

M. Faulstich, A. I. Urban, B. Bilitewski (Hrsg.)

**12. Fachtagung  
Thermische Abfallbehandlung**

**Wege zur Effizienzsteigerung bei der Abfallbehandlung**

Michael Beckmann  
Bauhaus-Universität Weimar

Schriftenreihe des  
Fachgebietes Abfalltechnik  
Universität Kassel

## **1 Zusammenfassung**

An thermische Abfallbehandlungsanlagen werden heute in Bezug auf die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten, die Entsorgungssicherheit, die Wirtschaftlichkeit, den sicheren Betrieb usw. sehr hohe Anforderungen gestellt und auch sicher erfüllt. Hierzu ist in der Vergangenheit eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben z.B. im Hinblick auf Primärmaßnahmen zum Schadstoffabbau, zur Schlackequalitätsverbesserung und zur Korrosionsminderung durchgeführt worden. Ein Potenzial zur weiteren Verbesserung der Prozessführung ist dennoch vorhanden, insbesondere im Hinblick auf die Abstimmung der verschiedenen Optimierungsmaßnahmen zur Schadstoffminderung, zur Energieeffizienzsteigerung, zur Verringerung der Korrosion usw. untereinander.

In dem vorliegenden Beitrag steht die Effizienzsteigerung, d.h. Verbesserung des Wirkungsgrades, von Abfallverbrennungsanlagen im Vordergrund. Zu diesem Thema ist in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von ausführlichen Berichten über verschiedene Maßnahmen zunächst zur Bestimmung und darüber hinaus zur Verbesserung der Effizienz erschienen. Mit Bezug auf diese Arbeiten wird hier ein Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten gegeben. Dabei erfolgt eine Einordnung der Maßnahmen in solche, die im Sinne einer betrieblichen Optimierung bei bestehenden Anlagen und jene, die im Zusammenhang mit dem Neubau bzw. mit erheblichem Umbau erfolgen können. Zuvor wird jedoch auf die Beschreibung des Anlagen-Ist-Zustandes, die eine wesentliche Grundlage für die Optimierung darstellt, eingegangen.

## **2 Beschreibung des Anlagen-Ist-Zustandes**

Für die betriebstechnische Überwachung des Anlagen-Ist-Zustandes steht in Abfallverbrennungsanlagen eine Vielzahl von Messwerten „online“ zur Verfügung (Emissionswerte, Dampfparameter, elektrische Leistungen usw.). Wesentliche Betriebsparameter für die Optimierung wie z.B. der Massenstrom und Heizwert des aktuell auf dem Rost verbrennenden Abfalls, Wirkungsgrade des Kessels und der Gesamtanlage, spezifischer Verbrauch von Betriebshilfsstoffen können allerdings nicht unmittelbar gemessen werden, sondern sind rechnerisch durch Bilanzen zu bestimmen. Bei Abfallverbrennungsanlagen wird die detaillierte und zeitnahe Bilanzierung dadurch erschwert, dass für eine geschlossene Bilanzierung teilweise Messwerte fehlen, dass in den einzelnen Anlagenabschnitten unterschiedliche Verweilzeiten auftreten und dass der Anlagenbetrieb ständigen Schwankungen unterworfen ist, bedingt durch die inhomogenen und zunehmend wechselhaften Eigenschaften der eingesetzten Abfälle. Die Kenntnis des Anlagen-Ist-Zustandes stellt für die Optimierung eine wichtige Grundlage dar. Der Anlagen-Ist-Zustand wird dabei von konstruktiven Parametern (Anlagentechnik) und von betrieblichen Parametern charakterisiert. Für die Verfüg-

barkeit der Betriebsparameter und damit für die Beschreibung des Anlagen-Ist-Zustandes ist es von Bedeutung, ob die Betriebsparameter unmittelbar als Betriebsmesswerte erfasst werden, oder ob hierfür zusätzliche Berechnungen und Messungen erforderlich sind.

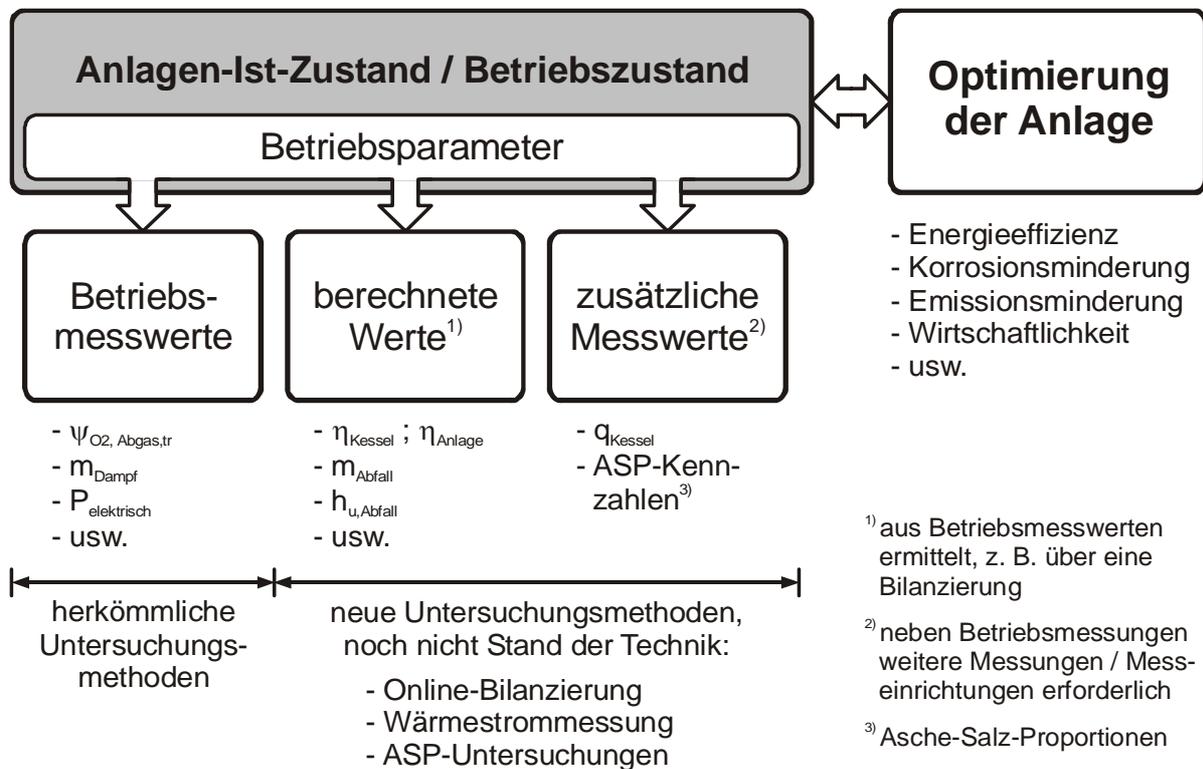


Abbildung 1: Beschreibung des Anlagen-Ist-Zustandes durch Betriebsparameter als Voraussetzung für die weitere Optimierung.

Klassische Betriebsmesswerte, die für die Regelung der Anlage, für den Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten, für sicherheitstechnische Belange usw. wichtige Bedeutung haben, sind z.B. der  $O_2$ -Gehalt des Abgases, der Massenstrom des produzierten Frischdampfes und die abgegebene elektrische Leistung (Abbildung 1). Diese Messwerte können ohne weiteres erfasst und während des Anlagenbetriebes zeitnah dargestellt werden, lassen zum tatsächlichen Betriebszustand der Gesamtanlage – insbesondere zu den Prozessbedingungen im Dampferzeuger (Feststoffumsatz, Energiefreisetzung, Korrosion, Belagsbildung) – allerdings nur begrenzt Aussagen zu.

Weitere Betriebsparameter wie z.B. der Kesselwirkungsgrad, der Anlagenwirkungsgrad, der Massenstrom und der Heizwert des aktuell auf dem Rost verbrennenden Abfalls können nicht unmittelbar gemessen werden, lassen sich aber aus den Betriebsmesswerten rechnerisch ermitteln. Hierfür wurde ein so genanntes Online-Bilanzierungsprogramm entwickelt. Bei der Online-Bilanzierung werden das Gesamtverfahren in Verfahrensabschnitte und -bausteine aufgeteilt, an den einzelnen Teilbilanzräumen alle ein- und austretenden Ströme sowie die jeweiligen Messwerte ange-

tragen und auf Grundlage der an den verschiedenen Teilbilanzräumen verfügbaren Werte die unbekanntenen Werte bilanziert [Beckmann et al. 2005 a; Beckmann et al. 2005 c].

Die Korrosion und Belagsbildung im Dampferzeuger von Abfallverbrennungsanlagen kann nur mit Hilfe zusätzlicher Messungen neben den Betriebsmessungen beurteilt werden (neben den Betriebsmessungen, siehe Abbildung 1). Während des Betriebes können z.B. Untersuchungen zu den Asche-Salz-Proportionen (ASP) in den Flugstäuben im Rohgas und Wärmestrommessungen an den Membranverdampferwänden des Kessels durchgeführt werden. Erste Aussagen zum Korrosionsverhalten sind darüber hinaus auch mit Hilfe von Untersuchungen der Beläge im Kessel möglich (z.B. [Beckmann et al. 2005 b; Spiegel et al. 2005]).

Für die Gesamtoptimierung (Abbildung 1) von Abfallverbrennungsanlagen ist die Berücksichtigung herkömmlicher Untersuchungsmethoden auf Grundlage der Messwerte allein nicht ausreichend. Vielmehr müssen neue Untersuchungsmethoden (hier: ASP-Untersuchung, Wärmestrommessung, Online-Bilanzierung) für die umfassende Bewertung der jeweils vorliegenden Betriebszustände mit hinzugezogen werden.

### 3 Generelle Gesichtspunkte zur Erhöhung der Effizienz

Bei der Verbrennung von Abfällen geht es u.a. um die effiziente Umwandlung des Energieinhaltes (Heizwert) des Abfalls in andere Energieformen wie Energieinhalt von Wasserdampf (Wasserdampfenthalpie), elektrischen Strom, usw.. Zur Bewertung stehen als wichtigste Kennzahlen die verschiedenen Wirkungsgrade (z.B. Anlagen-, Netto-, Netto-Primärwirkungsgrad) zur Verfügung. Zunächst ist ein Wirkungsgrad  $\eta$  ganz allgemein das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand

$$\eta = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\text{Aufwand minus Verlust}}{\text{Aufwand}} = 1 - \frac{\text{Verlust}}{\text{Aufwand}}$$

Als Aufwand zählen neben dem Energieinhalt des Abfalls zusätzlich die für den Betrieb der Anlage benötigten Energieströme, so z.B. Primärbrennstoffe als Stützbrennstoff und zur Wiederaufheizung von Abgasströmen, Dampf zur Wiederaufheizung und elektrische Energie für Antriebe usw. Nutzen sind üblicherweise die von einer Abfallverbrennungsanlage abgegebene thermische Energie in Form von Fernwärme und Prozessdampf sowie die elektrische Energie.

Zur Erhöhung der Energieeffizienz müssen – und das ist zunächst trivial – der Nutzen erhöht und der Aufwand vermindert werden. In Abbildung 2 sind Möglichkeiten zur Erhöhung der Gesamtenergieabgabe (Nutzen) in einer Übersicht dargestellt. Daraus ist zu erkennen, dass der Nutzen z.B. durch die Erhöhung der Abgabe ther-

mischer und elektrischer Energie verbessert und der Aufwand durch die Verminderung der extern bezogenen Energie vermindert werden können. Die Maßnahmen hierfür greifen häufig sehr komplex ineinander und sind auch im Zusammenhang mit anderen Randbedingungen, wie z.B. der Verfügbarkeit (insbesondere Korrosion) zu sehen. Eine Reihe von Maßnahmen lässt sich an bestehenden Anlagen unmittelbar ohne oder mit vertretbarem Aufwand bezüglich des Umbaus (z.B. zusätzliche Wärmeübertrager, Änderungen im Wasser-Dampfkreislauf) durchführen. Andere Maßnahmen hingegen erfordern erhebliche Änderungen im Anlagenkonzept. Vor diesem Hintergrund erscheint es bei der Diskussion der Maßnahmen im Einzelnen sinnvoll, eine Unterteilung der Maßnahmen vorzunehmen:

- die durch eine betriebliche Optimierung bei bestehenden Anlagen und
  - die im Zusammenhang mit dem Neubau von Anlagen (Konzepte zur weiteren Untersuchung und Erprobung)
- umgesetzt werden können. In beiden Fällen müssen die in Abbildung 2 dargestellten Möglichkeiten gründlich geprüft werden.

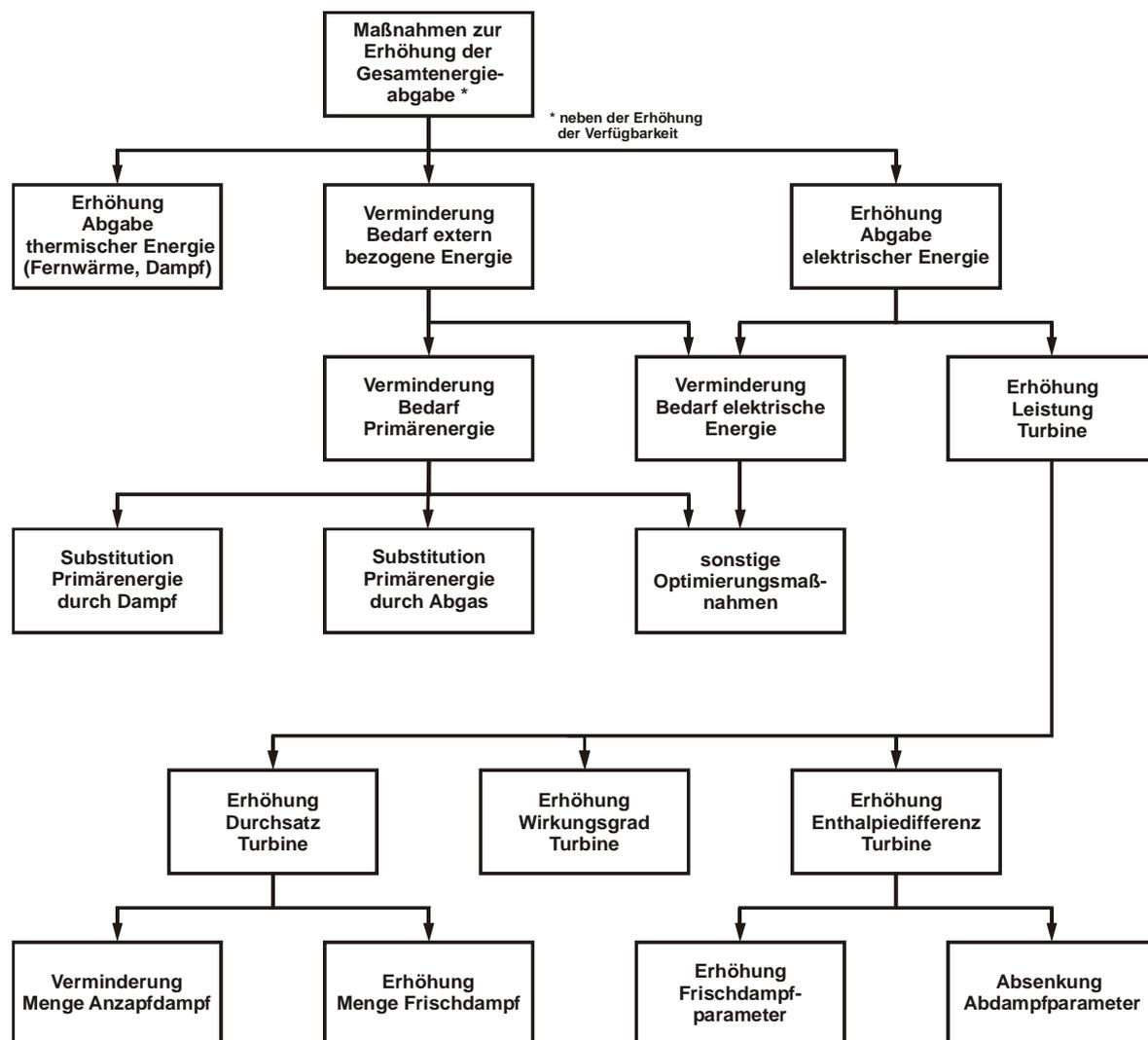


Abbildung 2: Möglichkeiten zur Erhöhung der Gesamtenergieabgabe in Abfallverbrennungsanlagen

## 4 Betriebliche Optimierung bestehender Anlagen

Bei der Frage nach dem Optimierungspotenzial bei bestehenden Anlagen bedarf es zunächst einer umfassenden Analyse des Ist-Zustandes. Dabei geht es um das Auffinden maßgeblicher Verbräuche des Eigenenergiebedarfes und nennenswerter Reserven bei der Energieumwandlung in Nutzenergie, zusammengefasst, der Verminderung der Verluste. Dies erfordert i.d.R. eine detaillierte Bilanzierung der Anlage, in Abhängigkeit von unterschiedlichen Anlagenzuständen (Last, Abfallzusammensetzung, Reisezeit usw.).

Im Folgenden werden mit Bezug auf Abbildung 2 einige Maßnahmen beispielhaft aufgezählt und bezüglich der detaillierten Darstellung jeweils auf das zugehörige Schrifttum verwiesen.

Die Erhöhung Abgabe thermischer Energie ist i.d.R. standortabhängig und wird weiter unten in Abschnitt 5 diskutiert. Bei bestehenden Anlagen sollte sofern möglich über die gezielte Anbindung von Nutzern von thermischer Energie (z.B. Klärschlamm-trocknung) nachgedacht werden.

Bei Überlegungen zur Verminderung des Bedarfs extern bezogener Energie stellt

- Die Substitution von Primärenergie z.B. durch Dampf oder durch Abgas (Wärmeverschiebsysteme, s.u.) bei der Wiederaufheizung der Abgase in der Abgasreinigung häufig eine wirkungsvolle Maßnahme dar [z.B. Barth 2004].
- Weiter ist die Absenkung der DENOX-Betriebstemperaturen zu prüfen [z.B. Metschke 2005].
- Durch die regelmäßige Kalibrierung der Kessel auf die Mindesttemperatur und Verweilzeit für den sauberen und verschmutzten Kessel lässt sich der Einsatz des Stützbrenners minimieren (auch die Absenkung der Mindestverweilzeit bei Nachweis der Gleichwertigkeit ist in Absprache mit der zuständigen Behörde zu prüfen).
- Die Verlängerung der Reisezeiten durch korrosionsmindernde Fahrweise (z.B. [Beckmann et al. 2006, Spiegel et al. 2005], Online-Kesselreinigung und Überwachung des Zustandes des Kessels durch zusätzliche Wärmestrommessung [Beckmann et al. 2005 b] führt zu einer Verringerung der Anzahl von An- und Abfahrvorgängen und somit zur Einsparung von Stützbrennstoff.
- usw.

Die Erhöhung der Abgabe elektrischer Energie lässt sich, wie Abbildung 2 zeigt, auf verschiedene Weise erreichen. Zunächst ist zu prüfen, ob sich Möglichkeiten zur

Verminderung des Bedarfs an elektrischer Energie<sup>1</sup> finden. Hier sind z.B. folgende zu nennen:

- frequenzgeregelte Motoren (z.B. Gebläse Luft, Abgas, Luftkondensator),
- Blindstrom-Kompensation,
- Absenkung der Luftzahl und damit Verminderung Förderleistung Luft- und Abgasstrom, diese Maßnahme trägt darüber hinaus ganz wesentlich zur Reduzierung des Abgasverlustes bei und ist z.B. in Verbindung mit einer Optimierung der Feuerungsleistungsregelung möglich [z.B. Papa et al. 2002],
- Optimierung des Druckluftnetzes,
- usw.

Darüber hinaus ist die Erhöhung der Abgabe elektrischer Energie (Abbildung 2) durch die Erhöhung der Leistung der Turbine, insbesondere durch die Substitution von Dampf durch Abwärme (Verminderung des Verlustes bei gleichzeitiger Steigerung des Nutzens) möglich. Dies kann z.B. durch

- Verringerung der Menge Anzapfdampf z.B. durch Wärmeverschiebesysteme (Wiederaufheizung Abgas) [z.B. Kins et al. 2003],
- Eco-Trick-Schaltung [Metschke 2005],
- den Ersatz von HD-Frischdampf durch Anzapfdampf,
- usw.

erfolgen.

Weiter sind bei einer betrieblichen Optimierung im Zusammenhang mit dem Pfad Erhöhung der Abgabe elektrischer Energie auch Maßnahmen zur Erhöhung der Enthalpiedifferenz der Turbine, speziell die Absenkung der Abdampfparameter zu untersuchen. Hierzu gehören insbesondere die

- Erhöhung der Leistung der Luftkondensatoren [Baumann et al. 2000, Metschke 1997], z.B. durch
  - Verbesserung der Steuerung,
  - Optimierung der Wärmeübertragung,
- Erhöhung der Endfeuchte (in Absprache mit dem Hersteller) des Abdampfes der Turbine [Beckmann et al. 2005 c],
- usw.

Als sonstige Optimierungsmaßnahmen sind zu nennen:

- Vergleichmäßigung der Verbrennungsbedingungen durch
  - Optimierung der Feuerungsleistungsregelung [z.B. Papa et al. 2002, Starke et al. 2005],

---

<sup>1</sup> Betrifft Anlagen mit Erzeugung elektrischer Energie, bei Anlagen mit ausschließlich Wärmeabgabe und damit Fremdbezug elektrischer Energie sind diese Maßnahmen selbstverständlich unter *Verminderung Bedarf extern bezogene Energie* einzuordnen.

- Verminderung von Schwankungen des Abfallheizwertes (z.B. Durchmischung im Bunker, verbesserte Abfallanlieferung; hier kann durch die Online-Bilanzierung eine zeitnahe Information bezüglich des aktuell verbrennenden Abfallmassenstromes und des zugehörigen Energieumsatzes bereit gestellt werden [Beckmann et al. 2005 a], durch die Wärmestromdichtemessung wird ein weiteres Signal zur Überwachung der Feuerlage, Kesselverschmutzung usw. zur Verfügung gestellt [Beckmann et al. 2005 b]),
  - Verbesserung der Durchmischung in der Nachverbrennungszone [z.B. Krüger 1996],
- Luftvorwärmung,
  - Speisewasservorwärmung (z.B. durch Einbeziehung wassergekühlter Roststäbe),
  - Ausbrandverbesserung der Asche,
  - Verminderung der Wärmeverluste allgemein (Kessel, Turbine usw.),
  - Verminderung Druckverlust Abgasreinigung,
  - usw.

Die Aufzählung ist beispielhaft und lässt sich sicher je nach Anlagenkonzept durch die eine oder andere Maßnahme ergänzen. Das ineinander greifen der Maßnahmen ist wie erwähnt häufig sehr komplex. Anhand der Darstellung in Abbildung 2 soll deutlich werden, dass man zum Auffinden von Verlusten und Reserven systematisch vorgehen sollte. Grundlage für die Untersuchung ist wie eingangs erwähnt eine detaillierte Bilanzierung. Ein Werkzeug, das die Bilanzierung des Ist-Zustandes im Betrieb und damit die Optimierung erleichtert, ist die so genannte Online-Bilanzierung [siehe Abschnitt 2, z.B. Beckmann et al. 2005 a, Beckmann et al. 2005 c, Zwahr 2002].

## **5 Neubau von Anlagen und Konzepte zur weiteren Untersuchung und Erprobung**

Im Zusammenhang mit Verlusten wird „manchmal darüber geklagt“, dass Abfallverbrennungsanlagen häufig in ihrer Effizienz beeinträchtigt werden, weil sie wegen der Entsorgungspflicht ohne Rücksicht auf die nachgefragte Nutzenergie verbrennen (d.h. Energie umsetzen) müssen und dann folglich den Teil der bereitgestellten Nutzenergie, die vom Verbraucher nicht abgenommen wird, z.B. durch Kühler „über Dach“, d.h. als Verlust an die Umgebung abgeführt werden muss. Ein hohes Potenzial zur Steigerung der Effizienz ist daher im Zusammenhang mit der Erhöhung der Abgabe thermischer Energie (Abbildung 2) in Form von Fernwärme oder Prozessdampf zu sehen. Diese wichtige und hinsichtlich der Wirksamkeit gesicherte Möglichkeit ist im Zusammenhang mit der Standortwahl bei dem Neubau von Anlagen zu beachten.

Über die im voran stehenden Abschnitt hinaus genannten Möglichkeiten zur Verminderung des Bedarfs an extern bezogener Energie und auch zur Verminderung der Menge Anzapfdampf (Abbildung 2) sei im Zusammenhang mit dem Neubau von Anlagen auf die Rückgewinnung und Nutzung der im Abgas enthaltenen Energie (Niedertemperaturnutzung) [z.B. Kailbauer et al. 2004] hingewiesen.

Auf der Suche nach Wegen zur Effizienzsteigerung auf dem Pfad Erhöhung der Abgabe elektrischer Energie ergibt sich die Möglichkeit der Erhöhung der Frischdampfparameter (Abbildung 2). Bisher gibt es nur wenige Anlagen, bei denen gegenüber den üblichen Dampfparametern (40 bar, 400 °C) erhöhte Drücke und Temperaturen gefahren werden. Einen Überblick über bestehende Anlagenkonzepte mit erhöhten Dampfparametern, einschließlich der Möglichkeiten interner und externer Überhitzung, Zwischenüberhitzung usw. ist z.B. in [Schu et al. 2006] dargestellt. Gründe für die bisher begrenzte Umsetzung solcher Konzepte sind insbesondere im Zusammenhang mit Korrosionsrisiken und den zugehörigen Schutzmaßnahmen, der Anlagenverfügbarkeit und den Investitionskosten zu sehen. Daher bedarf es jeweils im Einzelfall einer gesonderten Gegenüberstellung der Aufwendungen und Erlöse.

Ein weiterer Beitrag zur Erhöhung der Energieeffizienz besteht bei der so genannten Vergasungs-Nachverbrennungsfahrweise durch die Verminderung des Luftüberschusses und der damit zusammenhängenden Absenkung des Abgasmassenstromes, d.h., der Verringerung des Abgasverlustes, der Reduzierung der Zusatzenergie für die Förderung der Verbrennungsluft und des Abgasstromes sowie für die Abgasreinigung [z.B. Beckmann 1995]. Dieses Konzept ist bisher nur im Pilotmaßstab erprobt und an kleineren Anlagen [z.B. Energos 2002] umgesetzt worden und bedarf daher in Bezug auf die Umsetzung noch eingehender Untersuchungen.

## 6 Literatur

- Barth, E.: Optimierung der Abfallverbrennung – Beispiel Abfallheizkraftwerk Augsburg. In: Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 1. TK Verlag Thomé-Kozmiensky Neuruppin 2004, ISBN: 3-935317-16-6, S. 257-276.
- Baumann, P., Krüger, J.: Optimierung der Fahrweise für die Ventilatoren des Luftkondensators in der Müllverbrennungsanlage Schwandorf. In: Müllkraftwerk Schwandorf Betriebsgesellschaft mbH MSB. Jahresbericht 1998. 05/2000, S. 45-49.
- Beckmann, M.: Mathematische Modellierung und Versuche zur Prozessführung bei der Verbrennung und Vergasung in Rostsystemen zur thermischen Rückstandsbehandlung. CUTEC-Schriftenreihe 21, Clausthal-Zellerfeld, 1995.
- Beckmann, M., Horeni, M., Metschke, J., Krüger, J., Papa, G., Englmaier, L., Busch, M.: Optimierung von Müllheizkraftwerken durch Einsatz eines Online-Bilanzierungsprogramms. erschienen in: Thomé-Kozmiensky, K. J., Beckmann, M. (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 2. TK Verlag Thomé-Kozmiensky Neuruppin 2005 a, ISBN: 3-935317-19-0, S. 219-240.

- Beckmann, M., Krüger, S., Spiegel, W.: Charakterisierung und messtechnische Erfassung von betriebsspezifischen Wärmewiderständen an Membranverdampferwänden in Abfall- und Biomasseverbrennungsanlagen. erschienen in: Born, M. (Hrsg.): Dampferzeugerkorrosion. SAXONIA Standortentwicklungs- und -verwaltungsgesellschaft mbH. SIDAF-Tagung Freiberg, 27.-28.10.2005 b. ISBN: 3-934409-27-X, S. 273-288.
- Beckmann, M., Horeni, H.: Möglichkeiten zur Optimierung von Müllverbrennungsanlagen durch Einsatz eines Online-Bilanzierungsprogramms. erschienen in: VDI Wissensforum IWB GmbH (Hrsg.): 22. Deutscher Flammentag - Verbrennung und Feuerungen. Tagung Braunschweig, 21. und 22. September 2005. VDI-Berichte Nr. 1888, VDI Verlag GmbH Düsseldorf 2005 c, ISBN: 3-18-091888-8, S. 643-652.
- Beckmann, M., Spiegel, W.: Optimierung von Abfallverbrennungsanlage. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Beckmann, M. (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 3. TK Verlag Thomé-Kozmiensky Neuruppin 2006, ISBN: 3-935317-21-2, S. 209-264.
- Energos Deutschland: Dezentrale Heizkraftwerke für den Einsatz von Sekundärbrennstoffen. Werbebroschüre 2002 und [www.energos-deutschland.de](http://www.energos-deutschland.de)
- Kailbauer, F., Krämer, S., Priesmeier, U.: Schritte zur Wirkungsgradsteigerung bei MVA-Neuanlagen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 1. TK Verlag Thomé-Kozmiensky Neuruppin 2004, ISBN: 3-935317-16-6, S. 237-246.
- Kins, M., Zwahr, H.: Perspektiven für die Verbesserung des Nutzungsgrades von Müllverbrennungsanlagen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Optimierungspotenzial der Abfallverbrennung. TK Verlag Thomé-Kozmiensky Neuruppin 2003, ISBN: 3-935317-13-1, S. 181-197.
- Krüger, J.: Reduktion der Schadstoffemissionen einer Müllverbrennungsanlage durch Ersatz von Dampf im Überschallbereich in der Feuerung. VGB Kraftwerkstechnik, 76. Jahrgang, Heft 2, 1996, S. 134-138.
- Metschke, J.: Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Luftkondensator und Turbine. In: Müllkraftwerk Schwandorf Betriebsgesellschaft mbH MSB. Jahresbericht 1997. 04/1998, S. 42-43.
- Metschke, J.: Kostenoptimierung bei thermischen Abfallbehandlungsanlagen. In: Thomé-Kozmiensky, K. J., Beckmann, M. (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 2. TK Verlag Thomé-Kozmiensky Neuruppin 2005, ISBN: 3-935317-19-0, S. 301-322.
- Papa, G., Lenz, B.: Ertüchtigung der Feuerungsleistungsregelung gemäß dem aktuellen Stand der Technik im MHKW Coburg. In: Beckmann, M. (Hrsg.): 13. DVV Kolloquium „Thermische Verfahren der Abfallbehandlung – Entwicklungen, Optimierung, Bewertung“, 23./24.09.2002 Weimar, ISBN 3-86068-176-1.
- Schu, R., Born, M.: Erhöhung der Energieeffizienz bei Abfallverbrennungsanlagen durch Prozessführung und Anlagenschaltung. In: Thomé-Kozmiensky, K.J., Beckmann, M. (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 3. TK-Verlag, Neuruppin, 2006, ISBN 3-935317-21-2. S. 283- 326.
- Spiegel, W., Metschke, J., Müller, W., Magel, G., Gruber, K.: Systematisierung und Bewertung von Maßnahmen zur Korrosionsminderung in der betrieblichen Praxis von MVA mittels partikel-förmiger Rauchgasbestandteile. Abschlussbericht 2005, erstellt für das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz.
- Starke, M. et al: Modellprädiktative Führungsregelung zur Verschmutzungsminderung – Konzept und Betriebserfahrungen. 22. Deutscher Flammentag – Verbrennung und Feuerungen. VDI-Berichte Nr. 1888, VDI Verlag GmbH Düsseldorf 2005, ISBN: 3-18-091888-8, S. 333-340.

Zwahr, H.: Kontinuierliches Monitoring der Energieflüsse in einer MVA. erschienen in: VDI-Wissensforum (Hrsg.): BAT- und preisorientierte Dioxin-/Rauchgasreinigungs-techniken 2002 für Verbrennungs- und Feuerungsanlagen. VDI-Seminar 435914, 19./20. September München.

