

# Betriebsartenkonzepte für die Abfallverbrennung

Michael Busch, Johannes J. E. Martin, Silvia Bardi und Albert Bossart

1.	Entwicklung und Aufbau des Betriebsartenkonzeptes (BAK) .....	84
1.1.	Strukturierung der Feuerungsregelung als Grundlage für das BAK.....	84
1.2.	Beschreibung des BAK.....	84
2.	Großtechnischer Einsatz des Betriebsartenkonzeptes (BAK).....	87
2.1.	Bruttowärmeregelung in der RABA Zella Mehlis, Südwestthüringen .....	87
2.2.	Kundengesteuerte Abgabe von Fernwärme/Strom in der KVA Turgi, Baden, Schweiz .....	88
3.	Ausblick.....	91

Abfallverbrennungsanlagen müssen heute immer flexibler betrieben und verstärkt in regionalen sowie überregionalen Energie-/Fernwärmekonzepten, wie z.B. auch in Kraftwerksparks eingebunden werden. Dies bedeutet, dass sich die wirtschaftlichste Fahrweise von Fall zu Fall unterscheiden kann. Unterschiedliche Ziele können z.B. maximaler Brennstoffdurchsatz, maximale Energieauskopplung, minimierte Schadstoffemission oder maximale Reisezeit sein. Da die unterschiedlichen Ziele unterschiedliche Betriebsfahrweisen fordern, wurde von Martin in Zusammenarbeit mit ABB Schweiz, das Modul *Betriebsartenkonzept* entwickelt, das übergeordnet in die Automatisierungstopologie der Abfallverbrennungsanlage (Bild 1) eingesetzt wird.

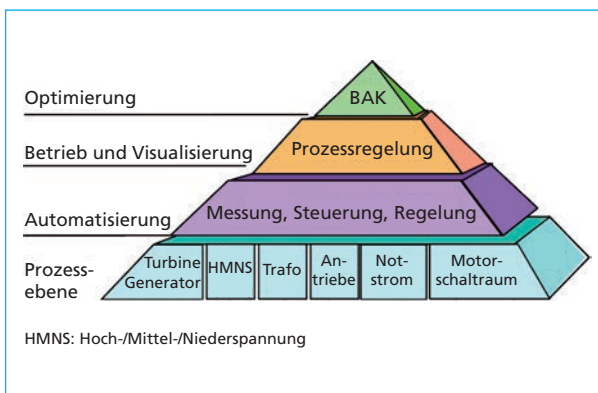


Bild 1:

Einordnung des Betriebsartenkonzeptes (BAK) in die Automatisierungstopologie der Abfallverbrennungsanlage

# 1. Entwicklung und Aufbau des Betriebsartenkonzeptes (BAK)

## 1.1. Strukturierung der Feuerungsregelung als Grundlage für das BAK

Ein Grundbaustein für den Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage ist die Feuerungsregelung. Diese umfasst sowohl den Steuerungs- als auch den Regelungsanteil für Feuerung und Rost. Das anlagenspezifische Know-how ist in der Regelung verwirklicht, die Funktionen der Steuerung sowie die einer teilautomatischen Regelung sind im übergeordneten Leitsystem programmiert. Durch die standardisierte Schnittstelle und das Anlegen der Prozessbilder im übergeordneten Leitsystem ist die Justierung der Regelung von den Bedienplätzen von der zentralen Warte aus möglich, ohne Fachkenntnisse der Programmiersprache vorauszusetzen.

In Zusammenarbeit mit ABB Schweiz wurde schon vor einigen Jahren damit begonnen, die Automatisierungsstruktur einer Abfallverbrennungsanlage ganzheitlich zu betrachten. Dabei konzentrierte man sich darauf, die regelungs- und steuerungstechnischen Elemente eindeutig nach ihren Aufgaben zuzuordnen und so modular zu gestalten, dass dieses System einerseits individuell anpassungsfähig bleibt, andererseits immer wieder auf Standardmodule zurückgegriffen werden kann.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass viele Einflussfaktoren, die sich aus dem Betrieb der Anlage heraus ergeben, aber auch durch äußere Randbedingungen gegeben sind, bisher keine oder nur bedingt Berücksichtigung fanden. Gemeint sind hier innerbetriebliche Faktoren wie z.B. Verschmutzung, Verschleiß, wartungsfreundlicher Betrieb oder Korrosion. Äußere Randbedingungen sind vor allem Anforderungen an die Form und Menge der Energieabgabe wie Strom, Prozessdampf und Fernwärme. Aber auch unzureichende Informationen über den zugeführten Brennstoff sind nachteilig für die Prozessführung.

Diese Überlegungen führten zu dem Ergebnis, dass zu der bis dahin entwickelten modular aufgebauten Struktur, insbesondere für die Feuerungsregelung, ein übergeordnetes Regelungskonzept für den Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage installiert werden muss.

## 1.2. Beschreibung des BAK

Das Betriebsartenkonzept (BAK) ist grundsätzlich in die drei Hauptgruppen Energiezufuhr, Energieabgabe und Teilautomatik aufgeteilt (Bild 2).

Das Regelungskonzept *Energiezufuhr* beinhaltet als Standard die Betriebsart Bruttowärme, bei der aus verschiedenen online gemessenen Parametern der Heizwert des Abfalls und die Abfallmenge errechnet wird mit dem Ziel, je nach Abfallqualität und Anlagenzustand, die gewünschte, d.h. normalerweise die maximale Bruttowärmemenge automatisch geregelt zu fahren. Hintergrund für diese

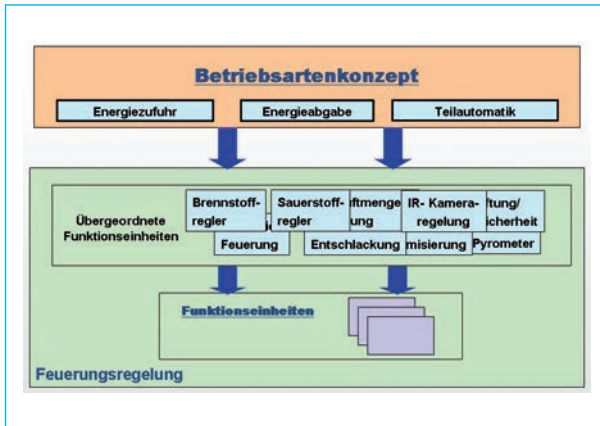


Bild 2:

Übergeordnetes Regelungskonzept einer Abfallverbrennungsanlage

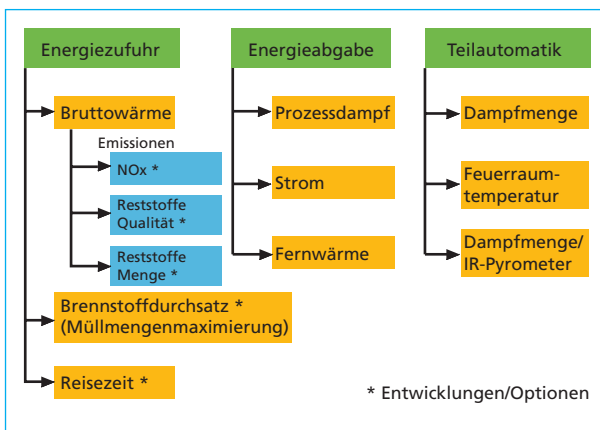


Bild 3:

Betriebsartenvarianten

Fahrweise ist eine konstante Bruttowärmemenge, was nicht gleichzusetzen ist mit einer konstanten Dampfmenge, die üblicherweise in Form eines vorgegebenen Dampfsollwertes eingestellt wird. Nachteil einer Fahrweise mit konstantem Dampfmengensollwert ist nämlich einerseits, dass zu Beginn der Reisezeit und nach erfolgter Grundreinigung die Leistungsfähigkeit des Dampferzeugers nicht voll ausgenutzt wird, weil die Anlage feuerungs- und kesselseitig üblicherweise auf einen mittelfschmutzten Zustand ausgelegt wird. Andererseits wird eine Anlage zum Ende der Reisezeit aufgrund der stärkeren Verschmutzung des Kessels häufig mit einer höheren Wärmebelastung als ausgelegt betrieben und damit während dieser Betriebsfahrweise stärkerem Verschleiß und Korrosion ausgesetzt. Mit einer konstanten Bruttowärmeregung tritt genau der entgegengesetzte Fall ein, nämlich eine gewollte höhere Dampfmengenproduktion zu Beginn und eine entsprechend geringere zum Ende der Reisezeit.

Eine weitere Differenzierung des Bruttowärmereglers in Betriebsvarianten optimiert einzelne Parameter wie  $\text{NO}_x$ -Emissionen, Reststoffqualität (Schlacke) oder Reststoffmengen (Flugstäube). Maximale Abfallmengen können über die

Betriebsart *Energiezufuhr/Brennstoffdurchsatz* erreicht werden. In der Betriebsart *Energiezufuhr/Reisezeit* schließlich werden nicht die Grenzen des Leistungsdiagramms angefahren, um eine maximale Reisezeit anzustreben. Hierfür sind verschiedene Randbedingungen der Anlage, wie z.B. Druckverluste über die einzelnen Komponenten, Temperaturen und Auslastung von Gebläsen zu berücksichtigen.

Die Betriebsart *Teilautomatik* besteht aus einem reduzierten Regelungsumfang, der bei Ausfall wichtiger Komponenten des Betriebsartenkonzepts angewählt werden kann, z.B. um die Anlage gezielt abzufahren oder mit konventioneller Regelungscharakteristik weiterzufahren. Hierbei kann zwischen Dampfmengen-, Feuerraumtemperatur- oder Dampfmengen-/IR- Pyrometerregelung unterschieden werden.

Die Hauptbetriebsart *Energieabgabe* ist geprägt durch die Wahl der abzugebenden Energie in Form von Prozessdampf, Strom und Fernwärme oder Kombinationen aus diesen. Hier spielen vor allem äußere Einflussfaktoren, wie z.B. Bedarf von Energieträgern, Klima und Produktionsabläufe eine große Rolle. Am nachfolgenden Beispiel soll gezeigt werden, durch welche Maßnahmen der Betrieb der Anlage ökonomischer interessanter werden kann.

Grundsätzlich wird zur Erkennung des aktuellen Betriebspunktes im Prozessleitsystem in einem Monitorbild das Leistungsdiagramm abgebildet (Bild 4) und der aktuelle Betriebspunkt mittels eines Schleppzeigers angezeigt (Bild 5). Der Wechsel zwischen den Betriebsarten erfolgt stoßfrei.

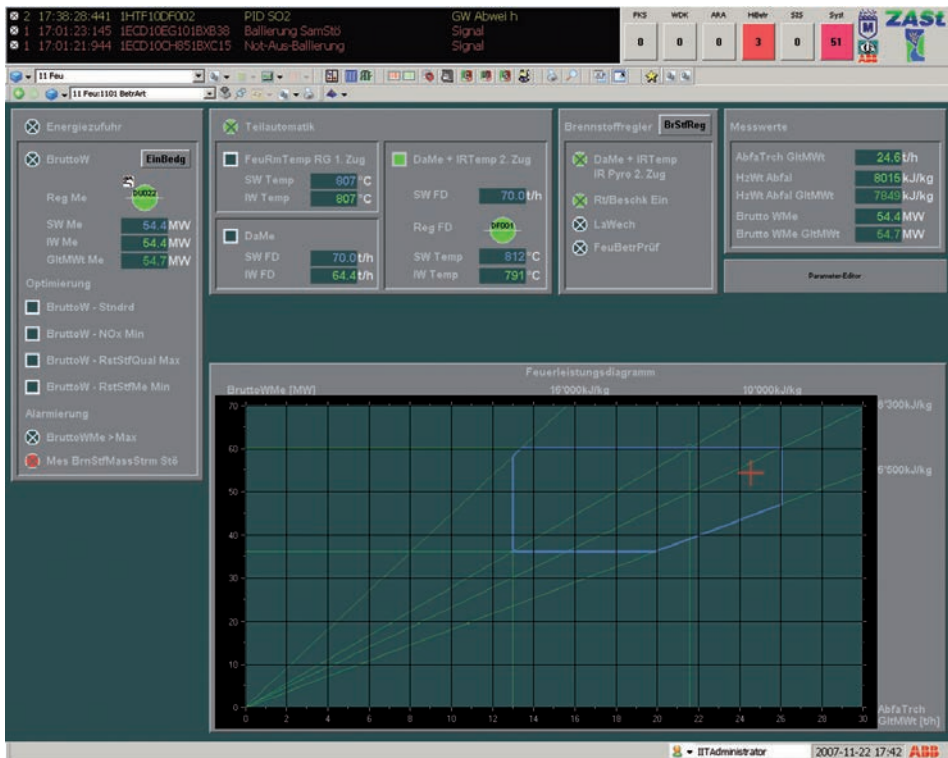


Bild 4: Monitorbild der Betriebsarteneinstellung in der RABA Südwestthüringen

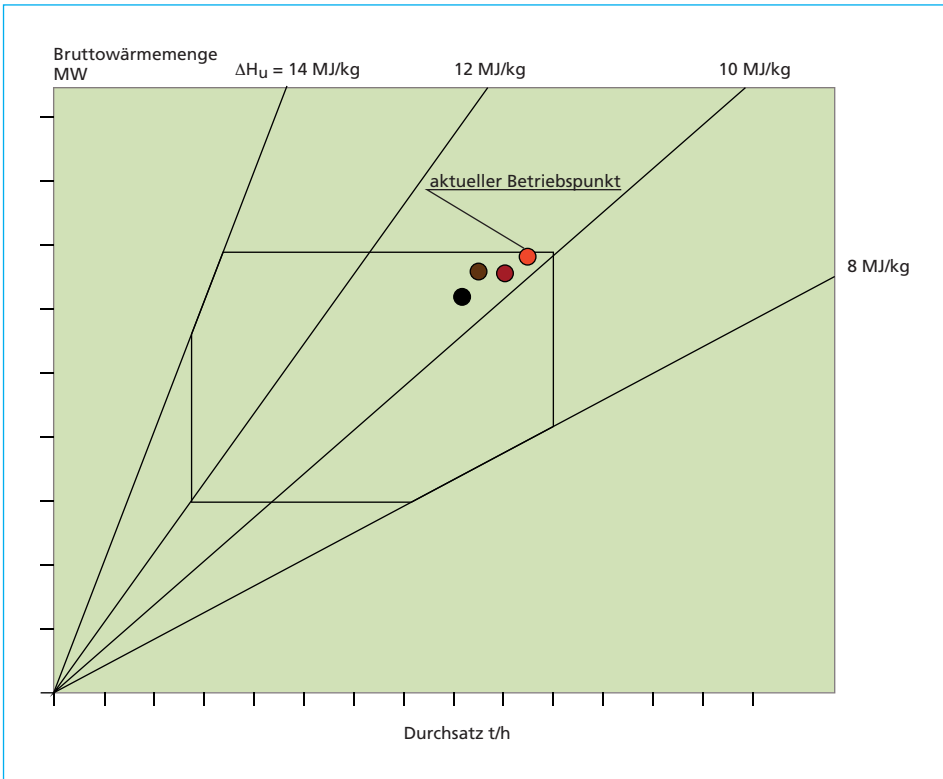


Bild 5: Beispielhafte Darstellung eines Betriebspunktes im Feuerleistungsdiagramm

## 2. Großtechnischer Einsatz des Betriebsartenkonzeptes (BAK)

### 2.1. Bruttowärmeregung in der RABA Zella Mehlis, Südwestthüringen

Das Betriebsartenkonzept wird erstmals im Rahmen eines größeren Entwicklungsvorhabens mit dem Thema *Optimierung der Restabfallbehandlungsanlage Südwestthüringen durch innovatives Monitoring* eingesetzt. Dieses Vorhaben wird von der Technischen Universität Dresden, Prof. Beckmann, betreut. Weitere Teilnehmer dieses Projektes sind der ZAST, Zweckverband für Abfallwirtschaft Südwestthüringen, die CheMin GmbH/Augsburg, die ABB/Schweiz und die Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik/München.

Die Anlage (Bild 6) fährt standardgemäß in der Betriebsart Teilautomatik mit konventioneller Feuerungsregelung mit Dampfmenge/ IR-Pyrometer. Die gesamte Struktur des Betriebsartenkonzeptes ist jedoch seit der Inbetriebnahme im Prozessleitsystem hinterlegt und in entsprechenden Monitorbildern abgebildet.

Der online berechnete Betriebspunkt (Bruttowärmemenge, Heizwert und Abfallmenge) wird im Feuerleistungsdiagramm dargestellt und in 10-Minuten Intervallen angezeigt. Diese Berechnung bildet die Basis für den Betrieb im Modus *Bruttowärme*, in dem die Anlage so gefahren wird, dass sich der Betriebspunkt immer innerhalb des Feuerleistungsdiagramms befindet.



Bild 6:

RABA Zella-Mehlis, Südwestthüringen

## 2.2. Kundengesteuerte Abgabe von Fernwärme/Strom in der KVA Turgi, Baden, Schweiz

Die KVA Turgi (Bild 7) unternahm in den letzten Jahren große Anstrengungen, um die beiden installierten Verbrennungslinien anlagentechnisch zu optimieren und dabei weitere energetische Einsparungen zu erzielen. Nicht nur regelungstechnisch wurde die Anlage neu konfiguriert, um z.B. die Schwankungsbreite der Frischdampfmenge zu verbessern und die CO-Emissionen zu senken, sondern auch auf der Hardwareseite wurde die Anlage unter anderem mit neuen Frequenzumrichterantrieben, Verbesserungen am Kessel und zusätzlicher Vorwärmung mit Prozesswärme ausgestattet.

Die KVA Turgi liefert mit zwei Turbinen bis zu  $9 \text{ MW}_{\text{el}}$  und speist bis zu  $16 \text{ MW}_{\text{th}}$  in das Fernwärmenetz ein. Das Verhältnis zwischen erzeugter Fernwärme und erzeugtem Strom variiert, wobei die Fernwärmeezeugung Vorrang hat. Das Fernwärmenetz entnimmt so viel Energie wie nötig. Die restliche Energie wird zur Erzeugung von Strom genutzt und an das örtliche Energieversorgungsunternehmen verkauft.

Die KVA Turgi hat die Zielsetzung, neben der weiteren Steigerung des sehr hohen Niveaus der Verfügbarkeit und des Wirkungsgrades der Anlage, die Wirtschaftlichkeit des Betriebes weiter zu verbessern. Daraus entwickelte sich der Gedanke, mit einer genaueren Vorhersage des Fernwärmeverbrauchs und damit





Bild 7: KVA Turgi, Baden, Schweiz

gleichzeitig einer besseren Planung für die Stromerzeugung in der Lage zu sein, als unabhängiger Energieerzeuger aufzutreten und von höheren Energiepreisen auf dem Spotmarkt zu profitieren.

Um dieser Zielsetzung nachzukommen, hat die ABB/Schweiz das Modul *Fernwärmeprognose* (WACS District Heating Forecasting) entwickelt und den dazugehörigen Algorithmus zum Patent angemeldet. In diesem Fall wird in der Betriebsart *Fernwärme* eine Vorhersage des Bedarfsprofils erstellt und mit der Prognose zur Energieerzeugung so gekoppelt, dass der zu verkaufende Strom (Produktionsplan) ermittelt wird.

Im Einzelnen berücksichtigt das Modul *Fernwärmeprognose* (Bild 8) folgende Schritte:

- Die Fernwärmeprognose liest den aktuellen Fernwärmeverbrauch aus dem Regelungssystem aus.
- Die Wettervorhersage für die nächsten 72 Stunden wird an die Fernwärmeprognose übertragen.
- Das örtliche demographische Verhalten und der Verbrauch in der Vergangenheit werden berücksichtigt.
- Die Fernwärmeprognose berechnet den für die nächsten 72 Stunden zu erwartenden Fernwärmeverbrauch.
- Der Betriebsleiter gibt die Produktionsprognose für die nächsten Tage vor.
- Die überschüssige Wärmeenergie kann in Strom umgewandelt und auf dem Spotmarkt verkauft werden.

Darüber hinaus wird eine Prognose der Stromerzeugung durchgeführt, um damit die für den Verkauf auf dem Spotmarkt zur Verfügung stehende Strommenge in MW zu ermitteln.

Nach Installation dieses Moduls (Betriebsart *Fernwärme*, WACS District Heating Forecasting) wurde beispielhaft für einen Monat das Einnahmepotential ermittelt. Hierzu wurde aufgrund der Prognose eine Strommenge von 4.700 MWh festgelegt. Dafür hätte man bei einem Spotmarktpreis (ohne Steuern) von 75,87 EUR/MWh gegenüber der Benchmark von lediglich 44,6 EUR/MWh Einnahmen von etwa EUR 368.000 erzielt.

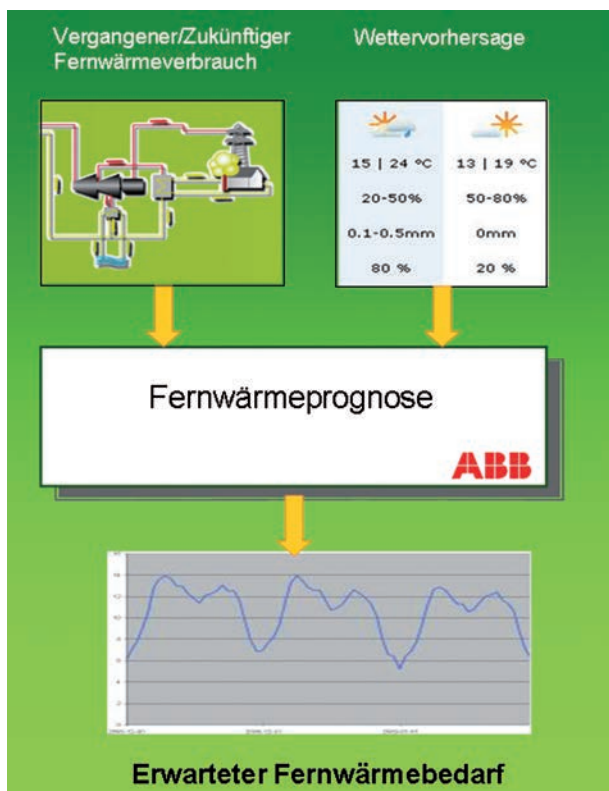


Bild 8:

Fernwärmeprognose (WACS District Heating Forecasting)

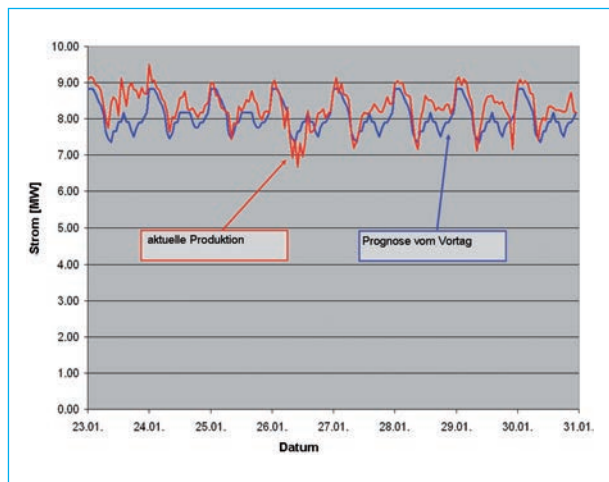


Bild 9:

Für den Verkauf auf dem Spotmarkt zur Verfügung stehende Strommenge

Darüber hinaus hätte man während dieser Testphase die Lieferzusage um 21 MWh nicht eingehalten und einen Überschuss von 1.154 MWh geliefert.

Insgesamt könnten in nur einem Monat zusätzliche Einnahmen von etwa EUR 171.000 gegenüber der Benchmark verbucht werden.



Allerdings ist die KVA Turgi noch an einen laufenden Energieliefervertrag gebunden und kann dieses Modul zur Zeit noch nicht scharf schalten.

### 3. Ausblick

In den Anlagen RABA Zella-Mehlis und KVA Turgi wurde die konventionelle Verbrennungs- und Anlagenregelung um ein neuentwickeltes Betriebsartenkonzept erweitert, das aus Modulen besteht, die – basierend auf den Wünschen des jeweiligen Betreibers – die Wirtschaftlichkeit und Effizienz wesentlich erhöhen.

Dabei ist Martin/München der Verfahrenslieferant, und ABB/Schweiz der Lieferant für die Automatisierungs- und Optimierungslösungen. Diese Zusammenarbeit gewährleistet einen effektiven und direkten Zugang zu den innovativen Installationen und gewährleistet so die Qualitätssicherung des Anlagenbetriebes über Jahre. Die Modularisierung gestattet im Laufe der Anlagenlebenszeit mit minimalem Aufwand bedarfsgerechte Anpassungen der Kraftwerksregelung.

Darüber hinaus arbeiten Martin und ABB an der Weiterentwicklung dieses Systems. Insbesondere in der Betriebsart *Energiezufuhr/Bruttowärme* soll stärker auf einzelne Parameter wie  $\text{NO}_x$ -Emissionen, Reststoffqualität (Schlacke) oder Reststoffmengen Einfluss genommen werden. Auch das Thema Reisezeit birgt unter dem Gesichtspunkt eines zukünftigen Abfallmangels in Hinblick auf eine Verringerung der Belastung des Kessels zur Reduzierung der Wartungskosten und Erhöhung der Verfügbarkeit eine sinnvolle Variante. Die Betriebsart *Energieabgabe* mit Prozessdampf, Strom und Fernwärme steht besonders bei Anlagen mit Kraft-/Wärmekopplung im Fokus.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Energie aus Abfall** – Band 8

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-60-3

ISBN 978-3-935317-60-3 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 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dipl.-Ing. Ernst Thomé, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

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.