

Der Markt für Ersatzbrennstoffe

Dipl.-Biol. Barbara Zeschmar-Lahl, Oytten

1 Rechtlicher Rahmen

Die „Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen“, die am 1. März 2001 in Kraft getreten ist, wird die Siedlungsabfallpolitik der nächsten Jahre nachhaltig prägen. Die Artikelverordnung besteht aus drei getrennten Verordnungen, von denen die „Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen – Abfall-Ablagerungsverordnung (AbfAbIV)“ sicherlich den wichtigsten „Baustein“ darstellt. Die AbfAbIV regelt Teilbereiche, die bisher von der TA Siedlungsabfall (TASi), einer Verwaltungsvorschrift, geregelt waren. Die AbfAbIV regelt diese Anforderungen nunmehr auf einem rechtlich höherem Niveau. So führt die Rechtsform der Verordnung dazu, dass die Norm ohne behördliche Umsetzung unmittelbar auch für Betreiber von Deponien und entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften gilt.

Die AbfAbIV dient insbesondere dazu, die Regeln zu fixieren, nach denen zukünftig Abfälle deponiert werden dürfen. Die TASi erlaubte ab dem Datum 01.06.2005 die Ablagerung von Restabfällen auf Deponien nur, wenn definierte Anforderungen eingehalten werden. Eine dieser Anforderungen war der Grenzwert für die Organik im Deponiegut (3 % TOC). Diese Anforderung bedeutete in der Praxis, dass nur thermisch vorbehandelte Abfälle diesem Kriterium entsprechen konnten und abgelagert werden durften. Die neue AbfAbIV verstärkt diese Anforderung insoweit, als sie diese Regelung übernimmt (Anhang 1) und dies zudem im Rang einer Rechtsverordnung. Mit Anhang 2 AbfAbIV wird nun ein Anforderungsprofil eingeführt, das die Möglichkeit einräumt, Deponiegut aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) abzulagern. Hierzu sind Grenzwerte u.a. für die Stabilität der Abfälle oder die Entfrachtung von Energieträgern eingeführt worden (siehe Tab. 1).

Neben der nationalen rechtlichen Rahmenlage sind weiterhin auch die relevanten EU-rechtlichen Randbedingungen zu berücksichtigen. Die EU-Deponierichtlinie wurde anteilig durch das genannte Verordnungspaket umgesetzt. Noch ausstehende Regelungsbereiche sollen z.B. durch die Deponie-Verordnung (1), die im Entwurf vorliegt, geregelt werden. Letztere wird die rechtliche Lage komplizierter machen, da diese neue Verordnung *neben* die AbfAbIV tritt und dadurch weiteren Regelungsbereich der TA Siedlungsabfall ablöst.

2 Behandlungsbedarf – Versuch einer Prognose für das Jahr 2005

Im Kern bleibt auch nach neuer Rechtslage die Anforderung erhalten, dass nach dem Jahr 2005 das Deponieren von unvorbehandeltem Siedlungsabfall untersagt, allerdings jetzt verbindlich bis hin zur strafrechtlichen Bewehrung.

Tab. 1: Grenzwert-Anforderungen der Abfallablagerungsverordnung für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle (AbfAbIV)

Anhang 2

Zuordnungskriterien für Deponien für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle:

Bei der Zuordnung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen zu Deponien sind die folgenden Zuordnungswerte einzuhalten:

- Nr. 2: TOC: ≤ 18 Masse-% oder *alternativ* Nr. 6: oberer Heizwert (Ho): ≤ 6.000 MJ/Mg
- Nr. 5: Atmungsaktivität (AT_4): ≤ 5 mg O_2 /g TM oder *alternativ* Gasbildungsrate (GB_{21}): ≤ 20 l/kg TM
- Nr. 4.03: TOC im Eluat: ≤ 250 mg/l
- Parameter wie pH, Leitfähigkeit, weitere Eluatkriterien

Anhang 4, Punkt 3.2

Bei Kontrollanalysen für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle gilt die Einhaltung der Zuordnungswerte des Anhanges 2 für folgende Parameter als noch gegeben, wenn ein Parameter den nachfolgend aufgeführten jeweiligen Grenzwert zwar überschreitet, dieser Grenzwert bei den vorausgegangenen vier Kontrollanalysen jedoch eingehalten wurde (Nummern in Klammern beziehen sich auf Anhang 2):

- TOC (Nr. 2): = 21 %
- TOC (Eluat, Nr. 4.03): = 300 mg/l
- AT_4 (Nr. 5): = 10 mg/g
- GB_{21} (Nr. 5): = 30 l/kg
- Oberer Heizwert (Nr. 6): = 7.000 MJ/Mg

Für die übrigen Parameter des Anhanges 2 gilt Nummer 3.1 entsprechend, z.B. für Eluatkriterien gilt Grenzwert ± 50 % (relativ).

Anhang 4, Punkt 3.3¹

Die vom Besitzer von Siedlungsabfällen nach § 5 Abs. 6 nachzuweisende Einhaltung der dort genannten Zuordnungswerte gilt als noch gegeben, wenn der 80 % Perzentil-Wert des jeweiligen Parameters den Zuordnungswert nach Nummer ... 3.2 nicht überschreitet und der Median aller Messwerte der letzten zwölf Monate den entsprechenden Zuordnungswert nach Anhang ... 2 eingehalten hat.

Um das Regelungsziel zu erfüllen, werden dem Entsorgungspflichtigen zwei Handlungsmöglichkeiten eingeräumt:

¹ Durch die Regelung in Anhang 4, Punkt 3.3 wird dem MBA-Betreiber eine erhebliche Erleichterung eröffnet. Die relativ scharfen Grenzwerte im Anhang 2 für TOC/Ho, AT_4/GB_{21} , TOC_{Eluat} müssen nur von 50 % der Messwerte (Median) eingehalten werden. Für die Überschreitungen ist eine weitere Regelung festgelegt: 80 % aller Messwerte müssen einen höheren Grenzwert (Nummer 3.2) einhalten, z.B. einen Ho von 7.000 MJ/Mg.

- Der Abfall kann thermisch behandelt (und die Rückstände können anschließend verwertet oder beseitigt) werden.
- Der Abfall kann mechanisch-biologisch behandelt (und die Rückstände können anschließend verwertet oder beseitigt) werden.

Um die Prognose für das Jahr 2005 vollständig fassen zu können, sind weitere rechtliche Randbedingungen einzubeziehen, die gegenwärtig noch nicht vollständig Gestalt angenommen haben. Neben der schon angesprochenen Deponie-Verordnung (1) sind dies diverse Verordnungen an der Schnittstelle von Beseitigung und Verwertung (Gewerbeabfallverordnung (2), Altholzverordnung etc.) und insbesondere die Novellierung der 17. BImSchV, die dazu dienen wird, die EU-Abfallverbrennungsrichtlinie in deutsches Recht umzusetzen (3). Für letztere wird es darum gehen, wie der Ordnungsgeber die Abfallmitverbrennung regeln wird. Unklar ist, ob es eine 1 : 1 - Umsetzung oder eine über die EU-Verbrennungsrichtlinie hinausgehende Harmonisierung zwischen Monoverbrennung und Mitverbrennung geben wird.

In den bisherigen Prognosen findet die Diskussion fokussiert auf den Hausmüllsektor statt. Es ist aber möglicherweise auf diesem Feld mehr Klarheit und Transparenz gegeben, als dies für den bisher „unterbelichteten“ Sektor der Gewerbeabfälle der Fall ist. Die mangelnde Transparenz hängt sicherlich damit zusammen, dass heute niemand aus dem privaten Entsorgungsgewerbe gerne darüber spricht, wieviel Millionen Tonnen an Gewerbeabfällen heute kostengünstig auf Deponien „verwertet“ werden.

Entscheidend ist die Frage, wie groß die Entsorgungslücke ist, die bis 2005 für beide Sektoren zu schließen sein wird. Der Gesamtbedarf an thermischer Behandlungskapazität errechnet sich aus dem Bedarf für die Behandlung von Restabfall bzw. heizwertreichen Fraktionen aus der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) sowie für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle einschließlich der Sortierreste.

Das Aufkommen an hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen zur Beseitigung plus Sortierresten belief sich im Jahr 1998 auf rund 6,3 Mio. Mg (4). Spätestens ab dem Jahr 2005, wenn die AbfAbIV die Scheinverwertung von Gewerbeabfällen auf Deponien beenden wird, werden hausmüllähnliche Gewerbeabfälle wieder verstärkt in die thermische Behandlung drängen. Die fraglichen Mengen liegen bei schätzungsweise 3 bis 5 Mio. Mg/a. Diese Abfälle werden dann mit den Restabfällen aus Haushaltungen um die thermischen Behandlungskapazitäten konkurrieren (5).

Für 2005 wird das Aufkommen an Restabfällen aus Haushaltungen (ohne Sperrmüll) mit 12 - 16 Mio. Mg abgeschätzt. Die bis dahin verfügbare Kapazität an mechanisch-biologischer Behandlung von 2 bis 2,6 Mio. Mg wird einen Folgebedarf an thermischer Kapazität für die hochkalorische Fraktion von 1 bis 1,3 Mio. Mg/a nach sich ziehen (bei einem Split von 50 % für die hochkalorische Fraktion). Dem steht eine bis dahin realisierte MVA-Kapazität von rund 16 Mio. Mg/a gegenüber.

Unter der Voraussetzung, dass die Scheinverwertung von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen ab 2005 beendet wird (und sich nicht auf den Billigdeponien mit vorgeschalteter Sortieranlage in grenznahen EU-Beitrittsländern fortsetzt), wird eine Entsorgungslücke für Restabfall und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall von ca. 4 bis 8 Mio. Mg/a entstehen (siehe Tab. 2).

Um die beschriebene Entsorgungslücke für Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall von geschätzten 4 bis 8 Mio. Mg je Jahr zu schließen (2005), können grundsätzlich weitere entsprechende MVAs gebaut werden. Probleme mit der technischen Verfügbarkeit sind nicht erkennbar, abstrahiert man einmal von Fragen einer erforderlichen ausreichenden Kapazität des Anlagenbaus und insbesondere der Verfügbarkeit ausreichender Standorte, was primär eine politische Frage darstellt.

Tab. 2: Fehlende Behandlungskapazität für Restabfall und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle im Jahr 2005 (eigene Berechnung)

	Minimalszenario	Maximalszenario
Gewerbeabfall zur Beseitigung	6,3 Mio. Mg/a	6,3 Mio. Mg/a
Gewerbeabfall aus Scheinverwertung	3,0 Mio. Mg/a	5,0 Mio. Mg/a
Restabfall aus Haushalten	12,0 Mio. Mg/a	14,0 Mio. Mg/a
Summe Aufkommen	21,3 Mio. Mg/a	25,3 Mio. Mg/a
MVA-Kapazität, vorhanden	16,0 Mio. Mg/a	16,0 Mio. Mg/a
MBA-Kapazität, vorhanden	2,0 Mio. Mg/a	2,6 Mio. Mg/a
thermischer Nachfolgebedarf MBA = 50 %	1,0 Mio. Mg/a	1,3 Mio. Mg/a
Summe Behandlungskapazität	17,0 Mio. Mg/a	17,3 Mio. Mg/a
Fehlende Behandlungskapazität	4,3 Mio. Mg/a	8,0 Mio. Mg/a

Die Anzahl an hierfür alternativ (oder ergänzend) zu bauenden mechanisch-biologischen, mechanischen oder mechanisch-physikalischen Behandlungsanlagen ist grundsätzlich bis 2005 realisierbar, obwohl die Realisierungszeiträume bereits eng geworden sind. Für die Zukunft der Abfallentsorgung in Deutschland bedeutet dies, dass, abstrahiert man einmal von Details für beispielsweise nachgeschaltete Aufbereitungen dieser Fraktion, um sie für die jeweiligen Entsorgungstechniken nutzbar zu machen, in einem reinen MBA-Szenario (kein Bau weiterer MVAs, sondern nur noch MBAs) immer noch zwischen **2 bis 4 Mio. Mg/a an hochkalorischen Fraktionen** (bei einem Split von 50 % in der MBA) anfallen würden. Offen ist die Frage, wie die erzeugten Ersatzbrennstoffe entsorgt werden können. Hierfür besteht die Möglichkeit, Monoverbrennungsanlagen (energetische Verwertungsanlagen) neu zu bauen oder Kapazitäten im Bereich der Abfallmitverbrennung zu nutzen.

Gegenwärtig ist nicht prognostizierbar, in welchem Umfang zur Schließung der beschriebenen Entsorgungslücke eher auf den Bau von thermischen Neuanlagen (MVA) oder auf MA- (Gewerbeabfall) und MBA-Konzepte (Hausmüll) zurückgegriffen werden wird.

Folgt man dem gegenwärtigen Trend, der aus den Ausschreibungsergebnissen der letzten beiden Jahren folgt, so ist eher mit MBA-Konzepten zu rechnen. Diese Konzepte ziehen einen weiteren Bedarf an thermischer Kapazität zur Behandlung/Verwertung nach sich, der mit dem vorhandenen Anlagenpark nicht abgedeckt werden kann.

In welchem Umfang die jeweiligen Behandlungsoptionen (MVA, energetische Verwertung) gewählt werden, ist noch nicht entschieden und unterliegt den zukünftigen politischen Entscheidungen und dem Marktgeschehen. Im Folgenden wird zunächst untersucht, welche Beiträge die einzelnen Behandlungsoptionen jeweils beitragen können.

3 Markt für Ersatzbrennstoffe

Das Schließen der oben genannten Entsorgungslücke ist im Wesentlichen über den Ausbau von thermischer Behandlungskapazität zu erreichen. Mechanische und mechanisch-biologische Kapazitäten sind bereits heute umfänglich vorhanden und werden sich m.E. auch problemlos auslasten oder ausbauen lassen, führen jedoch zu einem thermischen Nachfolgebedarf in Höhe von rund 50 % des Anlageninputs.

Die Entsorgungslücke an thermischen Behandlungskapazitäten kann über den Bau von Neuanlagen oder die Mitverbrennung (als Ersatzbrennstoffe) in vorhandenen Industrieanlagen geschlossen werden. Mit dem Neubau an Behandlungskapazitäten, abstrahiert man einmal von gewissen Problemen des Anlagenbaus, in kurzen Zeiträumen den Markt hochzufahren, könnte die skizzierte Entsorgungslücke geschlossen werden. Die Engpässe sind eher finanzieller Natur, da hierfür ein beachtliches Investvolumen freigesetzt werden müsste, und insbesondere standortbezogen. Es würde in einem derartigen Szenario erforderlich sein, in größerem Umfang Standorte für thermische Abfallbehandlungsanlagen zu erschließen.

Daher ist verständlich, dass politisch eher auf die Abfallmitverbrennung in vorhandenen Industrieanlagen gesetzt wird. Die Absatzmöglichkeiten in Europa sind – theoretisch – umfänglich gegeben. Im Rahmen einer für die DG XVII der EU-Kommission ausgearbeiteten Studie kommt die TNO zu einem möglichen Marktvolumen von 80 Mio. Mg/a an Ersatzbrennstoffen für die Europäische Union (6). Der nationale Markt in Deutschland ist allerdings noch nicht voll entwickelt. Hier ist von Interesse, wie sich die Marktpotenziale – rein theoretisch – darstellen würden.

3.1 Potenzielle Abnehmer von Ersatzbrennstoffen

Grundsätzlich sind die Absatzmöglichkeiten bzw. die potenziellen Abnehmer für die o.g. Mengen an Ersatzbrennstoffen schon heute beschreibbar. Die folgenden Anlagen zur Abfallmitverbrennung sind angesprochen:

- Zementwerke,
- Kraftwerke,
- Eisen- und Stahlindustrie,
- sonstige industrielle Anlagen.

3.1.1 Zementwerke

In Deutschland sind rund 60 Zementöfen im Betrieb. Die gesamte Brennstoffleistung der deutschen Zementwirtschaft liegt bei 84 Mio. GJ/a. Eine 50 %ige Substitution mit Ersatzbrennstoffen (16.000 MJ/Mg), was sicherlich hohe betriebliche Anforderungen an die Zementwirtschaft stellen würde, hätte einen Ersatzbrennstoff-Bedarf von 2,6 Mio. Mg/a zur Folge. Folgt man den Bekundungen der Zementindustrie, derartigen Abfall nur in der Primärfeuerung einsetzen zu wollen, sinken die Einsatzpotenziale auf Werte unter 50 %. Dann sind aktuell bereits 15 % der genannten Brennstoffleistung über vorhandene Ersatzbrennstoffe aus dem Gewerbe gebunden (Reifen, Altöl, Lösemittel, Ersatzbrennstoffe aus Gewerbeabfällen, etc.). So sind in den Jahren 1999 und 1998 in insgesamt 30 Zementwerken rund 945.000 Mg/a Abfälle zur energetischen Verwertung eingesetzt worden (7).

Die bislang genehmigte Gesamtkapazität zur Abfallmitverbrennung in deutschen Zementwerken beläuft sich auf 2.673.600 Mg/a (7). Zieht man die bereits ausgeschöpften Mengen ab, verbleiben rein rechnerisch 1,7 Mio. Mg. Allerdings ist unklar, wie sich dieser Bereich insgesamt entwickeln wird. Der Absatz von Ersatzbrennstoffen aus Restabfall steht in Absatzkonkurrenz zu den hochwertigen Abfällen aus dem Gewerbe (8). Insgesamt dürften die inländischen Absatzmöglichkeiten für Ersatzbrennstoffe aus Siedlungsabfällen in der Zementindustrie eher bei rund 1 Mio. Mg/a liegen.

Schließlich ist auch hier der sog. „Sonderabfall“ anzusprechen. Zwar sind die deutschen Betreiber von Zementwerken beim Einstieg in diesen Markt gegenwärtig noch zögerlich. Die Wertschöpfungsraten für derartige Brennstoffe liegen allerdings recht hoch. Hinzu kommt, dass andere europäische Nachbarländer (Südeuropa) in Ermangelung eigener Entsorgungsinfrastruktur auf Zementwerke setzen und diese Entsorgungsvariante gegenwärtig etablieren. Daher wird insgesamt erwartet, dass Zementwerke eher in untergeordnetem Umfang den Markt für Ersatzbrennstoffe aus Siedlungsabfällen abdecken werden.

3.1.2 Kraftwerke

Die gesamte Brennstoffleistung der öffentlichen Kraftwerke und der Industriekraftwerke liegt im Bereich von 100.000 MW. Würden rein rechnerisch im Mittel 5 % des Brennstoffbedarfs, wie im Rahmen aktueller Projekte geplant, durch Ersatzbrennstoffe gedeckt, ergäbe sich eine Absatzmöglichkeit von rund 7,5 Mio. Mg/a (16.000 MJ/Mg). Gallenkemper und Braungart geben 6,9 Mio. Mg/a an (9). Die bereits heute genehmigte Kapazität für Abfallmit

verbrennung beläuft sich allein im Bundesland NRW immerhin auf rund 3,25 Mio. Mg/a, die aber derzeit nur zu gut einem Drittel (1,11 Mio. Mg/a) ausgeschöpft werden (7).

Allerdings ist dieses Szenario für viele Anlagen nur realistisch, wenn die Abfälle nicht direkt, sondern über Applikationsformen (Pyrolysetrommeln (Hamm), Satellitenrost (Saarland) o.ä.) in die Kraftwerksanlagen eingebracht werden. Es laufen aber auch Versuche, die aufbereiteten Material direkt in den Brennraum zu applizieren (Ibbenbüren).

Die Betreiber von Kraftwerken agieren gegenwärtig, wenn man von Klärschlammmitverbrennung einmal absieht, mehrheitlich eher zurückhaltend. Aber gerade an Standorten, die von Werksschliessungen bedroht sind, wird mit größerer Risikobereitschaft in das Abfallgeschäft eingestiegen.

Insgesamt verfügen die Kraftwerke in Deutschland über ein hohes rechnerisches Potenzial, derartige Ersatzbrennstoffe einzusetzen.

3.1.3 Eisen- und Stahlindustrie

In diesem Industriezweig liegt der Absatzmarkt im Wesentlichen im Bereich der Eisenerzreduktion (Hochofen). In Deutschland werden rund 40 Mio. Mg/a Roheisen erzeugt. Unterstellt, dass je Mg Roheisen 1.000 MJ an Ersatzbrennstoffen (als Reduktionsmittel) eingesetzt werden können (Erfahrungen Stahlwerke Bremen), ergibt sich ein theoretischer Absatz von 2,5 Mio. Mg/a.

Gegenwärtig werden rund 0,15 Mio. Mg an DSD-Kunststoffen in drei Hochöfen Deutschlands eingesetzt, was die genannte Absatzmöglichkeit nur unmerklich schmälert.

Die Prüfungen für den Markteinstieg haben an einzelnen Standorten begonnen. Insgesamt wird aber nicht erwartet, dass größere Mengen in diesem Segment abgesetzt werden können. Weiter ist im Falle des Markteintritts der Eisen- und Stahlindustrie die Konkurrenz zur Verwertung der Shredderleichtfraktion aus dem Altautorecycling zu sehen (vgl. geplantes Altfahrzeug-Gesetz).

3.1.4 Sonstige Industrieanlagen

Unter „Sonstige Industrieanlagen“ fallen recht vielfältige Absatzmöglichkeiten. Zu nennen sind hier exemplarisch Gießereien, Asphaltmischanlagen, Kalksteinindustrie, Ziegeleien sowie das Sekundärrohstoffverwertungszentrum Schwarze Pumpe (SVZ). In der Regel sind die Absatzmöglichkeiten, rein rechnerisch, für die Branche insgesamt nur gering. So betragen die Brennstoffleistungen für Asphaltmischanlagen rund 600 MW. Hieraus würden

sich bundesweite Absatzmöglichkeiten von 0,2 Mio. Mg/a an Ersatzbrennstoffen ergeben. Dennoch ist dieser Bereich, da er Einzellösungen eröffnen kann, regional interessant.

Eine Sonderstellung nimmt das SVZ ein, das Abfälle/Ersatzbrennstoffe stofflich und energetisch verwertet. Seit Ende 1997 beträgt die jährliche Verarbeitungskapazität des SVZ ca. 450.000 Mg feste Rest- und Abfallstoffe und bis zu 50.000 Mg belastete Öle und Öl-Wasser-Gemische (10). Das SVZ wollte nach den bisherigen Planungen bis 2005 zwei weitere BGL-Vergaser für die Verwertung von Abfällen/hochkalorischen Fraktionen zu Methanol errichten und damit seine Verwertungskapazität auf rund eine Mio. Mg/a ausweiten. Diese Planungen dürften aufgrund aktueller Entwicklungen zwischenzeitlich zurückgestellt worden sein (11).

3.2 Anforderungen an Ersatzbrennstoffe

Zu unterscheiden sind Anforderungen an Ersatzbrennstoffe, die sich aus dem Bereich der jeweiligen Betriebstechnik ergeben, von denen, die sich aus dem Immissionsschutz ableiten.

Zu den betriebstechnischen Anforderungen gehören insbesondere Fragen der Applikation des Brennstoffes. Je nach Einsatzbereich ist es nicht ganz einfach, den Ersatzbrennstoff in den jeweiligen Feuerraum so einzubringen, dass keine betrieblichen Probleme resultieren. Weiter stellt häufig der Prozess selbst betriebstechnischen Anforderungen. So sind Korrosionsprobleme zu vermeiden, die Reisezeiten der Aggregate dürfen nicht verkürzt und die Abgasreinigungseinrichtungen dürfen in ihrer Leistungsfähigkeit nicht beeinträchtigt werden.

Anforderungen aus immissionsschutzrechtlichen Gründen berühren insbesondere Fragen der in den Betriebsgenehmigungen jeweils festgelegten Reingasgrenzwerte. Aber auch Anforderungen an die erzeugten Reststoffe können berührt sein.

Im Folgenden wird der heutige Stand der Diskussion in konzentrierter Form zusammengefasst.

3.2.1 Zementwerke

Im Falle der Mitverbrennung in Zementwerken ist zwischen den Einsatzorten Primär- und Sekundärfeuerung zu unterscheiden.

Für die Primärfeuerung sind aufgrund der erforderlichen hohen Temperaturen, die erreicht werden müssen, Brennstoffe mit hohen Heizwerten erforderlich. Die Zementwirtschaft nennt hier Anforderungen im Bereich > 18.000 oder gar > 20.000 MJ/Mg. Unterhalb dieser Heizwerte verringert sich das Energieaustauschverhältnis deutlich unter 1, was dazu führt, dass der Bedarf an Regelbrennstoff steigt (12).

Für den Einsatz in der Sekundärfeuerung sind keine Anforderungen an einen Mindestheizwert bekannt. Zusätzlich zur Sekundärfeuerung gibt es in einem Fall auch eine Applikationsmöglichkeit für Abfälle über eine Wirbelschichtvergasung (Zementwerk Rüdersdorf). Auch in diesem Fall können Abfälle mit vergleichsweise niedrigem Heizwert verwertet werden.

Neben Mindestheizwerten stellt der Prozess auch Anforderungen an die maximale Belastung mit Schadstoffen. Zu nennen sind insbesondere Quecksilber, Chrom und Chlorid. Quecksilber kann als flüchtiges Schwermetall zu Problemen mit den Reingasgrenzwerten führen. Chrom bzw. Chromat führt zu Arbeitsschutzproblemen beim Umgang mit Zement (13). Chlorid kann im Klinkerbrennprozess zu betrieblichen Problemen führen. Faulstich (14) nennt als stoffliche Voraussetzung für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Zementprozess einen Chlorgehalt $< 1 \%$, einen Quecksilbergehalt von $< 0,02 \text{ mg/MJ}$ und einen Chromgehalt $< 3,7 \text{ mg/MJ}$.

Unter ökologischen Gesichtspunkten ist zudem eine Anpassung der technischen Voraussetzungen an den geänderten Anlageninput wie Erweiterung der Rauchgasreinigung mit Katalysator (SCR), Gewebe- oder Aktivkohlefilter erforderlich (14).

Schliesslich ist es erforderlich, dass der Ersatzbrennstoff eine hohe Homogenität und eine Stückigkeit, die es erlaubt, optimal in den Prozess eingebracht zu werden. Für die Primärfeuerung bedeutet dies Korngrößen im Bereich von 10 bis 30 mm. Für die Sekundärfeuerung können die Anforderungen geringer ausfallen. Neben der Korngröße sind Anforderungen an die Freiheit von Störstoffen anzusprechen. Störstoffe, beispielsweise Metallteile, können zu Störungen des gesamten Prozesses bis hin zur Abschaltung der Anlage führen. Daher hat diese Anforderung eine hohe Priorität.

3.2.2 Kraftwerke

Bezüglich des Heizwertes stellt der Kraftwerksprozess eher geringere Anforderungen ($> 11.000 \text{ MJ/Mg}$). Dies gilt nicht für das Problemelement Chlor/Chlorid. Der Weg des Chlors wird ganz wesentlich vom Anteil der Alkaliverbindungen bestimmt, die mit dem Ersatzbrennstoff in den Prozess eingebracht werden. Hierüber sind allerdings nur wenig Informationen verfügbar. Bei der Abkühlung der Verbrennungsgase kondensieren Alkylchloride auf den Heizflächen des Dampferzeugers und erhöhen die Korrosionspotenziale der Regelbrennstoffe erheblich (15). So scheinen aus feuerungstechnischer Sicht Konzentrationen von deutlich unter 1 % Chlor im Ersatzbrennstoff erforderlich. Für Wirbelschichtfeuerungen wird ein maximaler Chlorgehalt $< 1,0 \%$ genannt (14). Nach Untersuchungen am österreichischen Wärmekraftwerk St. Andrä (Kohlestaub-Tangentialfeuerung mit integriertem Biomasserost; Regelbrennstoff: Steinkohle) darf, um eine Korrosion zu verhindern, die am Rost aufgegebene Brennstoffmischung nicht mehr als 0,15 Gew.-%_{wasserfrei} Chlor enthalten, und die Einzelfraktion darf maximal 0,2 Gew.-%_{wasserfrei} Chlor aufweisen (16). Hinsichtlich

Quecksilber stellen sich die Randbedingungen ähnlich wie für den Zementprozess. Zusätzlich können Elemente wie Arsen ein Problem darstellen, um die Reisezeit des Katalysators nicht zu verkürzen.

Für den Einsatz in Kraftwerken hängen die physikalischen Anforderungen an den Ersatzbrennstoff von der Art der Feuerungsanlage ab.

Die *Staubfeuerung* stellt hier die höchsten Anforderungen, die in Korngrößen von wenigen Millimetern gehen können. Diese Anforderung ergibt sich nicht nur aufgrund der technischen Randbedingungen für das Einblasen des Ersatzbrennstoffes in den Prozess. Kritisch ist die Vollständigkeit der Verbrennung zu sehen. Restmengen an Unverbranntem im Staub der Rauchgasreinigung haben erhebliche ökonomische Konsequenzen zur Folge. Die Stäube aus der Staubfeuerung werden als hydraulischer Zuschlagstoff für Spezialzemente eingesetzt. Hierfür werden seitens der Kraftwerksbetreiber Einnahmen erzielt. Im Falle der Verunreinigung mit unverbrannten Resten aus dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen besteht die Gefahr, dass diese Verwertungsmöglichkeit nicht mehr zugänglich ist.

Die *Schmelzkammerfeuerung* stellt zwar nicht ganz so hohe Anforderungen an die Stückigkeit und Störstofffreiheit des Ersatzbrennstoffes; die Anforderungen begründen sich schwerpunktmässig aus den Notwendigkeiten der verwendeten Applikationstechnik. Daher ist also auch in diesem Fall von einem sehr feinkörnigen, störstoffbefreiten und homogenen Material auszugehen.

Die *Wirbelschichtfeuerung* bedingt geringere Anforderungen an das aufbereitete Material. Je nach Technik können Ersatzbrennstoffe eingesetzt werden, die eine Stückigkeit von bis zu 100 mm haben. Als Anlagenbeispiel kann die Wirbelschichtfeuerung in Lenzing (A) genannt werden, die vollständig mit Ersatzbrennstoffen betrieben werden kann. Als weitere stoffliche Voraussetzung wird ein Chlorgehalt $< 1,0 \%$ genannt (14).

3.2.3 Eisen- und Stahlindustrie

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen in der Eisen- und Stahlindustrie konzentriert sich auf den Einsatzort Hochofen. Hier ist es der Einsatz als Reduktionsmittel und Substitut für beispielsweise Koks oder Schweröl. Die Anforderungen für diesen Einsatzbereich sind ähnlich, wie für die Fälle der bereits beschriebenen Verfahren.

Zu hohe Quecksilberbelastungen führen u.U. zu Problemen bei der Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Reingaswerte. Chlor/Chlorid kann zu Beeinträchtigungen des betrieblichen Prozesses führen. Die physikalischen Anforderungen richten sich danach, was insbesondere die jeweils eingesetzte Applikationstechnik für Randbedingungen definiert.

Als Voraussetzungen für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Hochofen wird die Einhaltung zahlreicher Qualitätsanforderungen, u.a. Zerkleinerung auf < 5 mm, Homogenisierung, Chlorgehalt < 1,5 %, ausreichender Kohlenwasserstoffgehalt, limitierter Asche- und Kupfergehalt, sowie die einzuhaltenden technischen Voraussetzungen (Umbau der Blasformen, Erweiterung der Rauchgasreinigung, Störstoffauslese zur Vermeidung von Schäden an den Düsen) (14) genannt.

3.2.4 SVZ und sonstige Verwertungsmöglichkeiten

Die sonstigen Verwertungsmöglichkeiten haben in der Regel ein eigenes Anforderungsprofil an den einsetzbaren Ersatzbrennstoff. Dies an dieser Stelle näher darzustellen, würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen.

Ein mengenmässig bedeutsames „sonstiges“ Verfahren zur Abfallverwertung stellt die Vergasungsanlage des Sekundärrohstoffverwertungszentrum Schwarze Pumpe (SVZ) dar (17). Im SVZ werden nicht einzelne Abfallarten, sondern sog. Menüs verarbeitet. Die aus der heizwertreichen MBA-Fraktion stammenden Abfall-Pellets werden zusammen mit anderen Abfällen (vorwiegend Kunststoff-Kompaktate, Klärschlammbricketts, Holzhackschnitzel) und Kohle (Steinkohle, Braunkohlebricketts) in den Vergasern (Festbett-Druck-Vergaser bzw. Schlackebad-Vergaser) unter Druck und Zuführung von Sauerstoff und Wasserdampf teiloxidiert und vergast. Das erzeugte Gas wird gereinigt und in eine Methanolsyntheseanlage geführt. Dort wird eine Teilmenge des Gases in Methanol umgewandelt. Die überschüssige Gasmenge wird in einem GuD²-Block verstromt.

Die Vergasung von Abfällen wie z.B. hochkalorische MBA-Fraktion kann nur gelingen, wenn die Materialien auf die Anforderungen des Vergasungsreaktors eingestellt sind. Dies bedeutet insbesondere die Umwandlung des voluminösen, inhomogenen, feuchten Materials aus der mechanisch-biologischen Aufbereitung zu verwendbaren Agglomeraten. Dieses ist mit zusätzlichen Energieaufwendungen verbunden (z.B. Energiebedarf für die Pelletierung/Kompaktierung). Fraglich ist, ob dieser Mehraufwand an Energie im SVZ wieder „herausgeholt“ werden kann.

Als gewisses Risiko für die Abnahmesicherheit eines Ersatzbrennstoffes ist die ungewisse Zukunft des SVZ zu sehen. So bestehen Unwägbarkeiten, weil der Kaufvertrag der Berliner Wasserbetriebe (BWB) mit dem Investor, dem US-Unternehmen Global Energy Inc. (Cincinnati), im Sommer 2001 geplatzt ist und der Vertrag rückabgewickelt werden musste. Derzeit wird ein erneut ein Käufer gesucht. Der Weiterbetrieb der Anlage innerhalb des interessierenden Abnahmezeitraums (2005+) und mit den hier angesprochenen Materialien (Hu 11.000 – 17.000 MJ/Mg) ist damit fraglich.

² Gas- und Dampfturbinenkraftwerk

3.2.5 Fazit Anforderungen

Insgesamt zeigt die obige Übersicht, dass die Anforderungen an Ersatzbrennstoffe sehr unterschiedlich ausfallen. Die Anforderungen sind schwerpunktmässig nach den Randbedingungen ausgelegt, die der Verwertungsprozess selbst vorgibt.

Anforderungen, die sich aus Umweltsicht (immissionschutzrechtlich) ableiten, sind nur für das Element Quecksilber (ggf. Chlor und Schwefel) relevant. Anforderungen aus dem Blickwinkel „Anreicherung im Erzeugnis“ spielen bis dato keine Rolle. Gegenwärtig ist offen, ob sich aus diesem Anforderungsbereich (Erzeugnis) konkrete Grenzwerte durchsetzen werden (18). Dennoch führen die beschriebenen Anforderungsprofile an Ersatzbrennstoffe dazu, dass nur aufbereitete Abfälle für den Einsatz geeignet sind. So sind allein die Anforderungen, die sich aus betrieblicher Sicht stellen, beachtlich. Daher wird von der Aufbereitungstechnologie für gemischte Gewerbeabfälle, Hausmüll und ggf. Sonderabfälle Erhebliches zu verlangen sein.

3.3 Abschätzung des rechnerischen Absatzpotenzials

Die skizzierten Fragestellungen und Probleme werden dazu führen, dass das rechnerische Verwertungspotenzial in der Praxis nicht vollständig an den Markt zu bringen ist. Schwierig ist die Prognose, in welchem Umfang die voraussichtlichen Verwertungspotenziale sich nach 2005 darstellen werden.

Tab. 3 versucht daher eine pessimistische und eine optimistische Prognose abzuschätzen. Die pessimistische Variante ergibt sich unter der Bedingung, dass alle die heute bekannten Probleme und Restriktionen auch eintreten bzw. nicht zu lösen sind (Anforderungen an Qualität und Technik). Die optimistische Prognose ergibt sich, wenn nur die nach heutiger Sicht nicht lösbaren Probleme zum Tragen kommen. Man erkennt hieraus, dass das Angebot an energetischer Verwertungskapazität in Deutschland selbst unter pessimistischen Annahmen beachtliche Ausmaße erreichen wird.

Tab. 3: Prognose des Angebots an energetischer Verwertungskapazität nach 2005

	Pessimistische Prognose	Optimistische Prognose
Zementwerke	1,0 Mio. Mg/a	1,7 Mio. Mg/a
Kohlekraftwerke	2,5 Mio. Mg/a	5,0 Mio. Mg/a
Eisen- und Stahlindustrie	0,5 Mio. Mg/a	2,0 Mio. Mg/a
Sonstiges (Kalksteinindustrie, Asphaltemischanlagen, SVZ etc.)	0,5 Mio. Mg/a	1,0 Mio. Mg/a
Summe Angebot	4,5 Mio. Mg/a	9,7 Mio. Mg/a

4 Das aktuelle Marktgeschehen im Sektor Ersatzbrennstoffe

Stellt man das voraussichtliche Angebot an Verwertungskapazität dem Bedarf bzw. der zu erwartenden Nachfrage gegenüber, so ergibt sich das folgende Bild.

Tab. 4: Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage an Ersatzbrennstoffen in Mio. Mg/a (ohne Klärschlamm, Tiermehl, Ersatzbrennstoffe aus produktionsspezifischen Abfällen)

	Minimal-Szenario	Maximal-Szenario
Angebot an Ersatzbrennstoffen (Tab. 2, Split = 50 %)	2,15 Mio. Mg/a	4,0 Mio. Mg/a
	Pessimistisches Szenario	Optimistisches Szenario
Theoretisches Verwertungspotenzial (Tab. 3)	4,5 Mio. Mg/a	9,7 Mio. Mg/a

Auf den ersten Blick scheint kein Risiko zu bestehen, dass das Nachfragepotenzial für die Abnahme von Ersatzbrennstoffen höher ausfällt, als dies seitens der Anlagenbetreiber angeboten wird. Hierzu ist allerdings zweierlei anzumerken. Zum einen konkurrieren die verschiedenen Ersatzbrennstoffe untereinander (also MBA-Fraktion gegen Gewerbeabfall-Ersatzbrennstoff), zum anderen werden weitere Abfälle, die mengenmäßig schwer zu prognostizieren sind, ebenfalls in die energetische Verwertung drängen, und das schon jetzt mit teilweise deutlich höheren Wertschöpfungsraten:

- Klärschlamm
- Tiermehl
- Ersatzbrennstoffe aus produktionsspezifischen Abfällen
- Sonderabfälle (besonders überwachungsbedürftige Abfälle)
- Altholz
- Biomasse.

Insbesondere aufgrund der neuen gesetzlichen Regelungen bezüglich der attraktiven Vergütung von aus erneuerbaren Quellen erzeugter Energie dürften die mengenmäßig relevantesten potenziellen Abnehmer von Ersatzbrennstoffen (Kraftwerke) neben Klärschlamm eher auf Altholz und Biomasse und weniger auf Ersatzbrennstoffe aus Abfällen setzen. Letztere fallen qua Gesetz nicht unter das EEG und gelten auch nicht als Biomasse nach BiomasseV, auch wenn ihr Kohlenstoff zu mehr als 50 % aus regenerativen Quellen stammt.

Es ist daher davon auszugehen, dass für hochkalorische MBA-Fraktionen Absatzprobleme vorprogrammiert sind, da diese mit anderen, attraktiveren Abfallarten konkurrieren. Schon

heute ist die Nachfrage nach Verwertungskapazitäten größer als das Angebot – auf mengenmäßig niedrigem Niveau.

Für Ersatzbrennstoffe aus Abfällen (hier: hochkalorische MBA-Fraktionen) werden derzeit keine Erlöse erzielt, im Gegenteil. Vielmehr werden vom MBA-Betreiber für die Abnahme des erzeugten Ersatzbrennstoffes gegenwärtig Zuzahlungen von 40 €/Mg bis hin zu 75 €/Mg erwartet. Man sollte dies m.E. auch als gewisses Signal interpretieren, dass seitens der Anbieter an Verwertungsdienstleistungen nicht das Interesse besteht, durch Überkapazitäten die Preise nach unten zu drücken.

Der große Konkurrent der hochkalorischen MBA-Fraktion um die knappen Verwertungskapazitäten ist der Ersatzbrennstoff, der aus dem Gewerbeabfall gewonnen wird (MA-Fraktion). Auf diesem Feld kann beobachtet werden, wie die Aufbereiter derartiger Abfälle eine Diskussion um Güteklassen begonnen haben (siehe das BPG-Konzept von RWE/Trienekens (8)). Auch die Bundesgütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe hat mit ihrem Grenzwertkonzept zwei Güteklassen geschaffen und sogar mit RAL-Gützeichen (19) „veredeln“ lassen:

- SBS aus Gewerbeabfällen,
- SBS aus Hausmüll.

Es wird von der Entsorgungsbranche argumentiert, dass die Ersatzbrennstoffe aus dem Gewerbeabfall hochkalorischer sind und auch niedriger mit Schadstoffen belastet wären. Woher kommt dieses Interesse an hoher Qualität?

Die Entsorgungsbranche hat zunächst ein beachtliches Problem nach 2005. Durch das Ausfallen der Deponie (und der Scheinverwertung) sind neue Entsorgungsmöglichkeiten für Gewerbeabfälle zu finden. Gelingt dies nicht, so landet das Gewerbe, so will es das Gesetz, mit seinen Abfällen wieder bei dem Öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger. Gelingt dies, bleibt das Geschäftsfeld Gewerbeabfall für die private Entsorgungswirtschaft erhalten.

Die zweite Randbedingung, die bis 2005 zu lösen ist, sind die Kosten. Die Entsorgungsmöglichkeiten für Gewerbeabfälle müssen preislich so günstig sein, dass das Entsorgungsgewerbe dem Gewerbetreibenden günstigere Konditionen anbieten kann, als dies die Kommune tut. In der Vergangenheit war dies möglich, weil kostengünstige Deponien insbesondere in den neuen Ländern im Hintergrund vorhanden waren. Nach 2005 muss hierfür die höhere Güteklasse des Ersatzbrennstoffes dienen. Schon heute kann dieser gesplittete Markt beobachtet werden. So werden SBS aus Gewerbeabfällen heute zu deutlich günstigeren Konditionen im Zementwerk verwertet verglichen mit Ersatzbrennstoffen aus der MBA.

Weiteren Aufschluß liefert auch ein Blick auf die Marktstruktur in Deutschland. So existieren insbesondere auf der Kraftwerksstrecke sog. „Cluster“. Hier ist zu erwarten, dass knappe Verwertungskapazitäten von den Marktteilnehmern auch strategisch eingesetzt werden.

Auch dies spricht für eine bevorzugte „Behandlung“ von Ersatzbrennstoffen aus dem Gewerbe. In diese Bild passt auch, dass die wichtigsten Nachfrager nach Verwertungs-kapazität sich zu „Nachfrage-Cluster“ zusammenschließen. So haben sich die Unternehmen RWE/Trienekens/Edelhoff/Rethmann die Therm-Wert GmbH gegründet. Die Unternehmen Herhof und Nehlsen haben sich ebenfalls kürzlich über eine gemeinsame Vermarktungs-strategie verständigt. Durch die Clusterbildung wird nicht nur erreicht, dass dem Angebotsmonopol eine Nachfrage-Macht gegenübersteht. Zugleich wird auch erreicht, dass Dritte einen schwierigeren Marktzugang haben. „Epizentrum“ der gesamten Entwicklung ist NRW. Dort sind knapp 60 % der rechnerischen energetischen Verwertungs-kapazitäten vorhanden und die wesentlichen Marktkräfte beheimatet.

Eine Sonderrolle auf dieser Bühne nimmt das SVZ ein. Hier ist abzuwarten, ob das Unternehmen 2005 noch am Markt ist. (s.o.)

5 Fazit

Die obigen Ausführungen zeigen, dass in den nächsten Jahren eine beachtliche Entsorgungslücke zu schließen ist, um die rechtlichen Vorgaben bis 2005 zu erfüllen. Hierbei zeigt es sich, dass diese Entsorgungslücke im Wesentlichen eine heute nicht gegebene **thermische** Abfallbehandlungskapazität darstellt.

In welchem Umfang dies durch die Abfallmitverbrennung in Industrieanlagen zu lösen ist, wird insbesondere davon abhängen, wie sich der Verordnungsgeber bei der Umsetzung der EU-Abfallverbrennungsrichtlinie in deutsches Recht einlässt. Der vorliegende Entwurf der 17. BImSchV (3) erhöht die zu nehmenden Hürden (emissionsseitig) für die Mitverbrennung erheblich (wenn die Novellierung denn so kommt). Hier sei nur auf die neuen Gesamtemissionswerte für Mitverbrennungsanlagen sowie auf die 40 %-Regelung verwiesen (z.B. Kraftwerke: Anhang II.2.8), die besagt: Liegen die tatsächlich gemessenen Emissionen der Mitverbrennungsanlage für Quecksilber und den anderen geregelten Metallen sowie PCDD/F bei der Verbrennung der üblicherweise zugelassenen Brennstoffe (Abfälle ausgeschlossen) unterhalb von 40 % der vorgegebenen Gesamtemissionsgrenzwerte, so darf beim Einsatz von Abfällen oder ähnlichen brennbaren Stoffen der vorgegebene Gesamtemissionsgrenzwert nur zur Hälfte ausgeschöpft werden.

Die ökonomische Analyse zeigt, dass es in der vorgenommenen Prognose eine höhere Nachfrage nach thermischen Verwertungs-kapazitäten geben kann als angeboten werden. Daher bestehen Risiken für die Besitzer von MAs und MBAs, die erzeugten Ersatzbrennstoffe kostengünstig absetzen zu können.

Vor diesem Hintergrund stellt die Investition in eine eigene thermische Behandlungsanlage (z.B. Monoverbrennung) eine sicherlich besser kalkulierbare Zukunftsentscheidung dar, auch

wenn die Investition auf den ersten Blick hoch erscheint. Daher fällt m.E., was Ökonomie und Entsorgungssicherheit anbelangt, meine Gesamtempfehlung zur Schließung der vorhandenen Entsorgungslücke klar aus: **Wo immer die Standortentscheidung für eine wirtschaftlich betreibbare Mono-Verbrennungsanlage (ob für Restabfall oder für Ersatzbrennstoffe) politisch möglich erscheint, sollte ihr der Vorzug gegeben werden.**

Dipl.-Biol. Barbara Zeschmar-Lahl
BZL GmbH
Lindenstr. 33, D - 28876 Oytten
Fon ++49 4207 91763 10
Fax ++49 4207 91763 12
mailto: bzl@bzl.info
mailto: bzl_gmbh@t-online.de
Home: <http://www.bzl.info>

6 Literatur

- 1 Entwurf einer Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV), Entwurf vom 04.09.2001, in der Fassung vom 23.11.2001
- 2 BMU, WA II 1: Entwurf der Verordnung über die Verwertung von Siedlungsabfällen aus dem Gewerbe (Gewerbeabfallverordnung – GewAbfV), Stand 24.07.2001
- 3 Arbeitspapier zur deutschen Umsetzung der immissionsschutzrechtlichen Regelungen der Europäischen Richtlinie 2000/76/EG vom 4.12.2000 über die Verbrennung von Abfällen – Entwurf des BMU/UBA, Stand 14. Januar 2002
- 4 Prognos: Branchen-Report Entsorgungswirtschaft. Der Markt der Entsorgungsleistungen bis zum Jahr 2010. Teilreport A: Siedlungsabfälle. Köln, Basel, Berlin, Mai 2000
- 5 Zeschmar-Lahl B.: Die Auswirkungen der Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) auf die Entwicklung der bundesdeutschen Abfallwirtschaft im Allgemeinen und den Markt für Ersatzbrennstoffe im Besonderen – Versuch einer Prognose für das Jahr 2005. 4. Wetzlarer Abfalltag, Wetzlar, 27.09.2001
- 6 Krajenbrink G.W. et al: Fuel and energy recovery. Report DG XVII, TNO-MEP-R98/220, Brüssel 1998
- 7 Prognos: Tischvorlage: Mitverbrennung in ausgewählten industriellen Anlagen in Deutschland. Zusammenfassung aus den beiden Untersuchungen für das Umweltbundesamt und das MUNLV für die Sitzung des länderoffenen Arbeitskreises am 11. Juli 2001
- 8 Glorius T., Roos H.-J. (Trienekens AG): Umsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Produktbezogene Beispiele – Qualitätsgesicherte Sekundärbrennstoffe. Münsteraner Abfalltage, 1999

- 9 Gallenkemper, B., Braungart, M. et al.: Untersuchung zur Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Substitut-Brennstoffen. Rethmann Entsorgung, Dieselstr. 3, 44805 Bochum
- 10 <http://www.svz-gmbh.de/D/Seiten/rahmen.html>
- 11 EUWID Recycling und Entsorgung Nr. 35 vom 28.08.2001, S. 3
- 12 Schulenburg F., Scholz R.: Energetische Bilanzierung von Verfahrenslinien aus mechanisch-biologischer und nachgeschalteter thermischer Abfallbehandlung. In: Veröffentlichungen des Zentrums für Abfallforschung der Technischen Universität Braunschweig, Heft 13: Stoffstromspezifische Abfallbehandlung im Hinblick auf thermische Verfahren. Braunschweig, September 1998
- 13 Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft: Gefahrstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen, 1995, hier S. 283
- 14 Faulstich M., Rabus J.: Thermische Verwertung heizwertreicher Fraktionen aus der mechanisch-biologischen Restmüllbehandlung (MBR). Hengerer D., Lorber K.-E., Nelles M., Wöber G.L.F. (Hrsg.): DepoTech 1998, 65 – 71, 1998
- 15 Born M.: Verfahren und Kostenstrukturen bei der Behandlung von Restabfall. SIDAF-Schriftenreihe 7, 1 – 28, 2000
- 16 Bachhiesl M., Tauschitz J., Zefferer H., Zellinger G.: Untersuchungen zur thermischen Verwertung von Biomasse und heizwertreichen Abfallfraktionen als Sekundärbrennstoffe in Wärmekraftwerken. Schriftenreihe der Forschung im Verbund, Bd. 73, Oktober 2001
- 17 Obermeier T., Seifert W., Buttke B.: Betriebserfahrungen des SVZ Schwarze Pumpe. Vortrag zur 5. Fachtagung Abfallverbrennung 9. – 11. Oktober 2000 in Kassel
- 18 Zeschmar-Lahl B.: Schadstoffanreicherung im Erzeugnis – Kriterien für eine umweltverträgliche Verwertung. VDI-Wissensforum: Ersatzbrennstoffe in Industrieanlagen. Seminar 43-04-05, Osnabrück, 11./12.09.2001
- 19 Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V.: RAL-Gütezeichen Sekundärbrennstoffe, Schlußfassung Mai 2001, Schreiben des RAL vom 31.05.2001