

Wohin mit dem Restabfall?  
Fachtagung vom 16. bis 17. Februar 2000 in Berlin

**Abfallmitverbrennung in Industrieanlagen**  
**- Was ist verfahrenstechnisch zu beachten? -**

Dr.-Ing. Adolf Nottrodt

Vortragskonzept

**Vorbemerkungen**

Die Bemühungen bei der Umsetzung der Regelungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes in Deutschland und die abfallwirtschaftliche Realität in Deutschland und in Europa hat die Mitverbrennung von Abfällen zur energetischen oder stofflichen Verwertung in Industrieanlagen erneut zu einem spannenden Gegenstand der fachlichen und politischen Diskussion gemacht, nachdem in den 80-ziger Jahren die damalige Versuche, Brennstoff aus Müll (BRAM) herzustellen und in konventionellen Feuerungsanlagen mit niedrigem Abgasreinigungsstandard als Ersatzbrennstoff zu verbrennen, fehlgeschlagen waren.

Das neue Abfallrecht hat den Abfallbegriff neu definiert . Dieser Begriff umfaßt sowohl die Abfälle zur Beseitigung als auch die Abfälle zur Verwertung. Der Abfallerzeuger entscheidet im Rahmen seiner Entsorgungspflicht bei „Abfällen aus anderen Herkunftsbereichen“ (z.B Gewerbeabfälle), für die keine unbedingte Überlassungspflicht an die entsorgungspflichtige Körperschaft besteht, ob es sich im Einzelfall um einen Abfall zur Beseitigung oder Verwertung handelt. Damit entscheidet der Abfallbesitzer, ob er den Abfall im Falle der Beseitigung dem öffentlichen Entsorgungsträger überlassen muß oder ob er bei Annahme der Verwertung den Verwertungsweg frei wählen kann.

Auch für die der Entsorgungspflicht der Gebietskörperschaften unterliegenden Restabfälle aus dem Bereich der Siedlungsabfälle (Hausmüll / hausmüllähnlicher Gewerbeabfall) gibt es neuere Vorschläge für Verfahren zur Herstellung von Sekundärbrennstoffen (SBS). Zu nennen sind hier mechanisch-biologische Aufbereitungsverfahren (MBA) mit dem Ziel diese Sekundärbrennstoffe entweder in Abfallverbrennungsanlagen oder in Industrieanlagen energetisch zu verwerten.

Die Debatte über eindeutige Kriterien für die Abgrenzung von Verwertung und Beseitigung von Abfällen konnte bisher nicht zu einem befriedigenden Ergebnis geführt werden. Soweit diese Debatte neben den ökonomischen, verwaltungsrechtlichen und abfallwirtschaftliche Fragen umwelttechnische Aspekte

berührt, werden vornehmlich ökologischen Maßstäbe diskutiert, die u.a. auch den Vergleich der Verbrennung von Abfällen in Abfallverbrennungsanlagen mit der Verbrennung von Abfällen in industriellen Feuerungsprozessen mit ihren Auswirkungen auf die Umwelt betreffen.

Dieser Vortrag enthält Hinweise auf verfahrenstechnische Randbedingungen und Fragestellungen, die bei der Verbrennung von Abfällen in Industriefeuerungen zur Wärmeerzeugung und Stoffumwandlung, beachtet werden müssen.

Ziel dieser Bemerkungen soll sein, bei der Diskussion und Realisierung der Abfallverbrennung in industriellen Feuerungsprozessen den Sinn dafür schärfen, daß ingenieurtechnischer Sachverstand und Erfahrung im Umgang mit Abfällen bei der Aufbereitung und der Behandlung in thermischen Prozessen in einem besonderen Maße gefordert sind.

Für Insider ist das keine neue Botschaft.

Gleichwohl scheint dieser Hinweis ergänzend zu den ökonomischen, ökologischen, verwaltungsrechtlichen und abfallwirtschaftlichen Aspekten der energetischen und stofflichen Verwertung von Abfällen in Industriefeuerungen geboten.

### **Begriffsbestimmungen**

Das Thema dieser Fachtagung und der Arbeitstitel des Beitrages enthalten einige Begriffe, die bei der Anwendung in diesem Vortrag einer präzisierenden Kommentierung bedürfen.

### **Restabfall**

Die hier zu diskutierende Mitverbrennung von Abfällen in Industrieanlagen soll sich vornehmlich nur auf Restabfälle beziehen. Dazu gehören im weitesten Sinne die sgn. Ersatzbrennstoffe(ESB) oder Sekundärbrennstoffe(SBS), die aus Restabfällen durch Aufbereitung gewonnen werden. Darüberhinaus werden auch sonstige Abfälle einbezogen, dem Verwertungsregim zuzuordnen sind und als produktionsspezifische Abfälle aus dem gewerblichen und industriellen Bereich in Industrieanlagen verbrannt werden.

## Abfallmitverbrennung

Der Begriff wird in diesem Beitrag ausgeweitet auch auf solche thermische industriellen Prozesse die den ausschließlichen Einsatz von Abfällen zur energetischen oder stofflichen Verwertung unter Verzicht auf den Einsatz fossiler Brennstoffe (Regelbrennstoffe) vorsehen oder anstreben. (z.B. Einsatz von Abfällen bei der Druckvergasung)

## Industrieanlagen

Von den industriellen thermischen Prozessen, die bei Abfallmitverbrennung vornehmlich im Gespräch und in der Realisation sind, werden hier die Produktion von Zementklinker, der Hochofenprozess und das kohlebefeuerte Kraftwerk bzw. Heizwerk genannt. Originäre Verfahrensziele dieser Prozesse sind die Wärmeerzeugung und die Umwandlung von Stoffen. Von diesen Prozessen abgegrenzt wird der Prozess der thermischen Abfallbehandlung, dessen immissionschutzrechtliche Zulassung u.a. allen Regelungen der 17. BImSchV unterfällt.

<b><u>Nutzung der entstehenden Wärme in unterschiedlichen Anlagen</u></b>	
<b>Anlage</b>	<b>Wärmenutzung für</b>
Zementwerk	Calcination von Calciumcarbonat zu Calciumoxid und Kohlendioxid [ $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ].
Hochofen	1. Reduktion von Eisenoxiden zu elementarem Eisen einschließlich Erschmelzen des Roheisens. 2. Nutzung der chemischen Energie des Gichtgases durch Verbrennen und Nutzung der freigesetzten Wärme als Heiz- oder Prozesswärme, ggf. auch durch Verstromung.
Kraftwerk / Heizwerk	Produktion von Dampf zur Erzeugung von elektrischen Strom und/oder leitungsgebundener Wärme.
Abfallverbrennungsanlage gemäß 17.BimSchV	1. Thermische Behandlung von Abfällen zur Beseitigung. 2. Produktion von Dampf zur Erzeugung von elektrischen Strom und leitungsgebundener Wärme.

Die Tabelle faßt die Nutzungen der entstehenden Wärme für die genannten Anlagen in einer Übersicht zusammen.

### **Was ist bei der Verbrennung von Abfällen in Industrieanlagen verfahrenstechnisch zu beachten?**

Jeder Betreiber einer Industrieanlage zur Wärmerzeugung und und/oder zur Herstellung eines Produktes (z.B. Zementklinker, Roheisen, Stahl) hat darauf zu achten, daß der Betrieb seiner Anlage störungsfrei mit hoher Verfügbarkeit möglich ist und daß die am Markt geforderte Qualität des Produktes durch den Einsatz von Abfällen in den Produktionsprozess nicht beeinträchtigt wird. Diese verfahrenstechnische Forderung gilt auch für Abfallaufbereitungsanlagen zur Herstellung von Sekundärbrennstoffen.

Der Betreiber hat darüberhinaus im bestimmungsgemäßen Betrieb der Anlage sicherzustellen, daß bei Umschlag, Lagerung und Verbrennung von Abfällen:

- bei der Anlieferung ein gefahrloser und störungsfreier Umschlag der Abfälle gewährleistet ist,
- eine gefahrlose und störungsfreie Lagerung in Tank-, Silo- oder Bunkieranlagen möglich ist
- eine gefahrlose und störungsfreie Aufgabe der Abfälle und deren Ausbrand unter Einhaltung aller immissionsschutzrechtlichen Auflagen für die öffentlichrechtliche Zulassung des Anlagenbetriebes möglich ist.
- keine schädigende Beeinträchtigung des Betriebes der Anlage durch den aufgebene Abfall (z.B durch Eintrag besonders korrosionsfördernder Stoffe) vermieden wird,
- Beeinträchtigungen der Eigenschaften der Abfälle/Produkte aus dem Prozess vermieden werden.

Eine Systematik der Fragestellungen nach verfahrenstechnischen Anforderungen bei der Mitverbrennung von Abfällen umfaßt

### **Anlagenbezogene Anforderungen:**

- Bei der Abfallannahme, der Lagerung und der Aufgabe
- Bei der Abfallaufbereitung
- In den Feuer- und Reaktionsräumen des Prozesses (z.B. Drehrohr, Rost/Feuerraum, Rektorgefäß u.ä.)
- In den nachgeschalteten Dampferzeugern
- In den Abgasreinigungsanlagen und den Komponenten der Abgasableitung

### **Abfallbezogene Anforderungen:**

- Physikalische Eigenschaften (z.B. Aggregatzustand, Geometrie, Korngrößenverteilung usw.)
- Energetische und verbrennungstechnische Eigenschaften (z.B. Wassergehalt, Heizwert)
- Chemische Eigenschaften (z.B. Schadstoffgehalte)

### **Produktbezogene Anforderungen**

Die verfahrenstechnischen Anforderungen können wegen der Vielfalt der zu betrachtenden einzelnen Verfahren der Aufbereitung und Mitverbrennung von Abfällen zur Verwertung in Industrieanlagen auch nicht annähernd befriedigend in einem kurzen Vortrag vorgestellt werden.

Aus diesem Grunde werden beispielhaft für die Relevanz der verfahrenstechnischen Fragen bei der Mitverbrennung von Abfällen einige Autoren aus der jüngeren einschlägigen Literatur mit den von Ihnen vorgestellten Ergebnissen zitiert und kommentiert.

[1] Willing E.: Wege und Irrwege bei der Aufbereitung von Abfällen  
- Rückblick und Ausblick –  
Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch –  
mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.),  
Witzenhausen 1999, Baeza-Verlag

- Es fehlten Labor-Aufbereitungsversuche.
- Man war zu oft auf einen Maschinentyp oder die Maschinpalette eines Lieferanten fixiert.
- Das Zusammenstellen marktgängiger Maschinen der Zerkeinerung, der Siebung und der Sortierung, die sich meist unter anderen Bedingungen als erfolgreich erwiesen hatten, führt nicht immer zu einer funktionierenden Gesamtanlage.
- Ein ernstzunehmendes Problem liegt darin, daß in der Fachliteratur selten kritische Berichte über Aufbereitungsanlagen erscheinen, sondern meist interessengebundene, sehr positive Beiträge.
- Die Analyse der Aufbereitungsverfahren der letzten 25 Jahre bringt in jedem Fall zahlreiche Hinweise auf Fehler und Mängel in der Vorbereitung, Planung und Gestaltung der Anlagen, die heute vermieden werden sollten.

- [2] Wandschneider J.: Verbrennung von heizwertreicher Leichtfraktion  
Erste Erfahrungen aus der GAVI-VAM (Wijster)  
Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
Nr. 137, München 1998

Der Autor beschreibt die Eigenschaften und das Verhalten der heizwertreichen Leichtfraktion (RDF):

- Frisches RDF ist ohne inneren Verband.
- Beim Entleeren in die Aufgabetrichter fliegt das RDF auf und führt zu größeren Verschmutzungsproblemen.
- Bei Lagerung verdichtet das RDF sehr stark. Es ist mit dem Polypgreifer nur schwer aufzunehmen. Das Eindringvermögen des Greifers ist gering.
- Das Fließverhalten im Trichter/Fallschacht ist deutlich unterschiedlich zum Rohmüll.
- Die gesamte Geometrie von Trichter und Fallschacht sowie Zuteiler müssen dem veränderten Brennstoff angepaßt werden.
- Das Fehlen grobstückiger Teile wirkt sich auf das Fließverhalten negativ aus.
- Es treten leicht Rückbrände auf.



- [8] Scur P.: Einsatz von heizwertreichen Abfällen in der Zementindustrie am Beispiel der Zementwerke Rüdersdorf Vortrag auf dem 17. Seminar des FGU „Mitverbrennen von Abfällen – eine sinnvolle Entsorgungsmöglichkeit?“ im Rahmen der UTECH Berlin'97 am 17. Februar 1997
- [9] Scur P.: Potentiale und Grenzen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen in der Zementindustrie Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch – mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.), Witzhausen 1999, Baeza-Verlag

Der Autor gibt Hinweise auf allgemeine Anforderungen an die Ersatzbrennstoffe und deren Aufbereitung, die aus den Erfahrungen im Großanlagenbetrieb abgeleitet wurden:

- In jedem Fall müssen Sekundärbrennstoffe wie alle Roh- und Brennstoffe **gut dosierbar** sein. Dies setzt in einigen Fällen eine zusätzliche Aufbereitungsstufe vor dem Zementprozess voraus. [8]

Zielstellungen der Aufbereitung sind:

- Ausschleusung von Störstoffen wie Metallen, Glas, Keramik und anderen mineralischen Stoffen, die in den Produktionsanlagen des Zementwerkes Schäden hervorrufen können. Dadurch wird gleichzeitig eine Verringerung der Schadstofffracht erreicht.
- Verbesserung des Material-Handlings, wie Transportfähigkeit, Förderverhalten, Dosierbarkeit.
- Vergleichmäßigung.
- Anpassung an die jeweiligen Anforderungen des Verbrennungsprozesses, z.B. durch Erhöhung des Heizwertes oder der Reaktionsfähigkeit.

- [12] Glorius Th.: Erfahrungen mit Produktion und Einsatz qualitätsgesicherter, anpelletierter Sekundärbrennstoffe auf Basis produktionsspezifischer Gewerbeabfälle  
Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin'98 am 17./18. Februar 1998

Der Autor kommt vor dem Hintergrund praktischer Erfahrungen zu folgenden Feststellungen:

- Der Einsatz auch hoher Anteile (bis zu 40 %) von qualitätsgesicherten, schadstoffarmen Brennstoffen aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen in der Zement und Kalkindustrie erfolgt ohne Veränderung des zum Klinker- bzw. Kalkbrennen erforderlichen Temperaturprofil, ohne Verschlechterung der Klinker- bzw. Kalkqualität und ohne negative Beeinflussung der Emissionssituation.

In einem Ausblick wird formuliert:

- Die positiven Resultate bei Produktion und Einsatz Brennstoffen aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen (BPG) bilden die Grundlage zum Aufbau einer weiteren Sekundärbrennstoffschiene (SBS) auf der Basis von Hausmüll, Gewerbeabfall und Sperrmüll durch gezielte Entmischung bzw. Entnahme der heizwertreichen Leichtfraktion.
- Allerdings sind dafür die Qualitätssicherungskette und die Aufbereitungstechnik anzupassen, um auch hier einen umwelt- und produktionsverträglichen Sekundärbrennstoff garantieren zu können.
- Schadstoffhaltige Abfälle sind hingegen in dafür entwickelten und errichteten Beseitigungsanlagen zu entsorgen.

- [4] Born M.: Prozessoptimierung bei der Verbrennung und Vergasung von Abfällen  
Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
Nr. 137, München 1998
- [14] Born M., Seifert P.: Rauchgasseitige Korrosion an Dampferzeugerheizflächen aus der Sicht der Thermodynamik  
VDI-Berichte 1359 (1997)

Prof. Born aus Freiberg verweist bei der Verbrennung chlorhaltiger Abfälle im Zusammenhang mit der allseits gefürchteten und ernstzunehmenden Gefahr der Chlorkorrosionen auf den abgasseitigen Dampferzeugerheizflächen auf folgende Sachverhalte:

- Bis zu Temperaturen von 1.100 bis 1200 °C wird Chlor unabhängig vom Sauerstoffangebot überwiegend als HCl freigesetzt. Bei höheren Temperaturen entstehen Alkalichloride, die auf den Wärmeübertragen kondensieren können.
- Tiefergehende Rechnungen haben gezeigt, daß auf die Bildung korrosiver Chlorverbindungen mehrere mineralische Komponenten Einfluß nehmen [14].
- Da Chlor als HCl, Alkalichlorid und Schwermetallchlorid gebunden werden, lassen die Ergebnisse der Berechnung primär keine Möglichkeiten der Vermeidung der Korrosionen erkennen.
- Eine Korrosionsminderung kann erwartet werden, wenn der Kontakt der Reaktionspartner reduziert wird (HCl im Abgas) oder das Chlor in Verbindungen überführt wird, die geringere Korrosionsgeschwindigkeiten aufweisen.

- [13] Schäfers W.,  
Schumacher.W.: Aktuelle technische Entwicklungen bei  
Restmüllverbrennungsanlagen  
Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch –  
mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.),  
Witzenhausen 1999, Baeza-Verlag

Die Autoren berichten über neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Rostfeuerungen und erwähnen folgende Merkmale:

- Akustische Temperaturmessung zur Überwachung der Temperatur- und Strömungsverhältnisse im Feuerraum.
- Kamerageführte Feuerungsleistungsregelung durch optische Erfassung der Verbrennungssituation auf dem Rost.
- Cladding/Auftragsschweißung zum Schutz korrosionsgefährdeter abgasseitiger Anlagenteile.
- Einsatz wassergekühlter Rostanlagen.

- [5] Seifert W., Butker B.: Abfallaufbereitung und Vergasung im SVZ-Festbettdruck- und BGL-Vergaser  
Vortrag zum VDI-Seminar „Kostenminimierte Abfallentsorgung Kalt/Warm“ am 14./15. Oktober 1999 in Freiberg

Die Autoren berichten über den aktuellen Stand der Festbettdruck-Vergasung und der British-Gas-LURGI-Schlackebadvergasung (BGL-Vergasung) im Sekundärstoff Verwertungszentrum Schwarze Pumpe (SVZ).

Hier werden nur Hinweise auf die Anforderungen an die Einsatzstoffe und die Aufbereitung der eingesetzten Abfälle zitiert:

- Die auf den Markt vorhandenen Abfallstoffe sind in ihrer primären Darbietungsform überwiegend als Vergasungsstoff nicht einsetzbar.
- Von großer Bedeutung für die stabile Beherrschung des Vergasungsprozesses ist die vergasungsgerechte Aufbereitung der Abfälle zu einem stückigen Einsatzstoff, der definierten Anforderungen an seine mechanische und thermische Beständigkeit genügt.
- Im SVZ werden dazu technisch unterschiedlich ausgerüstete Aufbereitungsanlagen betrieben.
- Eine Aufbereitungsanlage dient der Erzeugung von mechanisch stabiler und thermofester Abfallpellets aus Hausmüll, hausmüllähnlichem Gewerbemüll, Sortierresten, Altkunststoffen, Shreddergut und anderen Abfällen.
- Die produzierten Abfallpellets werden im Gemisch mit anderweitig aufbereiteten Abfällen (z.B. Kunststoff-Kompaktaten, Klärschlammbricketts u.a.) in den vorhandenen Festbettdruckvergasern und im neuen BGL-Vergaser eingesetzt.

- [11] Kossina I.,  
Zehetner G.: Energetische Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen – rechtliche und konzeptionelle Bedingungen für die Republik Österreich  
Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin'98 am 17./18. Februar 1998

Die Autorinnen kommen in Arbeit unter dem Abschnitt „Mitverbrennung in Industrieanlagen“ zu der Festellung

**„Die technischen Möglichkeiten zur umweltverträglichen Mitverbrennung und deren ökologische und ökonomische Zweckmäßigkeit müßten in jedem Einzelfall geprüft werden.“**

Dem kann zunächst uneingeschränkt zugestimmt werden.

Der Vortragende schlägt ergänzend eine erweiterte Fassung dieser Forderung unter Vermeidung des Konjunktivs vor:

**Die abfalltechnologischen und verfahrenstechnischen Möglichkeiten zur umweltverträglichen Mitverbrennung und deren ökologische und ökonomische Zweckmäßigkeit müssen in jedem Einzelfall geprüft werden.**

## Quellen:

- [1] Willing E.: Wege und Irrwege bei der Aufbereitung von Abfällen  
- Rückblick und Ausblick –  
Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch –  
mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.),  
Witzenhausen 1999, Baeza-Verlag
- [2] Wandschneider J.: Verbrennung von heizwertreicher Leichtfraktion  
Erste Erfahrungen aus der GAVI-VAM (Wijster)  
Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
Nr. 137, München 1998
- [3] Jennes R., Jeschar R.: Einsatz von brennbaren Reststoffen in industriellen  
Prozessen  
Verbrennung und Feuerung: Tagung Delft, 28. Und 29.  
August 1997, VDI-Gesellschaft Energietechnik –  
Düsseldorf: VDI-Verlag 1997 (VDI-Berichte 1313)
- [4] Born M.: Prozessoptimierung bei der Verbrennung und Vergasung  
von Abfällen  
Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft  
Technische Universität München  
Nr. 137, München 1998
- [5] Seifert W., Butker B.: Abfallaufbereitung und Vergasung im SVZ-Festbettdruck-  
und BGL-Vergaser  
Vortrag zum VDI-Seminar „Kostenminimierte  
Abfallentsorgung Kalt/Warm“ am 14./15. Oktober 1999 in  
Freiberg
- [6] Reimann D.O.,  
Hämmerli H.: Verbrennungstechnik für Abfälle in Theorie und Praxis  
Schriftenreihe Umweltschutz, Bamberg 1995
- [7] Thomé-Kozmiensky  
K.J.: Verfahren und Stoffe in der Kreislaufwirtschaft  
Berlin: EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, 1995
- [8] Scur P.: Einsatz von heizwertreichen Abfällen in der  
Zementindustrie am Beispiel der Zementwerke Rüdersdorf  
Vortrag auf dem 17. Seminar des FGU „Mitverbrennen von  
Abfällen – eine sinnvolle Entsorgungsmöglichkeit?“ im  
Rahmen der UTECH Berlin'97 am 17. Februar 1997

- [9] Scur P.: Potentiale und Grenzen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen in der Zementindustrie Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch – mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.), Witzhausen 1999, Baeza-Verlag
- [10] Wiemer K., Kern M.: Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung nach dem Trockenstabilatverfahren Witzhausen 1995, Baeza-Verlag
- [11] Kossina I., Zehetner G.: Energetische Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen – rechtliche und konzeptionelle Bedingungen für die Republik Österreich Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin'98 am 17./18. Februar 1998
- [12] Glorius Th.: Erfahrungen mit Produktion und Einsatz qualitätsgesicherter, anpelletierter Sekundärbrennstoffe auf Basis produktionsspezifischer Gewerbeabfälle Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin'98 am 17./18. Februar 1998
- [13] Schäfers W., Schumacher W.: Aktuelle technische Entwicklungen bei Restmüllverbrennungsanlagen Bio- und Restabfallbehandlung III, biologisch – mechanisch – thermisch, K. Wiemer, M. Kern (Hrsg.), Witzhausen 1999, Baeza-Verlag
- [14] Born M., Seifert P.: Rauchgasseitige Korrosion an Dampferzeugerheizflächen aus der Sicht der Thermodynamik VDI-Berichte 1359 (1997)