre. Zumindest in diesem Falle beschränkt sich die Aufbereitung lediglich auf die Abtrennung der Metalle. Bei dem Ersatzbrennstoff wird es sich also um metallentfrachteten kommunalen Restabfall handeln.

Während Großbritannien den Ausbau seiner Entsorgungskapazitäten vorantreibt, um zukünftig die Entsorgungssicherheit im eigenen Land sicherzustellen und von ausländischen Abnehmern unabhängig zu sein, bleiben in vielen anderen europäischen Ländern die notwendigen Investitionen weiterhin aus. Anstatt auf die Umsetzung der abfallwirtschaftlichen Regelungen der EU-Gesetzgebung hinzuarbeiten, setzen diese Länder die Deponierung unvorbehandelter Siedlungsabfälle in großem Umfang weiter fort. Inwieweit der neue Kommissionsentwurf zum Kreislaufwirtschaftspaket hier wirksame Impulse geben wird – etwa durch die Begrenzung der Ablagerungsquote für Siedlungsabfälle auf maximal zehn Prozent ab dem Jahr 2030 –, bleibt abzuwarten.

Für den Abfallverbrennungsmarkt in Deutschland ist derzeit noch nicht abzusehen, wann eine Trendwende einsetzen wird. Eine schnelle Entspannung der Kapazitätsengpässe ist nicht zu erwarten. Der überwiegende Teil der Anlagenbetreiber erwartet für dieses und nächstes Jahr keine signifikanten Veränderungen des Auslastungsgrads ihrer Anlagen. Hinzu kommt, dass 2016 und in den darauffolgenden Jahren viele Erstvergabeverträge für kommunalen Restabfall auslaufen werden, so dass die Neuvergabe erheblicher Mengen bevorsteht. Bereits im vergangenen Jahr hatten einige MBA-Betreiber Aufträge an Abfallverbrennungsanlagen verloren. Durch die anstehenden Neuvergaben könnten sich möglicherweise weitere Verschiebungen ergeben. Aber auch die weitere Entwicklung der vielfältigen anderen Faktoren wie Witterung, Konjunktur, Zinsniveau, Export- und Import-Aktivitäten der Nachbarländer usw. wird das Marktgeschehen beeinflussen. Es bleibt spannend.

Januar 2016

Professor Dr. Dr. h.c. Karl J. Thomé-Kozmiensky *Dr.-Ing. Stephanie Thiel*

Inhaltsverzeichnis

Anlagen – Konzepte, Ertüchtigung und Betrieb

Industrie 4.0 – Bedeutung für die Abfallwirtschaft
Görge Deerberg, Matthias Franke, Katharina Reh, Stephanie Kroop, Asja Mrotzek-Blöß und Torsten Müller 3

Waste-to-Energy 4.0
Michael Beckmann, Tobias Widder, Christoph Pieper und Konrad Treppe 29

Konzept zur Integration einer Monoklärschlammverbrennung in das Abfallentsorgungszentrum Asdonkshof
Yves Noël, Jan Stockschläder, Peter Quicker, Jens Harpeng, Hans-Georg Kellermann und Peter Bollig 43

Umfassende Sanierung und Umbau des MHKW Ludwigshafen nach Großbrand
Thomas Grommes 55

Bunkerbrand im Ersatzbrennstoff-Kraftwerk Rüdersdorf – Ursache, Verlauf und Konsequenzen zur zukünftigen Brandvermeidung –
Harald Lehmann 71

Umbau und Erneuerung der Primärluftzuführung und Rostentaschung in der AVA Velsen
Ekkehard Orloff 91

Abfall ist nicht gleich Abfall – Je vielfältiger der Brennstoff ist, umso komplexer die Chemie – Ein Erfahrungsbericht zu Primärmaßnahmen zur NO_x-Minderung –
Ulrich Martin und Wolfgang Schmidt 101

Destruction of the Flame Retardant HBCD in a Full-Scale Municipal Solid Waste Incinerator
Frank E. Mark, Jürgen Vehlow, Hans Dresch, Bogdan Dima, Werner Grüttner und Joachim Horn 121

Entsorgung von Carbonfasern – Probleme des Recyclings und Auswirkungen auf die Abfallverbrennung –
Marco Limburg und Peter Quicker 135

Rost und Dampferzeuger

Kostenoptimierung durch Einsatz von flexiblen Rostsystemen in Kombination mit modernen Kesselkonzepten
Jochen Poschlod und Werner Auel 147

Hundert Jahre Stufenrost-Entwicklung – Innovationsbeschreibung einer neuen Rostfeuerung –
Joachim Kümmel 163

Verschmutzung und optimierte Abreinigung der Heizflächen in der Abfallverbrennungsanlage Coburg
Matthias Reiche, Franziska Graube, Sebastian Grahl, Michael Beckmann, Marie Kaiser, Stephan Taubner, Wolfgang Spiegel, Michael Schindhelm und Peter Baj 173

Offline-Reinigung von Dampferzeugern mit Wasser
Jörg Krüger und Sascha Krüger 189

Erhöhung der Verfügbarkeit – Untersuchung der Abzehrung mittels selektiver Messungen der Restwanddicke
Dominik Molitor 205

Korrosion und Werkstoffe

An- und Abfahrvorgänge – eine Herausforderung für feuerfeste Auskleidungen
Gabriele Magel und Wolfgang Spiegel 223

Technischer Stand beim Schweißplattieren – Cladding 2.0 –
Arne Manzke 243

Metallische Schutzschichten zur Minimierung von Dampferzeugerkorrosion – Erfahrungen mit dem thermischen Spritzen –
Franz Kremsner und Reinhard Polak 271

Monitoring

Online-Anlagen-Monitoring als Assistenzsystem für den Anlagenfahrer
Martin Pohl und Tao Wen 289

Technisches und wirtschaftliches Potenzial der Online-Bilanzierung
Philip Reynolds und Claas Günther 303

Neue Entwicklungen für ein effizientes SNCR Überwachungs- und Regelungssystem unter Auswertung des NO_x Massenstrom-Profils
Bernd von der Heide 319

Künstlich Neuronale Netze zur Hochdruckdampf-Temperaturreglung
Christian Gierend, Sebastian Georg, Reinhard Schreiner, Robert von Raven und Martin Murer 333

Abgasbehandlung

Energieoptimierung von Abgasreinigungsanlagen am Beispiel einer Bestandsanlage
Tibor Füle 347

Dauer- und Spitzenabscheidung von SO_2 mit $NaHCO_3$ – einfach und effizient
Bernd Morun und Paul-Udo Schmidt 361

Eine neue Generation der Very Low Temperatur SCR für Abfallverbrennungsanlagen – Erste Erfahrungen bei Betriebstemperaturen von 140 °C –
Christophe Paulet, Frank Tabaries und Christian Fuchs 377

Quecksilberabscheidung hinter Abfallverbrennungsanlagen – welche Perspektiven bietet die Forschung?
Margot Bittig, Stefan Haep und Dieter Bathen 389

CO_2-Abscheidung und Wiederverwendung in einer Abfallverbrennungsanlage
Patrick Huttenhuis, Andy Roeloffzen und Geert Versteeg 401

Wo treibt uns der CO_2-Wahnsinn hin?
– Ist eine CO_2-Abscheidung hinter Abfallverbrennungsanlagen wirklich zielführend? –
Rudi Karpf und Volker Dütge 413

Ersatzbrennstoffe

Entwicklungen zur Echtzeitanalytik von Ersatzbrennstoffen
Peter Krämer, Sabine Flamme, Stefanie Schubert,
Hans-Joachim Gehrmann und Thomas Glorius 441

Brikettierung überlagerter Lebensmittel zu Ersatzbrennstoffen
und Verbrennungsverhalten in Abfall-, Ersatzbrennstoff- und Biomassekraftwerken
Christian Gierend, Sebastian Georg und Uwe Schneider 459

Entwicklung eines Entaschungssystems
mit gezielter Nachverbrennung für Steinkohlefeuerungen
Astrid Gremme, Andreas Ohliger, Julia Behling, Philipp Danz,
Frederik Bambauer und Siegmar Wirtz 481

Gefährliche Abfälle

Verbrennung von gefährlichen Abfällen in thermischen Behandlungsanlagen
aus Betreibersicht
Peter Bollig und Marco Platen 507

Vergleichende Darstellung der Verbrennung in Rostfeuerung und Drehrohr
Andreas Neuss und Horst Suchomel 519

Behandlung anspruchsvoller gefährlicher Abfälle
in einer stationären Wirbelschichtfeuerung
Josef Stubenvoll 539

Dank 557

Autorenverzeichnis 561

Inserentenverzeichnis 581

Schlagwortverzeichnis 591

Industrie 4.0 – Bedeutung für die Abfallwirtschaft

Görge Deerberg, Matthias Franke, Katharina Reh, Stephanie Kroop,
Asja Mrotzek-Blöß und Torsten Müller

1. Das Konzept *Industrie 4.0* 3

2. Umsetzung in der Produktion 8

3. Erste Ansätze von *Industrie 4.0* in der Abfallwirtschaft 13

4. Potenziale von *Industrie 4.0* in der Abfallwirtschaft 19

5. Zusammenfassung und Ausblick 23

6. Literatur 25

Industrie 4.0 steht für ein neues Konzept für die industrielle Produktion, das derzeit wissenschaftlich und politisch – u.a. durch die Hightech-Strategie der Bundesregierung – stark vorangetrieben wird. Kernelement des Konzepts ist die durchgängige Vernetzung der Wertschöpfungsschritte bis zu den Maschinen im Unternehmen. Im Vergleich zu den bisherigen Entwicklungen im Bereich der industriellen Produktion soll ein bislang nicht gekanntes Automatisierungsniveau erreicht werden. Aus diesem Grund wird die Umsetzung von *Industrie 4.0* auch als die vierte industrielle Revolution bezeichnet.

Diese Entwicklung wird auch die Abfallwirtschaft beeinflussen. Auf der einen Seite werden neue Automatisierungstechniken auch alle produktionsnahen Bereich durchdringen, auf der anderen Seite bieten neue Technologien evtl. auch neue Möglichkeiten für die abfallwirtschaftlichen Prozesse. Eine mögliche Frage ist daher: Wie sieht die *Abfallwirtschaft 4.0* aus?

1. Das Konzept *Industrie 4.0*

Mit dem Konzept *Industrie 4.0* wird die vierte industrielle Revolution verbunden (Bild 1). Mit der industriellen Entwicklung seit Ende des 18. Jahrhunderts wurde stetig auch die Komplexität der Produktionsprozesse gesteigert. Technische Weiterentwicklungen haben die Arbeits- und Lebenswelt stark beeinflusst.

Die Grundidee von *Industrie 4.0* gestaltet sich sehr akademisch: Die virtuelle Welt soll mit der physischen Welt der Dinge durch den Einsatz von cyber-physischen Systemen (CPS) verknüpft werden. Die entsprechende Grundlage hierfür bietet das *Internet der Dinge und Dienste*. Mit der Transformation der industriellen Produktion ergeben sich Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation.

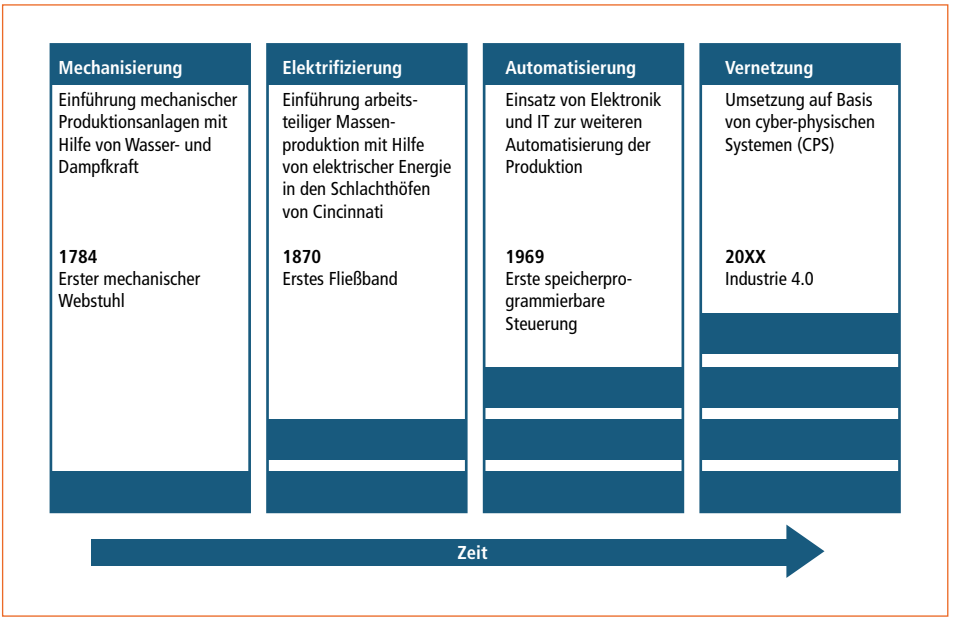


Bild 1: Zeitlicher Verlauf der industriellen Revolutionen

in Anlehnung an Kagermann, H.; et al. (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Forschungsunion, April 2013, S. 17

INTERNET DER DINGE (INTERNET OF THINGS, IOT): Verknüpfung physischer Objekte (Dinge) mit einer virtuellen Repräsentation im Internet oder einer internetähnlichen Struktur. Die automatische Identifikation mittels RFID (Radio- Frequency Identification) ist eine mögliche Ausprägung des Internets der Dinge; über Sensor- und Aktortechnologie kann diese Funktionalität um die Erfassung von Zuständen beziehungsweise die Ausführung von Aktionen erweitert werden. [11, S. 85]

CYBER-PHYSISCHE SYSTEME (CPS): CPS umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken. Sie sind mittels digitaler Netze untereinander verbunden und verfügen weltweit über Daten und Dienste und über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen. Cyber-Physische Systeme sind offene, soziotechnische Systeme und ermöglichen eine Reihe von neuartigen Funktionen, Diensten und Eigenschaften. [11, S. 84]

Jedes einzelne CPS (= Anlage, Maschine, Behälter, Betriebsmittel,…) erhält eine Entität; ihm wird eine dezentrale intelligente Komponente zugeordnet und es ist exakt adressierbar. Sie besitzen die Möglichkeit, eigenständig Informationen auszutauschen, Aktionen auszulösen und sich gegenseitig zu steuern. Möglich wird dies u.a. durch die fortschreitende Entwicklung der Kommunikationstechnik, die neuen Generationen an autonomen, leistungsfähigen Kleinstrechnern und sinkende Produktionskosten im

Schlagwortverzeichnis

A

Abbrandverhalten
von Ersatzbrennstoff-Briketts 463
Abfahrvorgänge 223, 233
Abfallbunker
Brandschutz 74
Abfälle
aus der Abgasreinigung 517
gefährliche 507, 522, 539
Abfallmenü 515
Abfallverbrennungsanlagen
vernetzte 31
Abgaskühlung 324
adaptive 327
selektive 326
Abgasreinigung 363, 509
elektrischer Eigenbedarf 351
Energieoptimierung 347
Wärmebedarf 351
Abgasrezirkulation 105
Abgaswäsche 393
Ablagerungscharakterisierungs-
diagramm 181
Abnutzungsvorrat 207
ABRG Arnoldstein 544
Abzehrung
an Wärmetauscherrohren 209
Abzehrungsrate 207
Aktivkohle 392
Amalgamierungsverfahren 390
Amin-Wäsche 417
Ammoniak-Schlupf 111, 306, 330
Ammoniak-Wäsche 417
Anfahrvorgänge 223
Anlagenbetreiber
Zielstellungen 30
Anlagenmonitoring 36
Anlieferung 512
Annahmeverfahren
für gefährliche Abfälle 511
An- und Abfahrkurven 224
Arbeitsschutz 511
Asche
aus MVA 534
Charakterisierung 483
Assistenzsysteme 289
Atomabsorptionsspektroskopie 390
Aufgabesysteme 156, 531
Ausbrand 532
Auskleidungen
feuerfeste 223
Automatisierung 289

B

Belagsschicht 175
Beschichtungsverfahren 272
Betriebsartenkonzept 38
Betriebsstrategie 38
Betriebswerte
für die Bilanzierung 294
Bettmaterialaustrag 547
Bezugssauerstoff
Messung 314
Bilanzierung 35
Biobrennstoffe 479
Brandentstehung 57
Brandereignisse
in Abfallverbrennungsanlagen 73
Brandsanierung 60
Brandschutz 510
Einrichtungen 76
Konzept 84
Technik 60
Brandvermeidung 71
Brennbettschieflagen 168
Brennstoffaufgabe 155, 545
Brennstoffcharakteristik 148
Brennstoffflexibilität 481
Brennstoffmassenstrom
Bestimmung 313
Brennstoff NO-Bildung 103
Brikettierung
überlagerter Lebensmittel 459
Bunkerbrand 71
Bunkerstillstandsentlüftung 87
Bunkervolumen 61

C

Carbonate Looping Prozess 417
Carbon Capture and Storage 414
Carbon Capture and Utilization 414
Carbonfaser
Entsorgung 135
Herstellung 138
Verbrennung 139
CCS-Technologie 414
CCU-Technologie 414
CFK
Herstellung 137
Produkte 135
Recyclingprodukte 142
Verbrennung 139
Chilled Ammonia Prozess 422

Chlorgehalt
Messmethoden 449
Cladding 243
CMT-Schweißtechnik 252
CO_2-Abscheideverfahren
Energie- und Massenbilanzen 427
Leistungsdaten 418
Vor- und Nachteile 418
CO_2-Abscheidung 401, 413
hinter Abfallverbrennungsanlagen 413
Relevanz für die Abfallverbrennung 434
CO_2-Bilanz 401
CO_2-Messung 296
Cold Metal Transfer 245
Combustion 4.0 30
CO-Spitzen 97
cyber physical systems 289

D

Dampferzeugerheizflächen
optimierte Abreinigung 173, 189
Verschmutzung 173
Dampferzeugerkorrosion
Minimierung 271
Dioxin 127
Drehrohr 519, 526, 541
Verbrennungsbedingungen 530
Druckfiltration 199
Düsenboden 547

E

Echtzeitanalytik
nahinfrarotgestützte 442
von Ersatzbrennstoffen 441
Eigenbedarf
elektrischer
der Abgasreinigung 351
Einzellanzenumschaltung
temperaturabhängige 321
Energieeffizienzsteigerung 356
Energieoptimierung
von Abgasreinigungsanlagen 347
Entaschungskonzepte 489
Entaschungssystem
mit gezielter Nachverbrennung
für Steinkohlefeuerungen 481
Entrauchung 78
Entsorgungssicherheit 59
Erosion 244, 272
Erosionsschutz 280
Ersatzbrennstoff-Kraftwerk
Rüdersdorf 71
Ertüchtigung
von Bestandsanlagen 304
Eutektika 167
zinkchloridische 190

F

Fahrerassistenzsysteme 289
Farbeindringverfahren 261
Feuerfestmaterial 224
Austrocknen 224
Dehnungsbedarf 233
Spannung 226
Temperaturgradienten 232
Temperatursensorik als Indikator
für Spannungen 237
Feuerraumgestaltung 152
Feuerung 548
Feuerungseinstellungen 104
Feuerungsleistungsregelung 149
Flächenkorrosion 209
Flammenschutzmittel 121
Flammspritzen 255
Flexibilisierung 7
Flugstromverfahren 392
Furane 127
Fuzzy-Regler 333

G

Gewebefilter 359
Gluthaltung 479
Großbrand 55

H

HBCD 121
Zerstörung 129
Heißdampferzeugung 334
Heißdampftemperatur
Prädiktion 339
Heißgasentstaubung 46
Heizflächen
optimierte Abreinigung 173
Verschmutzung 173
Heizwert
Bestimmung 313

Henry-Komponenten 393
Herdofenkoks 392
Hochdruckdampf-Temperaturreglung 333
Hochgeschwindigkeitsspritzen 275
Hochtemperaturkorrosion 166, 281
HVOF-Beschichtung 281

I

Industrie 4.0 3, 29
  Ansätze in der Abfallwirtschaft 13
  Potenziale in der Abfallwirtschaft 19
Inertgasrate 105
Informationssysteme 289
Infrarot-Kamera 75, 174
Instandhaltungsstrategien 210
Internet der Dinge 4
IR-Kamera 75, 174

K

Kalkprodukte zur Abgasreinigung
  Vergleich mit $NaHCO_3$ 363
  Vor- und Nachteile 362
Kaltgasentstaubung 46
Katalysator 379
  Aktivitätsverlust 386
  Regenerierung 381
  Zusammensetzungen 380
Kesselkonzept 147
Kesselreinigung
  mit Hochdruckwasser 192
  mit Wasser 197
Klärschlamm-Monoverbrennung 43
  Integration in ein MHKW 43
Klärschlammverordnung
  Novellierung 43
Kompaktierung
  in Brikett-Form 459
Korrosion 244
  örtliche 210
  von gereinigten Heizflächen 190
Korrosionsfestigkeit 275
Korrosionsschäden 271
Korrosionsschutz
  Legierungsvarianten 278
Korrosionstest 201
Kraftwerksasche
  Nachverbrennung 489
Kühlwasserkreislauf 160
künstlich neuronale Netze 333
Kurztrommelofen 541

L

Lebensmittel
  überlagerte 479
Legierungssystem 276
Lichtbogenspritzen 274
Löschanlage 76
Löschmonitore 76
Löschwasserbehälter 60
Löschwasserbevorratung 77
Löschwasserversorgung 79
Low NO_x-Brenner 378
Low NO_x-Verbrennung 378
Luftstufung 106, 113

M

Messdaten
  Erfassung 31
  Plausibilitätsprüfung 32
Messwertdrift 313
MIG/MAG-Schweißverfahren 245
Mikrowellenresonanztechnik 447
Mittelstromfeuerung 153
Mitverbrennung
  von Ersatzbrennstoffen 483
  von gefährlichen Abfällen in MVA 520
Monoklärschlammverbrennung
  Integration in eine MVA 43
MTS-Verfahren 370
MVA
  Asdonkshof 43, 509
  Ludwigshafen 55
  Offenbach 347
  Schwandorf 189
  Velsen 91
  Wijster 321
  Würzburg 124

N

Nachbrennkammer 529
Nachverbrennungskonzepte 489
Nachverbrennungsrost 481
Nasswäsche 356
Natriumhydrogencarbonat 353, 401
  Salzrecycling 372
  Vergleich mit Kalkprodukten 363
  Vor- und Nachteile 363
Nennwanddicke 207
Netze
  künstlich neuronale 333

Netztraining 337
NH_3-Schlupf 111, 306, 330
NO-Bildung
  aus Brennstoff-N 103
  prompte 103
  thermische 103
NO_x 102
  Abscheidegrade 319
  Bildung 103
  Massenstrom-Profil 328
  Minderung 104, 378, 551
    Primärmaßnahmen 101
Nullwanddicke 207

O

Oberflächenrauhigkeit 190
Offline-Reinigung von Dampferzeugern
  mit Wasser 189, 194
Online-Anlagen-Monitoring 289
Online-Bilanzierung 35, 303
Online-Verschmutzungsbewertung 174
Opti-Link-Verfahren 308, 310
Oxyfuel-Verfahren 415

P

PCDD/F 127
PID-Regler 333
Plasma- und
    Hochgeschwindigkeitsspritzen 275
Plattenband 489
Plausibilitätsprüfung
  von Messwerten 296
Post-Combustion-Verfahren 415
Potentialdifferenzen 191
Pre-Combustion-Verfahren 414
Primärluftzuführung 91
Primärmaßnahmen
  zur NO_x-Minderung 101
Projektsteuerer 67
Prompt-Gamma-Neutronen-Aktivierungs-
    Analyse 447
Prozessautomatisierung 289
Prozessketten
  digital vernetzte 289
Prozessmonitoring 37
Prozessregelung 331
Prozessvisualisierung 38
Pulverflamm-Beschichtung 282
Pyrometer 174

Q

Quecksilber
  Abscheidung 389
  Emissionen 389
  messtechnische Erfassung 390
Quench 405

R

Regenerierung
  von Katalysatoren 381
Reinigungsschlämme 194
ReNabi-Verfahren 373
Ressourcenproduktivität und -effizienz 7
Restwanddicke
  selektive Messungen 205
Revolutionen
  industrielle 4
Rezirkulationsgas 549
Risikoanalyse 84
Rohgas-NO_x
  berechnetes 308
Röntgenfluoreszenzanalytik 447
Rostauslegung 154
Rostbelag 154
  luftgekühlter 158
  wassergekühlter 159, 161
Rostentaschung 91
Rostfeuerung 147, 519, 524
  Verbrennungsbedingungen 525
Rost-Kühlwärme 169

S

Sanierung 55
SBC-Einspritztechnologie 402
Schadstoffeinbindung 533
Schadstoffsenke 536
Schaumlösch- und Sprühflutanlagen 77
Schieflagen 168
Schlacke
  einer SAV 534
Schlackenaufbereitung 517
Schlammwassergemisch 200
Schutzschichten
  metallische 271
  thermisch gespritzte 272
Schwandorfer System 195
Schweißplattieren 243
Schweißposition 248

Schwermetalle
korrosive 190
Schwermetalleutektika
chloridische 190
SCR 102, 108, 304, 378
SCR-Oxidationskatalysator 348
SiC-Platte 237
Smart World 5
SNCR 102, 108, 304, 319, 378
Eindüsung 310
Regelung 308, 319
Überwachungs- und Regelungssystem 319
SO_2
-Dauerabscheidung 361
-Spitzenabscheidung 361, 368
-Wäscher 396
Sonderabfallverbrennung
als Schadstoffsenke 535
Spannung
durch irreversible Dehnung 230
durch (reversible) thermische Dehnung 226
Spray- und Fuse-Verfahren 272
Spritzen
thermisches 271
Spritzschichten 271
Sprühabsorber 358
Sprühflutlöschanlage 60, 77
Stapelbunker 56
Steinkohlekraftwerk
alternative Brennstoffe 481
Steuerung und Regelung 37
Stickoxide
siehe NO_x
Strähnenbildung 168
Stufenrost 163

T

Treppenrost 163
Trockensorption 353
Trona 408

U

Ultraschallmessungen 213
Umbau 55
Unverbranntes 526

V

Vanadiumpentoxid 380
Verbrennungsbedingungen
Drehrohr 531
Rostfeuerung 531
Verbrennungsluftsystem 155
Verbrennungsluftzuführung 106
Verbrennungsraum
Optimierung 152
Verbrennungsrückstand 533
Verbrennungsverhalten
von brikettierten Brennstoffen 459
Verfügbarkeit
Erhöhung 205
Verschlackung 305
Verschmutzungen 305
an Dampferzeugerheizflächen 173
In-situ-Sensorsystem
zur Charakterisierung 176
Online-Bewertung 174
Very-Low-NO_x-Verfahren 115
Very Low Temperatur SCR 377
VLN-Verfahren 115
Vorschubrost 157

W

Wanddickenmessung 194
mit Ultraschall 213
Wanderrost 490
Wandstärkenmessung 194, 213
Warmbeschichtungen 272
Wärmebedarf
der Abgasreinigung 351
Wärmestromdichte 265
-Sensoren 174
Wassergehalt
Ermittlung 448
Waste-to-Energy 4.0 29
Werkstoffe
keramische 223
Wiederaufbau-Beschränkung
behördliche 60
Wiederinbetriebnahme 60
Wirbelschichtfeuerung
stationäre 539
Wolframoxid 380

Z

Zinkstearat 190