



ABLUFTE UND ABLUFTREINIGUNG BEI DER MECHANISCH-BIOLOGISCHEN ABFALLBEHANDLUNG

Fachtagung, 24. Februar 2000

Wien

Wien, Februar 2000

Projektleitung

Thomas Angerer

Layout

Thomas Angerer

Gabor Kiss

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, Februar 2000
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-531-9

Wien, 10. Februar 2000

Vorwort

Im Hinblick auf eine fristgerechte Umsetzung der Deponieverordnung mit 2004, benötigt die Wirtschaft und alle beteiligten Kreise nach einer abgeschlossenen sachlichen Diskussion langfristig Investitions- und Rechtssicherheit.

Selbstverständlich sind die jeweiligen Standpunkte und Meinungen gerade in diesem für zukünftige Investitionen extrem wichtigen Bereich der MBA in vielen Einzelfragen immer wieder gegensätzlich.

Das Umweltbundesamt (UBA Wien) und der Verband Österreichischer Entsorgungsbetriebe (VÖEB) beschäftigen sich in internen und externen Arbeitskreisen mit der mechanisch – biologischen Abfallbehandlung und insbesondere mit der Abluft und Abluftreinigung bei der mechanisch – biologischen Abfallbehandlung.

Das Anliegen des UBA und des VÖEB ist es, – und darauf begründet sich auch diese Partnerschaft – daß gerade diese vielfältigen Standpunkte in einer offenen und sachlich geführten Diskussion rasch abgehandelt und zeitgerecht abgeschlossen werden können.

Die sachliche Diskussion der einzelnen Standpunkte ist auch das Ziel der gemeinsamen Tagung vom 24. Februar 2000 im Haus der Industriellenvereinigung in Wien, dessen Tagungsband Sie nun vor sich haben.

Abschließend möchten wir uns bei den Experten für deren Beiträge bedanken und möchten unsere Absicht zum Ausdruck bringen, auch in Zukunft in den wesentlichen Fragen der Abfallwirtschaft gemeinsam durch eine sachliche Diskussion zu einem praxistauglichen und umweltgerechten Ergebnis zu gelangen.

Ing. Peter Kneissl
(VÖEB Präsident)

INHALT

Einleitung; Stand der TA MBA und weitere Vorgangsweise des BMUJF (Christian Holzer // BMUJF)

Stand der Ablufferfassung und Reinigung aus der Sicht des BMUJF (Michael Loidl // BMUJF)

Forderung nach Verbesserung der Ablufferfassung und Reinigung bei der MBA (Thomas Angerer, Isabella Kossina // UBA)

Regelungssituation zur MBA bzw. zur Abluft aus der MBA in Deutschland (Jürgen Hahn // UBA Berlin)

Erfahrungsbericht der Projekte Kufstein und Allerheiligen (Andreas Windsperger, Stefan Steinlechner // Institut für Industrielle Ökologie)

Abluftemissionen aus der MBA und deren Minderung nach dem Stand der Technik (Carsten Cuhls // Gesellschaft für Wissenstransfer, Bonn und Hannover ; Heiko Doedens // ISAH Universität Hannover)

Photooxidative Behandlung der Abluft aus der MBA (Frank Mönkeberg, D. Hesse // Universität Hannover)

Ablufferfassung und -behandlung in einer MBA aus der Sicht eines Anlagenbauers (Ewald Harrer // M-U-T Ges.m.b.H)

Anforderungen an die Ablufferfassung und Reinigung (Gerhard Pilz // Linde-KCA-Dresden GmbH – Büro Linz)

MBA Abluft – Ideologengstreit oder technisches Problem (R. A. Mergler // Lurgi Entsorgung GmbH)

Anforderungen an die Ablufferfassung und Reinigung aus der Sicht der Anlagenhersteller (Heinz Berger // Thöni Umwelttechnik)

Kombinierte Abluftbehandlung bei der Aufbereitung von Bioabfall (D. Sattler, J. Sattler, R. Schneider // BEV Sattler Umwelanlagen)

Das BCO-Verfahren von Wessel-Umwelttechnik - Bewährte Abluftreinigungstechnologie zur Gewährleistung niedriger Emissionswerte (A. Breeger, M.I. Berkmen // Wessel Umwelttechnik)

Anforderungen an die Abluftefassung und Reinigung aus der Sicht der Entsorgungswirtschaft (Gerhard Ganster // ASA)

Anforderungen aus der Sicht der Anlagenbetreiber (Karl Hagspiel // Hubert Häusle GesmbH & CoKG)

Anforderungen an kontinuierliche Abluftmessungen – Übertragung auf eine zukünftige Anwendung an mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (Uwe Düwel // ERGO Forschungsgesellschaft mbH)

On-line Analysatoren für Abluftmessungen (J. Leonhardt, H. Bensch und R. Rudolph // IUT – Institut für Umwelttechnologie GmbH)

Emissionsminderung mit dem HerHof-Abluftreinigungssystem am Beispiel der Trockenstabilat®-Anlage Rennerod (Kurt Wengenroth // HerHof-Umwelttechnik)

Stand der in Österreich geplanten TA MBA und die weitere Vorgehensweise des BMUJF

Christian Holzer // BMUJF, Stubenbastei 5, A-1010 Wien

Stand der in Österreich geplanten TA MBA und die weitere Vorgehensweise des BMUJF

Christian Holzer // BMUJF, Stubenbastei 5, A-1010 Wien

Ausgehend von den im Juni 1998 herausgegebenen (und im Rahmen einer VOEB-Veranstaltung vorgestellten) „Grundlagen für eine technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen“ hat das BMUJF gemeinsam mit dem Umweltbundesamt seinen Weg zur Erreichung klarer und rechtsverbindlicher Vorgaben für einen umweltgerechten Betrieb von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen konsequent fortgesetzt. Oberstes Prinzip dabei war und ist die Aufstellung nachvollziehbarer und belastbarer Kriterien, deren Entwicklung geraume Zeit in Anspruch nimmt. Dies trifft insbesondere auf den Bereich Abluft zu, dem die gegenständliche Veranstaltung gewidmet ist.

Neben der Vergabe und Betreuung von zahlreichen Studien und Forschungsarbeiten, vornehmlich in den Bereichen Heizwertbestimmung, Stabilitätsparameter und Abluftreinigung, die bis dato noch nicht zur Gänze abgeschlossen sind, wurden zu wichtigen Themen bzw. Fragestellungen Arbeitskreise mit externen Experten verschiedener Interessensgruppen im BMUJF ins Leben gerufen. Diese befassen sich auch mit den zahlreichen Stellungnahmen, die zu den o.g. „Grundlagen“ dankenswerterweise abgegeben wurden. Das BMUJF strebt daher schon jetzt - soweit möglich - eine konsensuelle Vorbereitung an.

Erklärtes Ziel ist zunächst die Fertigstellung eines Richtlinienentwurfes noch im Jahr 2000, der danach bzw. vor einer offiziellen Herausgabe und Anwendungsempfehlung durch das BMUJF noch einer allgemeinen Begutachtung unterzogen werden soll. In der Folge bzw. mittelfristig soll diese Richtlinie in eine Verordnung nach § 29 Abs. 18 AWG Eingang finden.

Schon jetzt steht weiters fest, dass Qualitätskriterien für die aus der biologischen Behandlung resultierenden und auf Massenabfalldeponien abzulagernden Abfälle, wie insbesondere Stabilitätsparameter, in erster Linie in einer Novelle zur Deponieverordnung Berücksichtigung finden sollen, die zur weitgehend formalen Umsetzung von Vorgaben aus der im Vorjahr erlassenen EU-Deponierichtlinie bis Mitte 2001 erforderlich ist. Überlegungen, dabei auch den derzeit existierenden Heizwert anzuheben bzw. durch andere Parameter zu ersetzen, muß aus heutiger Sicht eine klare Absage erteilt werden.

Stand der Ablufterfassung und die Anforderungen an die Abluftreinigung aus der Sicht des BMUJF

Michael Loidl // BMUJF, Stubenbastei 5, A-1010 Wien

Stand der Ablufferfassung und die Anforderungen an die Abluftreinigung aus der Sicht des BMUJF

Michael Loidl // BMUJF, Stubenbastei 5, A-1010 Wien

1 EINLEITUNG

Die mit 1.1.1997 in Kraft getretene Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung), BGBl. Nr. 164/1996, regelt die Zuordnung der Abfälle zu vier verschiedenen Deponietypen für Neuanlagen und schreibt Anforderungen an die Qualität der abzulagernden Abfälle durch Grenzwerte für Schadstoff(gesamt-)gehalte und Eluatwerte fest. Der Forderung des Abfallwirtschaftsgesetzes BGBl. Nr. 325/ 1990 idgF, nur mehr reaktionsarme Stoffe abzulagern, wurde in der Deponieverordnung insbesondere durch eine drastische Begrenzung des organisch gebundenen Kohlenstoffes (TOC) im abzulagernden Abfall auf höchstens 5 Massenprozent Rechnung getragen (§ 7 Ziffer 5). Zusätzlich wird die Anpassung von Altanlagen durch die mit 1.7.1997 in Kraft getretene Novelle zum Wasserrechtsgesetz (Wasserrechtsgesetz Deponien, BGBl. I Nr. 59/1997, mit dem das Wasserrechtsgesetz 1959 geändert wird) erforderlich. Dies bedingt die Notwendigkeit, Abfälle spätestens bis zum Jahr 2004 (in Ausnahmen bis zum Jahr 2009) mit verschiedenen Verfahren vorzubehandeln.

Der geringe TOC-Gehalt kann für Restmüll nur durch eine thermische Behandlung erreicht werden. Durch die mechanisch-biologische Vorbehandlung von Abfällen lässt sich jedoch auch eine deutliche Reduzierung des Volumens, des Wassergehaltes und des Gasbildungspotentials sowie eine deutliche Verbesserung des Auslaugverhaltens und des Setzungsverhaltens erreichen. Durch den Einsatz der mechanisch-biologischen Vorbehandlung kann somit ein beträchtlicher Teil des Gefährdungspotentials einer Deponie unter kontrollierten Bedingungen (d.h. unter gezielter Erfassung und Behandlung der Emissionen) vorweggenommen werden. Aus diesem Grund wurde die mechanisch-biologische Vorbehandlung trotz Überschreitung des TOC-Grenzwertes bei den abzulagernden Endprodukten in einer Ausnahmeregelung der Deponieverordnung (§ 5 Ziffer 7 lit.f) zugelassen.

2 DERZEITIGER STAND DER ABLUFTERFASSUNG UND -BEHANDLUNG

Erhebungen zum Status quo der MBA in Österreich haben gezeigt, dass die technischen Standards sowie die Umweltschutzstandards - vor allem in Bezug auf den Emissionsschutz, siehe die UBA-Monographie M-104 (*LAHL et al. 1998*) - der bisher als Restmüll- bzw. Restmüll- und Klärschlammrotteanlagen betriebenen Altanlagen sehr unterschiedlich sind. Im Gegensatz zu thermischen Verfahren konnte für den Emissionsschutz bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA-Anlagen) bislang noch kein Stand der Technik vorgegeben werden.

Bei näherer Betrachtung des Emissionsschutzes ist bei den österreichischen Altanlagen übereinstimmend feststellbar, dass die bisherige Genehmigungspraxis fast ausschließlich auf die Minimierung von Geruchsemissionen abzielt. In vielen Fällen wurden alternativ dazu bzw. ergänzend staubmindernde Maßnahmen (z.B. Staubfilter, Sprühnebel zur Staubbeseitigung) berücksichtigt. Nach dem vorliegenden Kenntnisstand erforderte die bisherige, in den einzelnen Bundesländern unterschiedliche Genehmigungspraxis zumeist eine Ablufferfas-

sung lediglich in geruchsintensiven Anlagebereichen sowie eine zur Reduktion von Geruchsfrachten geeignete Abluftbehandlung. Bemerkenswert ist, dass mitunter überhaupt keine Abluffterfassung und -behandlung vorgeschrieben wurde. Hier sei als Beispiel die Anlage Fischamend genannt, welche erst in den letzten Jahren genehmigt und errichtet wurde. Das Spektrum der existierenden Altanlagen reicht daher von solchen ohne jegliche Abluffterfassung und -behandlung bis zu jenen, bei denen beinahe die gesamte Abluft erfasst und behandelt wird. Die meisten Anlagen sind jedoch im Bereich zwischen diesen beiden Extremen einzuordnen, da sie mit einer Abluffterfassung nur in einzelnen Bereichen (z.B. Bunker, Annahmebereich, Mühlen, Rottetrommel, Hauptrotte) ausgestattet sind, siehe die UBA-Monographie M-104 (LAHL *et al.* 1998).

Das bisherige Hauptkriterium für die Technologieauswahl und Auslegung von Filtern stellt somit die Geruchsreduktion dar. Dies führte beinahe ausschließlich zum Einsatz von Biofiltern, die mit einfachem technischen Aufwand betrieben werden, um geruchsintensive Inhaltsstoffe der Abluft biologisch umzusetzen. Dabei treten auch Effekte der Maskierung von Geruchsstoffen durch den Eigengeruch von Biofiltermaterialien auf. Die vorliegenden Biofilter stellen vor allem Einfachfilter (einfache offenen Flächen- oder Mietenbiofilter) ohne Vorkonditionierung der Abluft dar. Lediglich in zwei Einzelfällen erfolgt eine Konditionierung der Abluft vor dem Biofilter (Wärmetauscher bei der Anlage Siggerwiesen bzw. Befeuchter bei der Anlage Zell am See), diese ist jedoch in beiden Fällen ohne gezielte Abscheidefunktion, z.B. in Form eines sauren Wäschers, ausgeführt. In einem weiteren Einzelfall (Anlage Aich-Assach) wird die Abluft aus Teilbereichen der Anlage über intermittierende Rottefilter geleitet. Fallweise werden Eigenkontrollen bei den Biofiltern (z.B. Druckverlust, Temperatur, Geruchsminderung, optische Überprüfung des Abströmverhaltens) vorgenommen, eine Überprüfung und Dokumentation der Reinigungsleistung mittels gezielter Messprogrammen ist bisher jedoch nicht erforderlich und wird daher auch nicht durchgeführt.

3 ABLUFTZUSAMMENSETZUNG UND ABLUFTBEHANDLUNG IM BIOFILTER

Ausgehend von diesem Sachverhalt, der einen großen Forschungsbedarf aufzeigt, wurden in den letzten Jahren kostenintensive, systematische Bestrebungen unternommen, um fundiertere Kenntnisse über die Abluftzusammensetzung aus der MBA sowie über die Abluftbehandlung mittels Biofilter zu erhalten. Neben einem umfassenden Screening nach mengenmäßig und toxikologisch relevanten Einzelsubstanzen im Rohgas zur Ermittlung des vorhandenen Schadstoffpotentials wurden auch umfangreiche Messprogramme an MBA-Anlagen zur Dokumentation des Reinigungsverhaltens der jeweils vorliegenden Biofilter durchgeführt. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Studien im Rahmen des deutschen BMBF-Verbundvorhabens (unter anderem publiziert von DOEDENS *et al.* 1997; DOEDENS *et al.* 1998; CUHLS & DOEDENS 1998; CLEMENS *et al.* 1999, CUHLS *et al.* 1999) sowie die Messprogramme und Publikationen des österreichischen Umweltbundesamtes (HÄUSLER & ANGERER 1998; LAHL *et al.* 1998; ANGERER & REISENHOFER 1999; HÄUSLER & ANGERER 1999) zu nennen. Aus diesen Studien lassen sich ein beträchtliches Emissionspotential sowie zum Teil erstaunliche Erkenntnisse bezüglich der Leistungsfähigkeit und Grenzen der Biofilter ableiten, auf die hier nur sehr verkürzt eingegangen werden kann.

So blieben die ermittelten Reinigungsleistungen für Einzelkomponenten bzw. Substanzklassen (z.B. für die Aromaten) im Biofilter zum Teil deutlich hinter den Erwartungen zurück, die aus den in der Literatur genannten, stoffspezifischen Wirkungsgraden abgeleitet wurden (CUHLS *et al.* 1999). Hier zeigt sich die Problematik der Reinigung eines Vielstoffgemisches mit permanentem Wechsel der Zusammensetzung unter Einsatz eines biologischen Systems. Weiters wurde über nicht zu vernachlässigende Sekundäremissionen (Neubildungen von Schadstoffen im Biofilter) berichtet, die zum Teil erhebliches humantoxikologisches Po-

tential (z.B. das N-Nitrosomorpholin, *CUHLS et al. 1999*) bzw. zusätzlich eine beträchtliche Klimarelevanz (z.B. Stickstoffmonoxid, Lachgas; *CLEMENS et al. 1999*) besitzen und in direktem Zusammenhang mit dem mikrobiellen Stickstoffmetabolismus gesehen werden. Dies leitet nahtlos in die Problematik der hohen Stickstoffbelastung der Abluft aus der MBA (vor allem mit Ammoniak) über, welche eine bekannte Ursache für die Herabsetzung der Reinigungsleistung von Biofiltern für die organischen Stoffe durch Versäuerung des Filtermaterials (Bildung von Nitrat) darstellt. Eine ausreichende Reduktion der Stickstofffracht bereits vor einem Biofilter durch Vorkonditionierung der Abluft, z.B. unter Einsatz von sauren Wäschern, ist daher sowohl zur Minimierung der genannten Sekundäremissionen als auch zur Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit des Biofilters zwingend erforderlich (Stichwort „MBA-Entstickung“). Die Vorkonditionierung der Abluft kann jedoch keine Abhilfe für das generelle Problem bieten, dass persistente bzw. für Mikroorganismen toxische Substanzen einem mikrobiellen Abbau überhaupt nicht zugänglich sind. Für manche prinzipiell biologisch abbaubaren Schadstoffe, wie z.B. für das auch in der aeroben Rotte zum Teil in beträchtlichen Mengen gebildete Methan (*CUHLS et al. 1999*), ergibt sich im Biofilter ein emissionsneutrales Verhalten, d.h. diese Substanzen werden unter den im Biofilter herrschenden Bedingungen zwar nicht gebildet aber auch nicht abgebaut.

Zusammenfassend ist somit eindeutig festzuhalten, dass der Biofilter - im Gegensatz zur thermischen Abluftbehandlung - die Forderung nach einer möglichst weitgehenden Zerstörung von Schadstoffen für viele Schadstoffe nicht erfüllen kann. Auf Grund dieser Erkenntnisse sowie der derzeit nicht abschätzbaren Möglichkeit weiterer toxikologisch bedenklicher bzw. umweltrelevanter Sekundäremissionen durch mikrobielle Umwandlungsmechanismen (hier besteht sicherlich weiterer Forschungsbedarf) kann ein zusätzliches, bisher analytisch noch nicht erfassten Schadstoffpotential im Reingas nach dem Biofilter nicht ausgeschlossen werden. Zudem ist die sichere Einhaltung von Richt- oder Grenzwerten (ausgedrückt z.B. als mg TOC pro m³ Abluft) mit dem Biofilter alleine - d.h. ohne zusätzliche Polzeifilter - insofern nur schwer vorstellbar, als der Biofilter in Abhängigkeit von der schwankenden Rohgaskonzentrationen naturgemäß ein als Perzentil beschreibbares Reinigungsverhalten aufweist.

4 ANFORDERUNGEN AN DIE ABLUFTERFASSUNG UND BEHANDLUNG

War im bisherigen Betrieb der Rotteanlagen der Geruch das Hauptkriterium bei der Auswahl der Technologie zur Abluftreinigung, so müssen in Zukunft weitergehende Anforderungen - auch in Bezug auf den Arbeitnehmerschutz bzw. Immissionsschutz - erfüllt werden, zum Beispiel die Eliminierung von Stäuben sowie anorganischen und organischen Schadstoffen.

Auf Grund der Untersuchungen zur Schadstoffbelastung der Abluft aus der MBA ist unbestritten, dass eine geschlossene Betriebsführung mit Ablufferfassung und Behandlung der Abluft unbedingt erforderlich ist, vor allem in den Anlagebereichen mit höherer Emissionsintensität. Ebenso ist die Möglichkeit zur Emissionsmessung Voraussetzung für die Zulassung eines mechanisch-biologischen Behandlungsverfahrens. Einschlägige Anforderungen an das Behandlungsverfahren nach dem Stand der Technik zur Abluftreinigung und entsprechende Grenzwerte sind bisher nicht festgelegt. Es geht bei der Neuformulierung von Anforderungen an den Immissions- und Emissionsschutz nicht darum, spezifische Verfahren zuzulassen und andere auszugrenzen, sondern um die Festsetzung von Grenzwerten und funktionellen Anforderungen, sodass der innovationsfördernde Wettbewerb gewahrt bleibt.

Erste Ausführungen bezüglich der Anforderungen an die Ablufferfassung sind bereits im UBA-Report 151 „Grundlagen für eine Technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen“ (*MOSTBAUER et al. 1998*) ausgeführt. Um einen mit anderen Abfallbehandlungsanlagen vergleichbaren technischen Standard für die MBA sicherzustellen

len, ist von einer erforderlichen Ablufferfassung und -behandlung insbesondere im Anlieferungsbereich inkl. Bunker, bei der mechanischen Aufbereitung und zumindest in der Intensivrotte auszugehen. Einige wesentliche Bereiche konnten im UBA-Report 151 jedoch noch nicht abschließend dargestellt werden. So gilt es - unter der Annahme, dass nicht die gesamte Anlage mit einer Ablufferfassung und -behandlung ausgeführt wird - beispielsweise noch eine Schnittstelle zu definieren zwischen Bereichen einer vollständigen Erfassung und Behandlung der Abluft und jenen ohne erforderliche Ablufferfassung. Hier wurden verschiedentlich Vorschläge auf Basis der Rottedauer (3-5 Wochen) bzw. der biologischen Stabilität des Rottematerials (Rottegrad, Atmungsaktivität) erbracht (z.B. *UMWELTBUNDESAMT BERLIN 1999, MÜLLER et al. 1999; DOEDENS 1999*). Zusätzlich können sich über die Begrenzung von Geruchsemissionen in Abhängigkeit vom Verfahren der Ablufferfassung und -behandlung sowie der standortspezifischen Immissionssituation mitunter weitergehende Anforderungen an die Ablufferfassung und -behandlung ergeben (*KETELSEN & CUHLS 1999*). Aus der Sicht des BMUJF ist diese Diskussion noch nicht abgeschlossen. Auch die MBA-Arbeitskreise „Abluft“ und „Stabilitätsparameter“ im BMUJF, welche sich jeweils aus Experten der Länder, des ÖWAV, des VÖEB, des Interessentenverbundes MBA, des Umweltbundesamtes und des BMUJF zusammensetzen, befassen sich mit dieser Fragestellung. Zurzeit wird eine Festsetzung der erforderlichen Kapselung bzw. Einhausung über solche Parameter, welche die Stabilität des Rottematerials in Korrelation mit der emittierten Frachten beschreiben, gegenüber einer Festsetzung lediglich auf Basis der Dauer einer biologischen Behandlung deutlich präferiert. Dies deshalb, da sich für verschiedene Rottetechnologien unterschiedlich lange Zeiträume für die erforderliche Kapselung bzw. Einhausung ergeben, welche somit nicht über einen Kamm geschert werden können.

In Bezug auf die Abluftbehandlung ist eindeutig festzustellen, dass einfache, offene Biofilter alleine zukünftig nicht ausreichend sein werden. Ob technisch optimierte Biofilter in Kombination mit einer Vorkonditionierung der Abluft (z.B. mit einem sauren Wäscher) ausreichend sein werden, kann zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden. Sicher ist jedoch, dass diese Form der biologischen Abluftreinigung gegenüber der thermischen Abluftbehandlung nicht als gleichwertig bezeichnet werden kann.

Immer mehr rückt daher die Notwendigkeit des Einsatzes von Verfahrenskombinationen in den Vordergrund, wobei auch Kombinationen aus technischen Biofiltern (mit entsprechender Konditionierung der Abluft) mit weiteren, ergänzenden Technologien (z.B. Adsorption, Photooxidation, Plasmaverfahren, Ionisation, katalytische und regenerative Verfahren der thermischen Nachverbrennung) möglich erscheinen. Dabei ist auch die gezielte Weiterentwicklung von bestehenden und in anderen Bereichen bereit seit vielen Jahren etablierten Technologien unter den bei der MBA gegebenen Rahmenbedingungen und unter Einbeziehung der wirtschaftlichen Vertretbarkeit zu berücksichtigen. Ohne andere Verfahren benachteiligen zu wollen sind hier beispielsweise neueste Entwicklungen bei der regenerativen Nachverbrennung zur Verbesserung des Wirkungsgrades bei der Wärmerückgewinnung zur Erzielung eines wirtschaftlich interessanten Betriebes zu nennen. Standortspezifisch, z.B. bei Vorliegen von geeignetem Deponiegas, können sich hier durchaus wirtschaftlich interessante Alternativen bzw. Ergänzungen zur biologischen Abluftreinigung ergeben. Die derzeitige Diskussion zur Abluftreinigung bei der MBA benötigt solche innovativen Ansätze, welche einen Ansporn für weitere Entwicklungen geben sollten.

Eine nicht zu unterschätzende Maßnahme zur Emissionsminimierung wird zukünftig die anlagenspezifische Optimierung des Luftmanagements bei der MBA darstellen. Möglichkeiten dazu liegen unter anderem in der Minimierung von Abluftströmen (ausgedrückt als spezifische Abluftmenge pro Tonne behandeltem Abfall), wie sie z.B. durch die Kaskadennutzung der Abluft umgesetzt wird. Hier sind natürlich verfahrenstechnische Rahmenbedingungen, wie die erforderliche Abfuhr der Reaktionswärme aus der biologischen Behandlung, zu berücksichtigen. Weitere Möglichkeiten liegen in der getrennten Erfassung von verschiedenen belasteten Teilströmen und der Behandlung dieser Teilströme mit jeweils angepassten Techno-

logien, welche für diese Teilströme dann sowohl ökologisch als auch ökonomisch sinnvoll betrieben werden können.

Wegen der unterschiedlich großen Volumenströme von Hallen- und Rotteabluft und zeitlicher Schwankungen müssen nicht nur die Konzentrationen sondern auch die Frachten begrenzt werden. Eine Begrenzung der Konzentrationen alleine würde die einfache Möglichkeit der Verdünnung der Abluft bei der MBA nicht verhindern, und damit kein geeignetes Instrument für einen wirkungsvollen Emissionsschutz darstellen. Die Forderung der Frachtbegrenzung wird umso wichtiger, wenn ein Vergleich der spezifischen Abluftmengen pro Tonne behandeltem Abfall bei der mechanisch-biologische Vorbehandlung von Abfällen mit jenen bei der thermischen Abfallbehandlung durchgeführt wird. Hier zeigt sich, dass die spezifischen Abluftmengen der derzeit bestehenden MBA-Anlagen ohne spezielles Abluftmanagement etwa das zwei- bis dreifache jener aus der MVA betragen. Gleiche Konzentrationsgrenzwerte für beide Verfahren würden daher zwei- bis dreifach höhere Emissionsfrachten bei der MBA bedeuten, wobei die höhere (öko-)toxikologische Relevanz der Emissionen aus der MBA dabei entsprechend dem Vorsorgeprinzip noch zusätzlich zu berücksichtigen wäre. Die Formulierung des Standes der Technik für die MBA sollte dabei aus Sicht des BMUJF nicht hinter den notwendigen Stand der Umweltvorsorge zurückzufallen.

Nach derzeitigem Wissensstand sind die Emissionen bzw. Immissionen insbesondere für Lärm, Staub, Gerüche, Ammoniak, Schwermetalle, organische Schadstoffe (ausgedrückt als TOC inkl. Methan bzw. als flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC)) sowie Keime zu minimieren. Entsprechende Richt- bzw. Grenzwerte für ausgewählte (Summen-) Parameter für Emissionen und Frachten konnten im UBA-Report 151 (*MOSTBAUER et al. 1998*) noch nicht festgesetzt werden. Aus diesem Grund werden derzeit in einer Studie des BMUJF in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt Wien Emissionsmessungen bei zwei MBA-Anlagen in Österreich durchgeführt. Im Zuge dieser Studie sollen nicht die aktuellen Emissionen nach derzeit vielfach unter suboptimalen Bedingungen betriebenen Biofiltern bestimmt sondern vielmehr die mit verschiedenen Technologien (eine Kombination aus einem saurem Wäscher und einem Biofilter einerseits und eine regenerative Nachverbrennung andererseits) erzielbaren Reinigungsleistungen als Grundlage für Emissionsgrenzwerte in Form von Konzentrations- und Frachtbegrenzungen ermittelt werden. Für eine weitergehende Information zu dieser Studie darf auf den Beitrag „Erfahrungsberichte der Projekte Kufstein und Allerheiligen“ im Rahmen dieser Veranstaltung verwiesen werden.

Bei der Erarbeitung von Emissionsgrenzwerten in Österreich wird selbstverständlich auch die aktuelle Entwicklung in Deutschland, vor allem die Diskussion der auf dem BMBF-Verbundvorhaben aufbauenden Vorschläge des Umweltbundesamtes Berlin (1999) sowie entsprechender Stellungnahmen dazu (z.B. *DOEDENS 1999*), mit gespanntem Interesse verfolgt. Das Umweltbundesamt Berlin hat indessen die Arbeiten für eine eigene Bundesimmissionsschutzverordnung (18. BImSchV) für die MBA aufgenommen. Die vorliegenden Vorschläge für Emissionsgrenzwerte liegen im Spannungsfeld zwischen

- einer Frachtbegrenzung mit 55 Gramm TOC pro Tonne behandeltem Abfall (auf Basis des Gleichwertigkeitsgedankens gegenüber der thermischen Behandlung) in Verbindung mit einer Konzentrationsbegrenzung mit 20 mg TOC pro m³ im Reingas (*UMWELTBUNDESAMT BERLIN 1999*) einerseits und
- einem Vorschlag zur Begrenzung der flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) mit 300 Gramm C pro Tonne behandeltem Abfall und einer Konzentrationsbegrenzung mit 80 mg NMVOC pro m³ im Reingas (*DOEDENS 1999*) andererseits.

Deutliche Impulse in diese Diskussion gehen von einem Genehmigungsverfahren für eine MBA nach dem Trockenstabilatverfahren in Dresden aus. Die Genehmigungsaufgabe für die MBA Dresden sieht eine Konzentrationsbegrenzung von 20 mg TOC/m³ Abluft vor, welche bereits von der Stadt Dresden und dem zukünftigen Betreiber schriftlich akzeptiert wurde (*LAHL 1999*). Dieser Grenzwert entspricht bei einem projektierten, durch ein gezieltes Luft-

management gering gehaltenen Abluftstrom von lediglich 3.000 m³ pro Tonne Abfall (!) einer Emissionsfracht von 60 Gramm TOC pro behandelte Tonne Abfall. Diese Auflagen sollen durch gezielte Kreislaufführung der Abluft und den Einsatz einer alternativen Technologie der Abluftreinigung (einer in Bezug auf die Wärmerückgewinnung verbesserten regenerativen Nachverbrennung) im Regelbetrieb mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand eingehalten werden. Dieses ehrgeizige Vorhaben könnte damit zu einem richtungsweisenden Meilenstein in der Abluftreinigung bei der MBA werden.

5 LITERATUR

- Angerer T. & Reisenhofer A. (1999): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung - Pilotanlage Kufstein; Bericht BE-126, Umweltbundesamt Wien
- Clemens J.; Cuhls C.; Bendick D.; Goldbach H. & Doedens H. (1999): Emissionen von Treibhausgasen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. In „Verbundvorhaben Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen - Beiträge der Ergebnispräsentation“, 7.-8. September 1999, Potsdam, Tagungsband S. 61-73
- Cuhls C. & Doedens H. (1998): Emissionen aus mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlagen. In "Restabfallbehandlung, Deponietechnik, Entsorgungsbergbau und Altlastenproblematik" - 4. DepoTech Abfallwirtschaftstagung (Hrsg.: Hengerer D., Lorber K.-E., Nelles M., Wöber G.L.F.), 17.-19. November 1998 in Leoben (Steiermark), S. 33-47
- Cuhls C.; Doedens H.; Kruppa J.; Kock H. & Levsen K. (1999): Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. In „Verbundvorhaben Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen - Beiträge der Ergebnispräsentation“, 7.-8. September 1999, Potsdam, Tagungsband S. 43-60
- Doedens H. (1999): Stellungnahme zum UBA-Bericht „Ökologische Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung (Stand Juli 1999), erstellt für ASA Arbeitsgemeinschaft stoffspezifische Abfallbehandlung, Hannover, 20. September 1999
- Doedens H.; Cuhls C. & Mönkeberg F. (1998): Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der biologischen Vorbehandlung von Restabfällen. In: BMBF-Statusseminar 17.-19.03.1998 in Potsdam, Tagungsunterlagen herausgegeben von UBA, Projekträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF, S. 159-173
- Doedens, H.; Cuhls C.; Levesen K. & Artelt S. (1997): Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der biologischen Vorbehandlung von Restabfällen, Phase I. Screening, Emissionsqualität und Stoffliste. In: Abschlußbericht BMBF-Verbundvorhaben, FKZ: 1490959
- Häusler G. & Angerer T. (1998): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung - Anlage Siggerwiesen; Bericht BE-138, Umweltbundesamt Wien
- Häusler G. & Angerer T. (1999): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung - Anlage Allerheiligen; Bericht BE-139, Umweltbundesamt Wien
- Ketelsen K. & Cuhls C. (1999): Emissionen bei der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen und deren Minimierung bei gekapselten Systemen. In: Bio- und Restabfallbehandlung III in der Reihe „Abfallwirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis“, Baeza-Verlag, Witzenhäusen, S. 461-482
- Lahl U. (1999): Das Motto ist Programm. Bericht über die Auftaktveranstaltung des Diskurses über die zukünftige Restmüllentsorgung am 24. September in Berlin. Müllmagazin 4:11-14
- Lahl U.; Zeschmar-Lahl B.; Scheidl K.; Scharf W. & Konrad W. (1998): Abluftemissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Österreich, Monographien Band M-104, Umweltbundesamt Wien
- Mostbauer P. et al. (1998): Grundlagen für eine Technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen, Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Report R-151, Umweltbundesamt Wien
- Müller W.; Fricke K.; Wallmann R.; Hake J.; Turk T.; Bindlingmaier W.; Doedens H. & Rettenberger G. (1999): Anforderungen erfüllt. Mit hochwertigen MBA und einer angepassten Deponietechnik können die Schutzziele der TASI eingehalten werden. Müllmagazin 4:16-27
- Umweltbundesamt Berlin (1999): Bericht zur „Ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung“, Berlin, Juli 1999

Forderung nach Verbesserung der Ablufferfassung und - reinigung bei der MBA

Thomas Angerer, Isabella Kossina // Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

Forderung nach Verbesserung der Ablufferfassung und -reinigung bei der MBA

Thomas Angerer, Isabella Kossina // Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

1 EINLEITUNG

Die mechanisch-biologische Abfallbehandlung spielt in der Abfallwirtschaft Österreichs eine wichtige Rolle. Der Input in Anlagen zur MBA besteht zu einem Großteil aus Restmüll aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen sowie Klärschlamm und Wasser.

Diese in der MBA behandelten Abfälle enthalten die gesamte Palette der klassischen Schadstoffe, d. h. insbesondere die Schwermetalle

- Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei, Zink, etc.

und die verschiedenen organischen Stoffklassen wie

- Aromatische Kohlenwasserstoffe,
- Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LHKW),
- Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW),
- Chlorbenzole,
- Polychlorierte Biphenyle (PCB),
- Polychlorierte Dibenzodioxine/-furane (PCDD/F),
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), etc. (JAGER, KUCHTA, REINHARDT 1996).

Der Output besteht hauptsächlich aus Fe-Schrott, heizwertreichen Siebresten und dem verbleibenden Deponiegut.

Es können bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung auf dem Luftpfad die Abbauprodukte der organischen Substanz im Restmüll, u. a. Kohlendioxid und Methan sowie Wasserdampf und verschiedene flüchtige Substanzen, wie Quecksilber, Cadmium und verschiedene organische Substanzen ausgetragen werden (JAGER, KUCHTA, REINHARDT 1996). Bisher wurde der Emissions- und Immissionsschutz (ausgenommen Geruch) bei biologischen Verfahren weitgehend vernachlässigt. Aus jüngsten Untersuchungen ist abzuleiten, daß dies zukünftig nicht mehr zulässig sein kann.

Die in Betrieb befindlichen Anlagen weisen derzeit keine bzw. unzureichende technische Maßnahmen zur Abluftreinigung auf (teilweise Luftbefeuchter, Flächenbiofilter) und sind ausschließlich auf die Minimierung von Gerüchen ausgelegt. Aufgrund der Aktualität der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung wurden vom Umweltbundesamt in mehreren Projekten die Abluftemissionen untersucht.

2 ABLUFT AUS DER MECHANISCH-BIOLOGISCHEN ABFALL-BEHANDLUNG

Aus der Sicht des Umweltbundesamtes ist ausgehend vom derzeitigen Wissensstand zu fordern, daß insbesondere die organische Fracht sowie NH₃- und Staubemissionen aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen begrenzt werden sollten.

In den folgenden Kapiteln 2.1 bis 2.3 wird näher auf die Luftschadstoffemissionen der MBA eingegangen.

2.1 Schadstoffe in der Abluft

Art und Konzentration (oder Fracht) der Schadstoffe in der Abluft aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen sind sehr vielfältig und u. a. von folgenden Parametern abhängig:

- Behandelte Abfälle (Art, Menge, Zusammensetzung; Restabfall, Klärschlamm, etc.),
- Art der mechanische Behandlung der Abfälle (Zerkleinerung, Homogenisierung, etc.),
- Art der biologische Behandlung der Abfälle (Rottetechnik: Kapselung, Umhausung, Prozeßtemperatur, Belüftung, Luftmanagement, Umsetzen der Abfälle, etc.),
- Ablufferfassung, Abluftweiterleitung, Abluftreinigung.

In letzter Zeit wurden eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt, um die Abluftemissionen aus einer mechanisch-biologischen Behandlungsanlage abzuschätzen. Es wurde dabei festgestellt, daß die Schadstoffbelastung der Abluft aus der MBA, entgegen den bisherigen Annahmen, nicht zu vernachlässigen ist.

Die Emissionsmessungen zeigen, daß folgende Schadstoffe bei MBA-Anlagen im Normalbetrieb (Rohgas) aus heutiger Sicht maßgebliche Frachten aufweisen (HÄUSLER & ANGERER 1998; HÄUSLER & ANGERER 1999; ANGERER & REISENHOFER 1999; CUHLS C. & DOEDENS H. 1999; CUHLS C. & DOEDENS H. 1998; CUHLS C. & DOEDENS H. 1998a):

- | | |
|--|--|
| - NH ₃ | - Aldehyde (Acetaldehyd) |
| - NO, N ₂ O | - Alkane |
| - Methan | - Aromaten (Toluol, Ethylbenzol, Xylole, Benzol) |
| - Alkohole (Methanol, Ethanol) | - FCKW (R12 Dichlordifluormethan) |
| - Acetate (Ethylacetat) | - CKW |
| - Ketone (2-Butanon, Aceton) | - (N-C-Verbindungen, Schwermetalle) |
| - Terpene (Limonen, α -Pinen, β -Pinen) | |

Die Emissionsfracht an organischen Kohlenstoffverbindungen läßt sich bei der MBA aus heutiger Sicht in Abhängigkeit u. a. vom Anlagendurchsatz und der –technologie (z. B. Rotte-technik) auf ca. 0,4 bis 1,5 kg/t_{Abfall} (Rohgas) abschätzen (ANGERER 1999).

In der Tabelle 1 ist eine Auswertung der Emissionsmessungen des Umweltbundesamtes bei den MBA-Anlagen in Allerheiligen, Kufstein und Siggerwiesen bezüglich \emptyset Gesamtkohlenstoff dargestellt.

Tabelle 1: Auswertung - Ø Gesamtkohlenstoff (ANGERER 1999)

MBA-Anlage	Ø Volumenstrom [Nm ³ /h]	Ø Durchsatz [t _{Abfall} /h]	Ø Fracht [kg C/h]	Ø Fracht [kg C/t _{Abfall}]	Ø C ¹⁾ [mg C/Nm ³]
Allerheiligen (Rohgas Rottetunnel, Probenahme Mai 98)	17.388	2,6	3,47	1,34	200
Siggerwiesen (Rohgas Rottetrom- meln, Probenahme Februar 98)	9.897	13,9	4,94	0,36	499
Siggerwiesen (Rohgas Rottetrom- meln, Probenahme Juli/August 98)	6.124	12,8	6,2	0,48	1013
Siggerwiesen (Abluft der Rottehalle → Mietenabluft, Pro- benahme März 98)	13.582	11,4	8,91	0,78	656
Kufstein (Rohgas Rottebox, Probenahme Sep- tember 98)	1.050	0,192	0,25	1,29	236
Kufstein (Rohgas Rottebox, Probenahme No- vember 98)	1.117	0,174	0,075	0,43	67,1
Kufstein (Reingas Rottebox nach Containerbiofil- ter, Probenahme No- vember 98)	1.025	0,174	0,05	0,30	51

1) Gesamtkohlenstoff: Flammenionisationsdetektion nach VDI 3481 Bl. 1

2.2 Projekt „Technologien und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll“

Zur Beseitigung bestehender Kenntnislücken sowie zur Erhebung von Daten über die derzeit verfügbaren Abluftreinigungstechnologien und den erzielbaren Reingaskonzentrationen wurde das Projekt „Technologien und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll“ initiiert, welches im folgenden kurz erläutert wird (ANGERER, FRÖHLICH 1999).

Aufbauend auf bereits vorhandene Studien wie z. B. „Abluftemissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Österreich“ (LAHL, SCHEIDL et al. 1998) und Erfahrungen mit der Messung von Abluftemissionen aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen des Umweltbundesamtes, sollten einschlägige Daten zur Beantwortung folgender Fragen gewonnen werden:

- Welche Parameter sind in der Abluft aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen zu messen ?
- Welche Grenzwerte sind dafür festzulegen ?
- Mit welcher Technologie (Abluftreinigung) und welchen Konzepten (Ablufferfassung, Ablufführung, Teilstrombehandlung, etc.) sind diese Grenzwerte einzuhalten ?

Das Projekt beinhaltet sowohl einen theoretischen Teil (Literaturstudium über Emissionen, Technologie, etc.) als auch praktische Arbeiten (Messungen an MBA-Anlagen, Technologiebetrachtungen, etc.) zur Abluftsituation der MBA. Ebenso soll das Projekt die technischen Möglichkeiten zur Abluftreinigung und die damit verbundenen Kosten behandeln.

Ein Auszug aus den vorläufigen Ergebnissen der kontinuierlichen Messungen in Kufstein ist nachfolgend dargestellt (Abb. 1). Es handelt sich dabei um den 3. Rottezyklus (14 Tage, 30.10. bis 15.11.1999) zur Zeit der Untersuchungen in Kufstein. Insgesamt wurden 5 Rottezyklen (jeweils 14 Tage) untersucht. Die Endauswertungen lagen bei Erstellung dieser Publikation noch nicht vor.

Dargestellt ist:

- THC [ppm C₃H₈] im Rohgas und im Reingas über den gesamten Rottezyklus
- Befüllen und Entleeren des Rottemoduls (graue vertikale Linien)
- Umsetzungsvorgang im Rottemodul (punktierte schwarze vertikale Linien)
- Umsetzungsvorgang inkl. Bewässerung (strichlierte schwarze vertikale Linien)

Erste Bewertung der vorläufigen Ergebnisse:

(1) Die vorläufigen Ergebnisse deuten darauf hin, daß das Treibhausgas Methan im Biofilter nicht abgebaut wird. Die Änderung der Konzentration an organischem C nach dem Biofilter dürfte demnach auf einen teilweisen Abbau von NMVOC zurückzuführen sein.

(2) Der CO₂-Gehalt im Rohgas nimmt relativ früh während aller untersuchten Rotten bereits wieder ab, während die C_{org}-Konzentration weiter ansteigt. Dies ist insofern interessant, da es nicht den Erwartungen entspricht.

(3) Der NO-Gehalt ist im Durchschnitt im Reingas höher als im Rohgas. Es ist somit davon auszugehen, daß im Biofilter NO gebildet wird. Dieses Ergebnis bestätigt die Erkenntnisse von CUHLS et al. (1999) und CLEMENS et al. (1999).

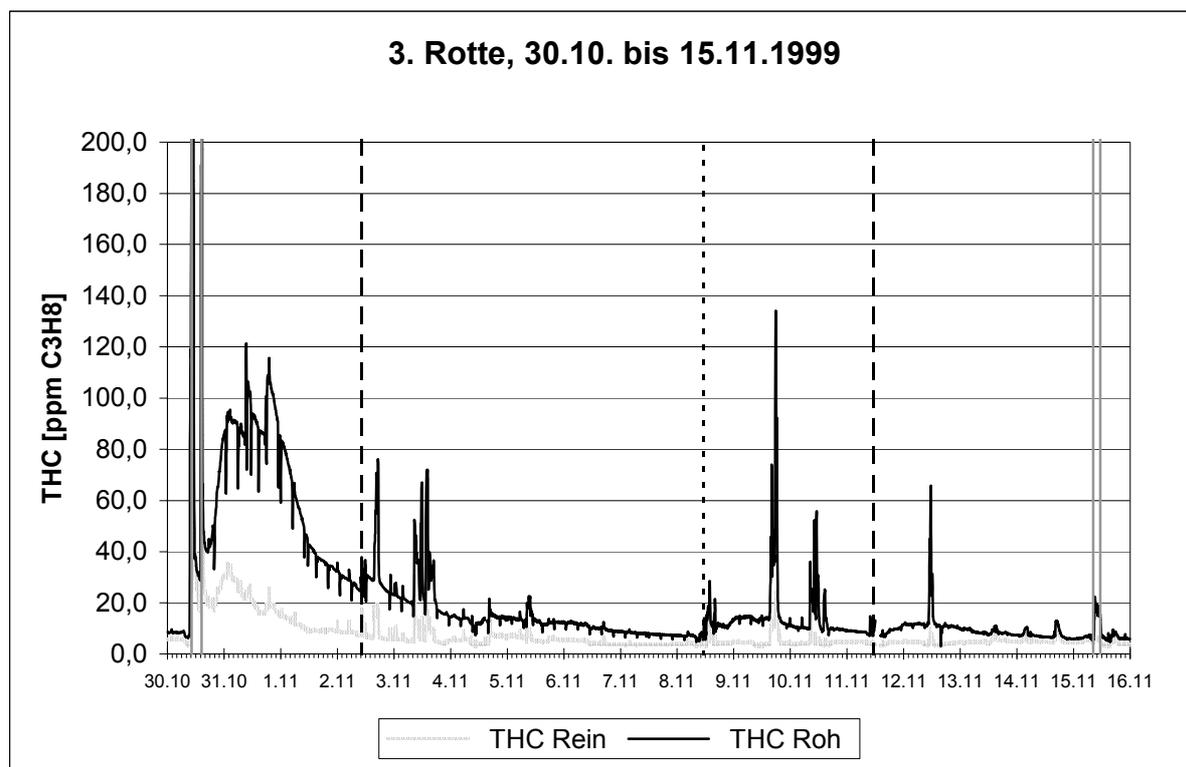


Abbildung 1: THC im Roh/Reingas (3. Rotte)

2.3 Ökologische Bewertung

Eine Studie des Umweltbundesamtes (LAHL, ZESCHMAR-LAHL, ANGERER 2000) hat die Möglichkeiten der mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen in der österreichischen Abfallwirtschaft untersucht.

Auf der Basis der aktuell in Österreich gültigen Rechtslage wurden die konzeptionellen und technischen Möglichkeiten der zukünftigen Integration der MBA in die österreichische Abfallwirtschaft betrachtet. Diese Möglichkeiten wurden einer vergleichenden ökologischen Analyse unterzogen und im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung mit Ergebnissen anderer Studien abgeglichen.

Die Aufgabe dieser Untersuchung war, ausgehend von konkreten Anlagen in Österreich ökologische Optimierungspotentiale ausfindig zu machen, um zu ökologisch gleichwertigen Lösungen zwischen Monoverbrennung und Kombinationslösungen auf der Basis mechanisch-biologischer Abfallbehandlung zu kommen. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wurde abschließend untersucht, wo die Möglichkeiten und Entwicklungspotentiale für die MBA in Österreich zu sehen sind.

Die gegenständliche Untersuchung zeigte, daß *die Konzepte der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Kombination mit der Verbrennung heizwertreicher Fraktionen* verglichen mit *der Monoverbrennung* unter ökologisch hochwertigen Bedingungen entsprechend dem Stand der Technik zu ökologisch akzeptablen bis gleichwertigen Ergebnissen führen können.

Dabei müssen jedoch alle Behandlungsschritte (mechanische, biologische und thermische Behandlung, Deponierung, etc.) auf hohem Niveau stattfinden. Dies ist zur Zeit in Österreich noch nicht der Fall.

Die Ergebnisse zeigen, daß für die Umsetzung eines ökologisch akzeptablen Standards im Gegensatz zum Istzustand, in Zukunft verstärkt Maßnahmen zur Verminderung der Schadstoffemissionen sowohl bei der MBA als auch bei industriellen Mitverbrennungsanlagen gesetzt werden müssen.

Insbesondere müssen bei der MBA die Emissionen von

- NMVOC,
- Methan und
- NH₃ minimiert werden (mit Wirkungsgraden im Bereich von 90 %).

Bei Einsatz von Biofiltern muß eine NO-, N₂O-Bildung unbedingt vermieden werden; wie überhaupt auf mögliche Sekundäremissionen nach jeder Abluftreinigung zu achten ist.

Eine weitere Voraussetzung ist die Festlegung von gleichen Emissionsgrenzwerten für industrielle Abfallmitverbrennungsanlagen wie für Abfallverbrennungsanlagen.

3 ABLUFTERFASSUNG UND -REINIGUNG BEI DER MBA

3.1 Quellen von Abluftemissionen

Nennenswerte Abluftemissionen (organische und anorganische Schadstoffkomponenten) treten bei der MBA vor allem im Intensivrottebereich auf (erste Rottephase). Der Bereich der mechanischen Vorbehandlung von Abfällen sollte in bezug auf die Emissionen über den Luftpfad jedoch nicht vernachlässigt werden. Durch Verfahrensschritte wie Zerkleinerung, Homogenisierung (z. B. Rottetrommel), etc. kann es zu einer Erhöhung der Temperatur des Abfallstroms kommen und Schadstoffemissionen (leicht flüchtige organische Schadstoffe) zur Folge haben. Ebenfalls von Bedeutung ist bei der mechanischen Vorbehandlung das Auftreten von Stäuben, an denen Schadstoffe haften. In geringerem Umfang tragen Lagerbereiche zu den Abluftemissionen aus der MBA bei. Eine grobe Darstellung zum Auftreten der Abluftemissionen (relevante Bereiche, etc.) zeigt die Tabelle 2.

Tabelle 2: Abluftemissionen bei der MBA – relevante Bereiche (BILITEWSKI et al. 1997)

Verfahrensschritt	Aggregat/ Verfahrensbereich	Abluftemissionen
Anlieferung	Bunker	Geruch, Staub, organische und anorganische Schadstoffe, Mikroorganismen, sonstige Verwehungen
Vorbehandlung	Aufbreitung (Zerkleinerung, Homogenisierung, Siebung, Fe- Abscheidung, etc.)	Geruch, Staub, organische und anorganische Schadstoffe, Mikroorganismen, sonstige Verwehungen
aerobe biologische Behandlung (Rotte)	Mieten, Tunnel, Trommel, Container, etc.	Geruch, organische und anorganische Schadstoffe, Mikroorganismen, (Staub, sonstige Verwehungen)
anaerobe biologische Behandlung	Reaktor, Entwässerung, Gasmotoren, etc.	organische und anorganische Schadstoffe über Biogas und Biogasverwertung
Konfektionierung	Sieb, diverse Scheider	Geruch, Staub, sonstige Verwehungen, Mikroorganismen
Abluftreinigung	Abluftfilter/-wäscher	Geruch, organische und anorganische Schadstoffe, Mikroorganismen
Abwasserreinigung (gegebenenfalls)	Auffangbehälter, Kläranlage	Geruch
Abtransport	Ladeaggregate, Straßen, Transportfahrzeuge	Geruch, Staub, Verwehungen

In Betrieb befindliche Rotteanlagen weisen wie Erhebungen zeigen (LAHL, SCHEIDL et al. 1998) derzeit keine bzw. unzureichende technische Maßnahmen zur Abluftreinigung auf (teilweise Luftbefeuchter, Flächenbiofilter, udgl.) und sind aufgrund der bisherigen Genehmigungspraxis ausschließlich auf die Minimierung von Gerüchen ausgelegt. In Ausnahmefällen wird auch eine Abscheidung von Stäuben durchgeführt (z. B. Siggerwiesen, Allerheiligen).

In der folgenden Tabelle 3 ist eine grobe Übersicht zur Abluftreinigungssituation (angewandte Verfahren zur Abluftreinigung) bei der MBA dargestellt (ANGERER 1999).

Tabelle 3: Abluftreinigung / Rotteanlagen (Auswahl), Stand 1998 (ANGERER 1999, modifiziert)

mechanisch-biologische Betriebsanlage	Abluftreinigungsverfahren
Aich-Assach	Rotte-Filter-Kompostierung
Allerheiligen	Staubfilter, Flächenbiofilter (2 Stk.)
Fischamend	nicht vorhanden
Frojach-Katsch	nicht vorhanden
Herzogsdorf (Gerling)	Flächenbiofilter
Kirchdorf/Krems	nicht vorhanden
Oberpullendorf	Flächenbiofilter
Ort im Innkreis	Flächenbiofilter
Siggerwiesen	Staubfilter, Absetzkammer, Wärmetauscher (2 Stk.), Luftbefeuchter, Flächenbiofilter (2 Stk.)
Zell am See	Luftbefeuchter (2 Stk.), Flächenbiofilter (2 Stk.)
Kufstein (Versuchsanlage)	Containerbiofilter (2 Stk.), Flächenbiofilter

Die oben angesprochene sehr unterschiedliche Genehmigungspraxis führte bei den österreichischen Rotteanlagen zu sehr unterschiedlichen Standards der Abluffterfassung und –behandlung und reicht von

- keine Maßnahmen zur Abluffterfassung und –behandlung (z. B. Fischamend) bis hin zu
- Maßnahmen, die aus mehreren Bereichen der MBA die Abluft erfassen und behandeln.

Im Regelbetrieb kommen bei der MBA zur Zeit hauptsächlich Biofilter (mehrheitlich Flächenfilter) zum Einsatz, wobei eine Überprüfung der Reinigungsleistung durch geeignete Meßprogramme bisher aufgrund fehlender bundesweiter rechtlicher Grundlagen nicht erforderlich ist.

Die Anwendbarkeit und Effektivität dieser Technologie ist jedoch aus heutiger Sicht zu bezweifeln.

Unter anderem gestaltet es sich als schwierig, die Reinluft nach Flächenbiofiltern zu untersuchen. Der Filter stellt eine flächige Emissionsquelle dar, wodurch eine repräsentative Probenahme in Frage zu stellen ist. Zumeist ist eine gleichmäßige Durchströmung des Biofilters in

der Praxis nicht gegeben (infolge Randgängigkeit, Rißbildung, durchnäßte Filterbereiche, Frost, etc.), wodurch die Probenahme und Überwachung der Reinluft zusätzlich erschwert wird.

Auch bei der Geruchsmessung bei offenen Systemen (Biofilter, Mieten, etc.) mit dem Haubensystem gestaltet sich die Messung schwierig. Je nach gewählten Strömungsverhältnissen an der Messhaube erhält man die „gewünschten“ GE-Werte.

Die Funktionstüchtigkeit des Flächenbiofilters wird auch durch die Witterung beeinflusst. Frost, Regen, hohe Außentemperaturen beeinträchtigen das Filtermaterial und somit die Abscheideleistung des Biofilters.

Bisherige Untersuchungen zur Reinigungsleistung von Biofiltern (offene und geschlossene) für breite Schadstoffspektren in der Rohluft konnten keine einheitlichen Ergebnisse erzielen. Es werden nicht annähernd die stoffspezifischen Wirkungsgrade aus Literaturangaben erzielt. Beispielsweise gehen die Wirkungsgrade für Aromaten über Maximalwerte von 50 % nicht hinaus. Dieses Ergebnis bleibt hinter den Erwartungen an Biofiltern zurück (CUHLS et al. 1999).

Als problematisch in mehrfacher Hinsicht kann sich die Ammoniakemission herausstellen (CUHLS et al. 1999):

Es kommt zur Absorption im Biofilter und zur Nitrifikation des Ammoniums. In der Folge führt vermutlich die Akkumulation von Nitrit im Biofilter zu Sekundäremissionen von Stickoxiden (N_2O , NO). Die Bildung von NO im Biofilter war bislang unbekannt. NO kann die Neubildung von krebserzeugenden Nitrosaminen verursachen. Die Abscheidung von Ammoniak vor der Biofiltration erscheint daher zwingend erforderlich.

In der Praxis werden vor dem Biofilter zum Teil lediglich Luftbefeuchter eingesetzt. Um jedoch eine Abscheidung des Ammoniak vor dem Biofilter zu gewährleisten, sollte ihm z. B. ein saurer Wäscher vorgeschaltet werden.

4 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aufgrund der Untersuchungen von Abluftemission aus der MBA in den letzten Jahren, ist aus der Sicht des Umweltschutzes eine Ablufferfassung und –reinigung entsprechend dem Stand der Technik bei MBA-Anlagen unbedingt erforderlich. Derartige Maßnahmen sind derzeit nicht im Einsatz. Entsprechende bundeseinheitliche Regelungen zur Umsetzung dieser Forderung sollten daher festgelegt werden. Gleichzeitig sollten auch Meßmethoden standardisiert und eine kontinuierliche Emissionsüberwachung festgelegt werden.

Um Stoffaufkonzentrierungen durch Umluftführung sowie Stoffverdünnungen durch Überbelüftung zu berücksichtigen, sollte zusätzlich eine Regelung mittels Frachten als auch Konzentrationen erfolgen.

Aus der Sicht des Umweltbundesamtes wird, ausgehend vom derzeitigen Wissensstand, die Festlegung eines Emissionsgrenzwertes für die organische Belastung aus der MBA (Konzentration) von $\leq 20 \text{ mg } C_{\text{org}}/\text{m}^3$ gefordert. Ebenso ist eine Begrenzung der organischen Fracht ($\text{g}/\text{kg}_{\text{FS}}$) bzw. u. a. von NH_3 -Emissionen sowie des Gesamtstaubgehalts erforderlich, wobei Vorschläge nach Abschluß der aktuellen Messungen des Umweltbundesamtes formuliert werden.

Aus heutiger Sicht kann abgeschätzt werden, daß bisher eingesetzte Verfahren der Abluftreinigung bei der MBA (einfache offene Flächenbiofilter) diese Anforderungen nicht erfüllen können. Fraglich ist auch, inwieweit ein technisch optimierter geschlossener Biofilter zur Ein-

haltung dieser Forderungen geeignet ist. Zumindest wird eine Konditionierung der Zuluft erforderlich sein (z. B. zur Abscheidung von NH_3).

Anzunehmen ist aus heutiger Sicht, daß das „lebende System“ Biofilter allein keine dauerhafte Einhaltung des geforderten Grenzwertes gewährleisten kann. Effektive Verfahren zur Abluftreinigung (TNV, KNV, Adsorption, etc.) sind in Österreich derzeit nicht großtechnisch im Einsatz. Jedoch werden diese Verfahren mit Erfolg in vergleichbaren Anlagen in der Industrie eingesetzt.

Das Umweltbundesamt Berlin hat in seinem Bericht zur „*Ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung*“ konkrete Anforderungen an die MBA dargestellt. Dieser Bericht dient als Diskussionsgrundlage für die zukünftige Regelung der MBA in Deutschland. Unter anderem wurden Anforderungen für die Abluft aus der MBA formuliert (Tabelle 4).

Tabelle 4: Anforderungen an die MBA mit anschließender Ablagerung (UBA-Berlin 1999, Auszug)

Anforderung	Erläuterung
Abluft, MBA	
Frachtbegrenzung auf 55 g C/t Abfall	ähnlich geringe luftseitige Emissionsfracht wie bei MVA (17.BimSchV): 55 g C pro Tonne Abfall <u>Messungen bei MBA (mit Biofilter):</u> ca. 300 g C pro Tonne Abfall
Fassung und Behandlung der Abluft aus Nachrotte und aus Umsetzungsvorgängen oder $\text{AT}_4 < 20 \text{ mg O}_2 / \text{g TS}$ vor Austrag in die Nachrotte	ähnlich geringe luftseitige Emissionsfracht wie bei MVA
Abluft-Kamin	immissionsbezogene Regelung (17. BImSchV, TA Luft)
Abluft-Keimstatus festlegen (Hygiene)	Infektionsschutz, Bebauungsabstand

5 LITERATUR

ANGERER T., FRÖHLICH M. (1999): Technologien und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll. In: Interner Bericht IB-617 des Umweltbundesamtes.

ANGERER T. (1999): Abluftreinigung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA). In: Bericht BE-156 des Umweltbundesamtes.

ANGERER T., REISENHOFER A. (1999): Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Pilotanlage Kufstein. In: Bericht Band 126 des Umweltbundesamtes.

BILITEWSKI B. et al. (1997): Mechanisch-biologische Verfahren zur stoffspezifischen Abfallbeseitigung. In: Beihefte zu Müll und Abfall. Hrsg. BWK-Arbeitsgruppe „Restabfallbehandlung“. Dresden, Hamburg.

CLEMENS C. et al. (1999): Emissionen von Treibhausgasen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. In: Verbundvorhaben – Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen, Beiträge zur Ergebnispräsentation, 7. – 8. September 1999, Potsdam.

CUHLS C. et al. (1999): Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. In: Verbundvorhaben – Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen, Beiträge zur Ergebnispräsentation, 7. – 8. September 1999, Potsdam.

CUHLS C., DOEDENS H. (1999): „Emissionen bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Parameter, Meßtechnik und Bewertung.“ In: Bio- und Restabfallbehandlung III – biologisch • mechanisch • thermisch. Hrsg. K. Wiemer, M. Kern. Fachbuchreihe Abfall-Wirtschaft des Witzenhausen-Instituts. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen.

CUHLS C., DOEDENS H. (1998): Emissionen aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen. In: DepoTech 1998 – Restabfallbehandlung-Deponietechnik-Entsorgungsbergbau und Altlastenproblematik. Hrsg. Dirk Hengerer, Karl-Erich Lorber, Michael Nelles & Georg L. F. Wöber. A. A. Balkema, Rotterdam.

CUHLS C., DOEDENS H. (1998a): Viel warme Luft. In: Müllmagazin, 4/1998.

HÄUSLER G., ANGERER T. (1999): „Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Anlage Allerheiligen.“ In: Bericht Band 138 des Umweltbundesamtes.

HÄUSLER G., ANGERER T. (1998): „Abluftemissionen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung – Anlage Siggerwiesen.“ In: Bericht Band 139 des Umweltbundesamtes.

JAGER R., KUCHTA K., REINHARDT T. (1996): Technische Möglichkeiten und Konzepte zur weitergehenden Abluftreinigung für MBA. In: VDI-Seminar „Planung von biologisch-mechanischen Restabfallbehandlungsanlagen (MBA), Betriebserfahrungen, Risiken“, Düsseldorf, Juni 1996.

LAHL U., ZESCHMAR-LAHL B., ANGERER T. (2000): Möglichkeiten der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung –Systemvergleich. In: Interner Bericht IB-612 des Umweltbundesamtes.

LAHL U., SCHEIDL K. et al. (1998): Abluftemissionen aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Österreich. Monographie Band 104 des Umweltbundesamtes.

MOSTBAUER P. et al. (1998): Grundlagen für eine technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen. Report-151 des Umweltbundesamtes.

UBA-BERLIN (1999): Bericht zur Ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen.

Regelungssituation zur MBA insbesondere zur Abluft aus der MBA in Deutschland

Jürgen Hahn // Umweltbundesamt Berlin, Seecktstraße 6-10, D-14191 Berlin

Regelungssituation zur MBA insbesondere zur Abluft aus der MBA in Deutschland

Jürgen Hahn // Umweltbundesamt Berlin, Seecktstraße 6-10, D-14191 Berlin

1 METHODISCHE GRENZEN DER ABFALLMARKTWIRTSCHAFT

Die Sachdiskussion in der Abfallwirtschaft wird in den Fachzeitschriften zur Zeit fast ausschließlich als **offene oder verdeckte Kostendiskussion** geführt. Auch die EU zeigt ein vordergründiges Interesse an „uneingeschränktem Wettbewerb in der Abfallwirtschaft“, „Abfall als Marktgut“, „Beseitigung des Abfallprotektionismus“ und ähnlichen marktwirtschaftlich orientierten Instrumentarien.

Dabei ist „Abfall an sich“ genau das Gegenteil eines Produktes oder eines marktfähigen Gutes, weil es sich bei Abfällen definitionsgemäß um Stoffe handelt, die „unsere Wertschätzung“ verloren haben (nicht ihre Funktion) und derer „**wir uns entledigen wollen**“. Stoffen ohne Wert fehlt aber die wichtigste Eigenschaft zur Marktfähigkeit - „**die individuelle Knappheit**“. Erst durch

- gesundheitsbedingte,
- umweltbedingte und
- ästhetische

Anforderungen an die „Entledigung“ entstehen Kosten, die wiederum Abfälle überhaupt erst handelbar machen. Eingedenk dieses Sachverhaltes, dass Abfall ein künstlich über Umweltanforderungen geschaffenes Marktgut ist, sollten die Dinge wieder „vom Kopf auf die Beine“ gestellt werden. Der EU-Kommission und der Fachöffentlichkeit muss erinnert werden, dass Wettbewerb nicht der **Zweck**^{*} des Handelns in der Abfallwirtschaft ist - sondern nur das **Mittel**^{*}, um dauerhaft umweltgerechte stoffliche Lösungen im Abfallbereich zu finden. Die marktwirtschaftlichen Instrumente haben in der Fachdiskussion den Status des Selbstzweckes erreicht und es ist zur Zeit in Fachkreisen schlimmer gegen den freien Wettbewerb zu verstoßen, als nachweislich die Emissionsfrachten in der Abfallwirtschaft zu erhöhen. Außerdem führt die kritiklose Übertragung des marktwirtschaftlichen Instrumentariums auf die Abfallwirtschaft zu dem grotesken Ergebnis, dass Stoffe ohne Wert (Abfälle) inzwischen knapp geworden sind und Abfallbehandlungen, die zu großen Reststoffvolumina führen (MBA) als Deponiefüller gerade deswegen hoch willkommen sind. Hier muss durch glaubwürdige und rechtsklare Anforderungen in den rechtlichen Regelungen (Begriffe, Unter- und Obertagedeponien, MBA- und MVA-Behandlung) ein **konkreter und klar erkennbarer, rechtsmittelfester Anforderungsrahmen vorgeben werden, innerhalb dessen Grenzen eine stärkere marktwirtschaftliche Orientierung überhaupt erst möglich wird.**

Zur Zeit kann z. B. Berliner Bauschutt für 5,- DM/t deponiert werden und Siedlungsabfälle aus ganz Deutschland können in Halle Lochau auf einer nicht TASI-konformen Deponie für **40,- bis 100,- DM/t scheinverwertet** werden. Auf der Basis dieses Verdrängungswettbewerbs, der lediglich die Rechtsunklarheiten und Ausnahmeregelungen bestehender Regelungen teilweise entgegen der Zielsetzung des Gesetzes ausnutzt, ist eine umweltverträgliche Abfallbehandlung und eine noch „stärkere marktwirtschaftliche Orientierung“ weder sinnvoll noch möglich.

^{*} Siehe Kants Ausführungen zur praktischen Vernunft.

Auch die **Verhältnismäßigkeit** des Aufwandes für die Abfallbehandlung wird immer nur relativierend zwischen billigen (weitgehend ungeeigneten) Behandlungsalternativen diskutiert. Hier muss die Abfallbehandlung als Teil der „Daseinsvorsorge“ für einen **nachhaltigen Umgang mit Stoffen** in Erinnerung gebracht werden. Bei den momentanen Behandlungspreisen von 200,-- DM/t kostet die Abfallbehandlung den Bürger 15 Pfennig pro Tag. Gemessen an den Kosten, die der Bürger ausgibt, um sich den Konsum-Plunder anzuschaffen, den er für weniger als den „Preis einer Zigarette pro Tag“ umweltverträglich entsorgen kann, ist die fachinterne Verhältnismäßigkeitsbetrachtung eher lächerlich.

Zusammengefasst

1. Abfall an sich ist wertlos (und unbequem) und deshalb nicht marktfähig (**Wettbewerb ist aber kein Selbstzweck**).
2. Erst Gesundheits- und umweltbedingte Anforderungen führen zu Kosten und zur Marktfähigkeit.
3. Der abfallrechtliche Rahmen, in dem Marktwirtschaft geschehen soll, ist zur Zeit unklar und löchrig.
4. Deshalb sind die „Verwertungs- und Beseitigungspreise“ zur Zeit so niedrig, dass weder eine umweltverträgliche Abfallbehandlung noch ein marktwirtschaftlich fairer Wettbewerb stattfinden kann.
5. Auch die Ebene zur Abschätzung der Verhältnismäßigkeit der Anforderung ist falsch gewählt und führt zu lächerlichen Auseinandersetzungen.
6. Die Daseinsvorsorge kann nicht privatwirtschaftlich, sondern muss durch staatliche Institutionen sichergestellt werden, die den marktwirtschaftlichen Rahmen bestimmen.
7. Abfallwirtschaft kann und muss sich stärker marktwirtschaftlich orientieren. Voraussetzung dafür sind rechtsmittelfeste und widerspruchsfreie Regeln, die der **Abfallwirtschaft einen überschaubaren Handlungsrahmen vorgeben, in dem Marktwirtschaft erst möglich ist**.

Das 5-Eckpunkte-Papier des BMU vom 20.08.99 versteht sich hierzu als ein Anfang. Die Umsetzung über die zur Zeit in Arbeit befindlichen Verordnungen rückt aber bereits wieder die alten Krankheitsbilder in den Vordergrund (Tabelle 1).

2 BEZUGSRAHMEN FÜR DIE MECHANISCH-BIOLOGISCHE ABFALL-BEHANDLUNG

Die Mitwirkung an der EU-Verbrennungs-Richtlinie für **Siedlungsabfälle, Sonderabfälle (EAK)** und die **Mitverbrennung von Abfällen in Industrieanlagen** soll ein einheitliches Anforderungsniveau auf der Basis der Anforderungen der 17. BImSchV setzen, um Wettbewerb in der Abfallwirtschaft ohne Ökodumping zu ermöglichen. Derselbe Anforderungsrahmen (17. BImSchV) wurde vom Umweltbundesamt für einen anderen Behandlungsweg, die "Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) mit anschließender Ablagerung", zugrunde gelegt, um die **Umweltbelastungen in ähnlichen Größenordnungen und unabhängig vom Behandlungsweg zu halten**.

Die Zielsetzung der Abfallwirtschaft, Abfälle zu **vermeiden** oder so zu **behandeln**, dass sie verwertet oder **nachsorgefrei abgelagert** werden können, ist dieselbe geblieben.

Vor dem Hintergrund der betriebenen „**grundsätzlich nicht nachhaltigen Deponiewirtschaft**“ in Deutschland wurde das Umweltbundesamt gebeten, die „ökologische Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung zu prüfen. Es sollten dabei die Beschlüsse der Umweltministerkonferenz beachtet

und die Koalitionsvereinbarung der jetzigen Bundesregierung berücksichtigt werden. Wegen der prinzipiellen methodischen Grenzen bei der Bestimmung ökologischer Gleichwertigkeit, hat das Amt den Stand der Technik der Technischen Anleitung Siedlungsabfall von 1993 und die darüber ermittelten Emissionsfrachten als Vergleichsbasis zugrunde gelegt. Die umfangreichen Forschungsarbeiten zu diesem Thema wurden ausgewertet und führten zu dem Ergebnis, dass die thermische Stoffzerstörung prinzipielle Vorteile gegenüber der biologischen Stoffbehandlung hat, weil letztere biologisch nicht abbaubare Abfälle stofflich nicht entsorgen kann. Die wesentlichen prinzipiellen Vorteile der thermischen gegenüber einer biologischen Endbehandlung sind:

- weitergehende stoffliche Zerstörung,
- geringeres Abfallrestvolumen,
- geringere Abluftemissionen,
- geringere Sickerwasserbelastung,
- geringere Gasbildung der abgelagerten Restabfälle,
- bessere Verdichtbarkeit der Restabfälle und dadurch geringere Setzungen des Deponiekörpers.

Vier der genannten sechs Anstriche konnten im Bericht des Umweltbundesamtes durch zusätzliche Anforderungen für den Verfahrensweg „MBA + Ablagerung“ den Emissionsfrachten des Verfahrensweges „MVA + Ablagerungen“ angeglichen werden. Der prinzipielle Vorteil der thermischen Abfallbehandlung gegenüber der biologischen Abfallbehandlung vor der Ablagerung - die weitgehende stoffliche Zerstörung der organischen Abfallinhaltsstoffe - konnte nicht aufgehoben werden (die MBA blieb für die Abfallendbehandlung ehrenvoller 2. Sieger). Die Abfallbehandlungsverfahren wurden unter Berücksichtigung

- der Nachhaltigkeitsanforderungen,
- des UMK-Beschlusses und
- der Koalitionsvereinbarung

in folgende Wertschätzungsreihe mit 3 Kategorien gestellt (Originalwortlaut des Umweltbundesamtes):

2.1 Thermische Behandlung und MBA/MVA-Kombination

Thermische Behandlung (MVA)

Wir empfehlen, die erforderliche Planungs- und Investitionssicherheit durch Erlass einer **Verordnung** zur Siedlungsabfallentsorgung sicherzustellen. Der bisher der TA Siedlungsabfall zugrunde liegende Stand der Technik für die Behandlung von Siedlungsabfällen ist die „Verbrennung“ (siehe Begründung zur TA Siedlungsabfall, BR-Drucksache 594/92).

Wegen der erkennbaren Vorteile des Verfahrensweges „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ empfehlen wir eine widerspruchsfreie und rechtsmittelfeste Regelung, die die „Thermische Behandlung von Siedlungsabfällen vor der Ablagerung“ als Mindestanforderung in die Verordnung aufnimmt. Diese Anforderung soll allerdings nicht gelten, wenn die bereits bestehenden Anforderungen des Anhangs B der TA Siedlungsabfall von den Abfällen auch ohne thermische Behandlung eingehalten werden.

Dieser Verfahrensweg kann mittelfristig einzeln oder in Kombination mit „mechanisch-biologischer Abfallbehandlung ohne unmittelbare Ablagerung“ zur praktisch vollständigen Verwertung von Siedlungsabfällen führen.

Biologisch/Thermische Kombinationsverfahren ohne unmittelbare Ablagerung

Bei den Kombinationsverfahren ohne unmittelbare Ablagerung (mechanisch-biologische Behandlung [MBA] der Abfälle vor der thermischen Behandlung, z. B. Trockenstabilisierverfahren) ist erkennbar, dass „ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden können, die mechanisch-biologische Verfahren einschließen“ (Koalitionsvereinbarung). Die Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall (TASi) werden eingehalten. Diese Verfahren stehen nicht im Widerspruch zur Beschlusslage der 51. UMK. Es müssen lediglich die bestehenden rechtlichen Regelungen (4. Und 17. BImSchV, AbwV) in ihren Anwendungsbereichen entsprechend auf die mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlage erweitert werden. **Kombinierte Verfahren, die die Vorteile der biologisch-mechanischen Abfallbehandlung mit den Vorteilen der thermischen Zerstörung biologisch nicht abbaubarer Stoffe verknüpfen, können bereits heute ökonomisch vertretbar zur praktisch vollständigen Verwertung von Siedlungsabfällen führen.** Sie sind grundsätzlich als Endglied einer nachhaltigen Stoffwirtschaft geeignet, in der jede Generation ihre stofflichen (Abfall)Probleme selber löst und Nachsorgepflichten für abgelagerte Abfälle über mehrere Generationen grundsätzlich vermieden werden.

2.2 Kombinationsverfahren mit stoffstromspezifischer Abfallbehandlung

Bei den Kombinationsverfahren mit stoffstromspezifischer Abfallbehandlung, d. h. bei denen nach einer mechanischen Trennung eine biologisch behandelte Abfallfraktion zur Ablagerung und eine heizwertreiche Leichtfraktion zur thermischen Behandlung vorgesehen ist, können ebenfalls „ökologische Ziele in der Abfallwirtschaft durchgesetzt werden“, unter der Einschränkung, dass ergänzende und veränderte Anforderungen zu stellen sind. Die Anforderungen müssen sich dabei am Ziel einer emissionsarmen und nachsorgefreien Deponie entsprechend TA Siedlungsabfall orientieren.

Der Bericht beschreibt die zu ergänzenden Anforderungen für den Verfahrensweg „Kombinationsverfahren plus Ablagerung einer Fraktion“, die zu ähnlich geringen Emissionsfrachten wie der Verfahrensweg „Thermische Behandlung plus Ablagerung“ führen. Auf der Basis des angestellten Vergleichs und der zugrunde gelegten zusätzlichen Anforderungen ist es grundsätzlich möglich, die mechanisch-biologische Abfallbehandlung mit anschließender Ablagerung einer Abfallfraktion als Stand der Technik in der TA Siedlungsabfall zu berücksichtigen.

Solange die realen Emissionen in den vorhandenen Deponien nahezu unabhängig von der jeweiligen Vorbehandlung sind, ist es grundsätzlich vertretbar, aber nicht zwingend notwendig, für einen überschaubaren Zeitraum eine mechanisch-biologische Abfallbehandlung mit zusätzlichen Anforderungen im Abluft- und Deponiebetriebsbereich zuzulassen. Nach Stilllegung der Altdeponien und nach Ausschöpfung der dann noch vorhandenen Kapazitäten in Deponien, die die Anforderungen der TA Siedlungsabfall erfüllen, sind mechanisch-biologische Verfahren nur zusammen mit thermischen Behandlungsverfahren vertretbar, deren Kombination zu keiner Ablagerung von Abfallfraktionen aus Siedlungsabfällen führt. Dies wäre allerdings sicherzustellen. ¹⁾

¹⁾Im BMU-5-Punkte-Programm übernommen als zeitlich begrenzte Zulassung der stoffstromspezifischen MBA bis zum Jahr 2020.

2.3 Unmittelbare Ablagerung aller MBA-Rückstände

Bei der „Mechanisch-biologischen Abfallbehandlung zur ausschließlichen Ablagerung der behandelten MBA-Rückstände“ sind die Koalitionsabsichten unter den Randbedingungen des UMK-Beschlusses **nicht** umsetzbar.

Eine dauerhaft umweltgerechte Abfallwirtschaft erfüllt die Voraussetzung für eine nachhaltige Stoffwirtschaft erst dann, wenn die stofflichen Umweltprobleme nicht zu Lasten nachfolgender Generationen gelöst werden. Konzepte, die eine Nachsorge von mehr als 100 Jahren beinhalten, erfüllen die notwendige Voraussetzung einer nachhaltigen Stoffwirtschaft grundsätzlich nicht. (Originaltext Ende)

Das Umweltbundesamt ist bei dieser differenzierten Bewertung davon ausgegangen, dass Anforderungen im Umweltschutz sich im stofflichen Bereich im wesentlichen über die Besorgnis rechtfertigen, dass das biologische System in und von dem wir leben, langfristig die menschlich verursachten stofflichen Belastungen nicht verträgt und die Überlebensfähigkeit der Menschheit in Frage steht. Es ist daher naheliegend, dass ein biologisches Abfallbehandlungsverfahren, das genau die biologisch nicht abbaubaren Stoffe übrig lässt, grundsätzlich ungeeignet ist, weil gerade diesen schwer abbaubaren Stoffen unsere Vorsorge im Umweltschutz gilt.“

2.4 Konzept des BMU (auf 2.1 bis 2.4 aufbauend)

Das Bundesumweltministerium (BMU) hat auf der Basis des Berichtes des Umweltbundesamtes „5 Eckpunkte für die zukünftige Entsorgung von Siedlungsabfällen“ vorgestellt, die vollständig mit der fachlichen Vorlage des Umweltbundesamtes übereinstimmen.

Originaltext BMU:

1. Die Ablagerung unbehandelter Siedlungsabfälle in Siedlungsabfalldeponien soll so schnell wie möglich beendet werden. Die vorhandenen Vorbehandlungstechniken müssen genutzt und neue Kapazitäten errichtet werden.
2. Zur Vorbehandlung der Siedlungsabfälle werden neben thermischen Verfahren auch hochwertige mechanisch-biologische Vorbehandlungsverfahren zugelassen. Die Anforderungen an derartige Anlagen und die bei der Ablagerung zu beachtenden Vorkehrungen sollen in einer Ergänzung der TA Siedlungsabfall sowie in einer Rechtsverordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz in Anlehnung an die Anforderungen der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) für Verbrennungsanlagen festgelegt werden.
3. Die heizwertreiche Teilfraktion aus der mechanisch-biologischen Vorbehandlung ist energetisch zu nutzen. D. h. im Restmüll enthaltene Kunststoffe und andere Energieträger werden abgetrennt und z. B. in Kraftwerken oder industriellen Anlagen, die den strengen Abgasvorschriften der 17. BImSchV entsprechen, verbrannt.
4. Nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand nachrüstbaren Deponien sollen schrittweise geschlossen werden. Der Bau neuer Deponien für Siedlungsabfälle ist nicht mehr erforderlich, da die Kapazitäten der neueren und nachgerüsteten Deponien bei Einsatz geeigneter Vorbehandlungstechniken und Kooperation der Städte und Landkreise untereinander noch etwa zwei Jahrzehnte ausreichen.

5. Bis spätestens 2020 sollen die Behandlungstechniken so weiterentwickelt und ausgebaut werden, dass alle Siedlungsabfälle in Deutschland vollständig und umweltverträglich verwertet werden." (BMU-Originaltext Ende).

In dem „Glaubenskrieg“ um das bessere Verfahren - MBA oder MVA - hat sich gezeigt, dass die intelligenten Kombinationen der Verfahrenswege MBA und MVA (z.B. Trockenstabilat oder Rosstock) zu den umweltverträglichsten Lösungen führen, die zukünftig keine Abfallablagerung mehr erforderlich machen werden. Mit dieser nachhaltigen Abfallentsorgungsstrategie könnten auch die bisherigen Konflikte in Bezug auf die Abfallverbrennung erheblich vermindert werden. Die Abgrenzung zwischen „Abfällen zur Beseitigung“ und „Abfällen zur Verwertung“ wäre außerdem nebenher aufgehoben, weil nur noch Abfälle zur Verwertung anstehen. Die Anforderungsmaßstäbe für eine **umweltverträgliche Abfallverwertung** sind deshalb vorrangig zu erarbeiten.

3 ANFORDERUNGEN AN DEN BEHANDLUNGSWEG „MBA + ABLAGERUNG“

Die ordnungsrechtlichen Regelungen für den Behandlungsweg "**MBA + Ablagerung**" sind in Tabelle 1 unter Punkt 13, 14 und 16 genannt.

Die **Abluft** aus MBA-Anlagen soll über die neu zu erstellende 29. Bundes-Immissionsschutzverordnung (**29. BImSchV**) geregelt werden.

Die Anforderungen an den **einzulagernden Restabfall** und an die **Einbaubedingungen** sollen über eine neue Verordnung zur Technischen Anleitung Siedlungsabfall geregelt werden (**V-TASi**).

Die Anforderungen an die gegebenenfalls anfallenden **Abwässer** aus MBA-Anlagen sollen über einen eigenständigen **Anhang 59** zur Abwasserverordnung geregelt werden.

Alle 3 Verordnungen liegen inzwischen im Entwurf vor. Die wesentlichen Inhalte stellen sich zur Zeit wie folgt dar:

3.1 29. BImSchV, MBA-Abluft

Die neuen Verordnungen sollen ausschließlich den Bereich "mechanisch-biologische Abfallbehandlung" von Siedlungsabfällen regeln. Ausdrücklich ausgenommen werden sollen Gülle-, Klärschlamm-, Kompost-Verrottung und Vergärung (Anwendungsbereich).

Tabelle 2 enthält die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Emissionsbegrenzungen aus MBA-Anlagen auf der Basis der Standards, die der TA-Siedlungsabfall zugrunde liegen (17. BImSchV).

Strittig diskutiert wird zur Zeit die TOC-Anforderung für die MBA-Abluft. Auf der Basis der Beschlusslage der 51. UMK und der Koalitionsvereinbarung hatte das Umweltbundesamt einen TOC-Frachtwert in der Größenordnung der 17. BImSchV von 55g TOC/t¹ Abfall vorgeschlagen. Von MBA-Seite wurde ein Wert von 300 g NMVOC/t² Abfall vorgeschlagen, der die erheblich klimarelevanten Schadgase N₂O und CH₄ gezielt aus der Anforderung heraus-

¹ gesamter organischer Kohlenstoffgehalt (TOC)

² Flüchtig organischer Kohlenstoffgehalt ohne Methan (NMVOC)

nimmt. Diese Anforderung kann von biologischen Abluftfiltern erreicht werden. Nach Auffassung des Umweltbundesamtes entspricht die biologische Abluftreinigung in diesem Bereich jedoch **nicht dem Stand der Technik**, weil die Abluftbelastung an Gerüchen, Keimen, persistenten Stoffen und klimarelevanten Schadgasen nur unwesentlich verringert wird und zu wesentlichen Teilen sogar in dem biologischen Abgasfilter entstehen.

Der **Stand der Technik für MBA-Anlagen ist eine thermische Abgasbehandlung** (z. B. im Wärmebettverfahren), bei der

- persistente Stoffe
- Keime
- Gerüche
- klimarelevante Schadgase (N₂O, CH₄)
- Ammoniak
- und die Vielzahl kanzerogener Abgasinhaltsstoffe

in einem Arbeitsgang abwasserfrei und rückstandsfrei zerstört werden. Diese Anforderungen werden über **einen Parameter** - TOC = 55 g/t - hinreichend genau abgebildet. Mehrere Firmen bieten inzwischen diese Technik zu angemessenen Kosten an.

Die MBA-Befürworter führen ausschließlich Kostenargumente für die biologische Abluftreinigung an, die bei dem erheblichen Schadwirkungspotential der MBA-Abgasinhaltsstoffe und dem geforderten "anspruchsvollen MBA-Technikniveau" nicht überzeugend sind.

3.2 Abfall- und Deponiequalität (Verordnung zu TASI)

In einer Ergänzungsverordnung zur TA Siedlungsabfall sollen die Anforderungen an die Deponie, den Deponiebetrieb und an den abzulagernden Abfall konkretisiert werden.

Tabelle 3 und **Tabelle 4** enthalten die vom Umweltbundesamt vorgeschlagenen Anforderungen.

3.3 Anforderungen an die Abwasserqualität (Anhang 59 zur Abwasserverordnung)

Für das Abwasser werden grundsätzlich Anforderungen entsprechend des TASI-Standards für Hausmüllverbrennungsanlagen gestellt (Anhang 47 zur Abwasserverordnung gemäß § 7 a des Wasserhaushaltsgesetzes). Danach sollen im Analogieschluß die MBA-Anlagen grundsätzlich abwasserfrei laufen. Die wortidentische und fachlich identische Umsetzung ist hier nicht sinnvoll, weil z. B. anaerobe Fermentationsverfahren prinzipbedingt in der wässrigen Phase erfolgen. Der Vorschlag des Umweltbundesamtes sieht deshalb nur vor, das "Abwasser aus MBA-Anlagen durch folgende Maßnahmen soweit wie möglich gering zu halten:

- weitestgehende Kreislaufführung und Mehrfachnutzung von wässrigen Abfällen
- Einhausung, Überdachung oder Abdeckung der Abfalllager- und Abfallbehandlungsanlagen.

Abwasser aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen für Siedlungsabfällen darf grundsätzlich nicht eingeleitet werden".

Die Anforderungshöhe für die einzelnen Parameter orientiert sich an den Verordnungen für Deponiesickerwasser und chemisch physikalische Behandlungsanlagen. Die wesentlichen Begrenzungen sind für die Einleitungsstelle:

CSB	200 mg/l
Nitritstickstoff	2 mg/l
Gesamtstickstoff	30 mg/l
Fischgiftigkeit (G_F)	2 mg/l
Bakterienleuchthemmungen (G_L)	4

Für die Anfallstelle (Ort vor der Vermischung)

AOX	1 mg/l
Sulfid	1 mg/l

Technische oder ökonomisch begründete Schwierigkeiten hinsichtlich der zukünftigen MBA-Verfahrenswege werden bei den abwasserbezogenen Anforderungen nicht gesehen.

4 ZUSAMMENFASSUNG

Das Umweltbundesamt hat vor dem Hintergrund der desolaten Deponiesituation in Deutschland eine zeitlich begrenzte (2020) mechanisch biologische Abfallbehandlung mit anschließender Ablagerung vorgeschlagen, sofern heizwertreiche Stoffe abgetrennt und einer thermischen Nutzung zugeführt werden und weitere Anforderungen an

- die MBA-Abluft
- die Ablagerung
- den abzulagernden Abfall und
- an das anfallende Abwasser gestellt werden.

In demselben Zusammenhang wurde nur die thermische Endbehandlung der Stoffe (MVA) (auch in Kombination mit der MBA) als nachhaltiger Technikstandard ermittelt, sofern die MVA-Reststoffe eine immissionsneutrale Eluatqualität erreichen. Deponien sind danach nicht nachhaltig und bis 2020 zu schließen.

Tabelle 1: Auswahl von BMU-Arbeitsschwerpunkten Abfall 1999/2000 mit rechtlichem Regelungscharakter

1. Verwaltungsvorschrift Abfallbegriffe	Begriffsabgrenzung Abfall/Produkt Verwertung/Beseitigung
2. 1. Rechtsverordnung: Holzabfälle	
3. 2. Vertragsgesetz zum Basler Übereinkommen	Abfallexport
4. EU-Verordnung Abfallstatistik	
5. Rechtsverordnung zum Bergversatz	Bergversatz (Untertagedeponien)
6. Umsetzung der Änderungen der Eu- ropäischen Abfallverzeichnisse	Fachliche Begründungen, Notifizierung- sempfehlungen
7. Novellierung der Abfallnachweis- Verordnung	Sammlung der Vollzugserfahren, fachl. Novellierungsbedarf
8. Präzisierung des EU-Abfallrechts	Änderung der Anhänge (KrW-/AbfG) Ausführung der Gefährlichkeitskriterien
9. Andienungsverordnung	Fachl. Begründung, Prüfung von Entwür- fen
10. EU-PCB-Richtlinie	Mengen-/Geräte-Ermittlung, Prüfung von Entwürfen
11. EU-Verbrennungs-Richtlinie; Um- setzung	Abfallverbrennung (Sonder- und Sied- lungsabfall)
12. EU-Deponierichtlinie; Umsetzung	Emissionen, Qualitäten, Setzungen
13. TA-Siedlungsabfall:	Novelle mit Aufnahme der MBA oder neue Verordnung
14. "BlmSchV für MBA:	Emissions- und Produkthanforderungen für MBA"
15. Fortentwicklung Bioabfall-VO und Klärschlamm-VO	Erarbeitung der Hinweise zur Harmoni- sierung des Vollzugs
16. Anhang 59 zur Abwasser VO (§ 7 a WHG)	Abwasser aus MBA-Anlagen

Tabelle 2: Parameter zur Begrenzung der Emissionen aus MBA-Anlagen

Parameter	Grenzwert *)	Überwachungszyklus	Aufnahme in VO	Begründung
Gesamtstaub	55 g/t angelieferter Abfall	Konzentrations- und Volumstrommessung kontinuierlich; Bezug auf monatlichen Durchsatz der Anlage	ja	notwendiger Parameter, da Keime und andere Mikroorganismen überwiegend am Staub gebunden auftreten
Organische Stoffe als Gesamtkohlenstoff (TOC)	55 g/t angelieferter Abfall	Konzentrations- und Volumstrommessung kontinuierlich; Bezug auf monatlichen Durchsatz der Anlage	ja	Parameter für leichtflüchtige organische Schadstoffe (Bitte Abschnitt zur MBA-Abluft (Methanproblematik) am Ende der Anlage (Seite 9) beachten)
Keime	entfällt	entfällt	entfällt	sollte entfallen, weil die biologische Abgasreinigung hier nicht Stand der Technik ist und weil zur Keimzahlbestimmung und zur epidemiologischen Bewertung der Populationen keine standardisierten Verfahren vorliegen und kurzfristig nicht zu erwarten sind; statt dessen Mindestabstand vorschreiben, wenn Keime erwartet werden
Mindestabstand von geschlossenem Siedlungsgebiet	300 m	entfällt	mindestens für Altanlagen mit Biofilter und bei offener Nachrotte	TASi schreibt Mindestabstand von 300 m vor; Abstandsregelung soll die Risiken durch Keimemissionen aus der offenen Nachrotte für die Anwohnerschaft minimieren; könnte bei gekapselter Bauweise und thermischer Nachbehandlung entfallen (s. Parameter Keime)

Parameter	Grenzwert *)	Überwachungszyklus	Aufnahme in VO	Begründung
Gesamtstickstoff TNb (bzw. NO _x)	1100 g/t angelieferter Abfall	diskontinuierlich, monatlich	wenn in spezieller Anlage zu erwarten	NO _x und weitere organische und anorganische Stickstoffverbindungen können bei MBA relevant sein (NH ₃ , N ₂ O bei Biofilter, NO _x bei Wärmebett); NO _x bei thermischer Abluftreinigung
PCDD/F	550 ng/t angelieferter Abfall	entfällt	entfällt	Meßwerte für MBA liegen bisher aus den Anlagen Bassum und Münster vor (Reingas 11-38 ng I-TE/t); zu erwartende Werte deutlich unter dem BImSchV-Grenzwert von 550 ng/t
SO ₂	275 g/t angelieferter Abfall	entfällt	entfällt	nur bei thermischen Abgasbehandlungsverfahren zu erwarten; zu erwartende Werte deutlich unter 275 g/t
Schwermetalle Hg	0,25 g/t angelieferter Abfall	alle 3 Jahre	wenn in spezieller Anlage zu erwarten	emissionsrelevantes Schwermetall ist Quecksilber (bedingt durch den niedrigen Dampfdruck)

Tabelle 3: Anforderungen an die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von MBA-Anlagen

Anforderung	Begründung/Handlungsbedarf
<p>Abluffassung für emissionsrelevante Bereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlieferung/Bunker • mechanische Aufbereitung (Sortieren, Sieben, Zerkleinern) • Transportvorgänge • Gesamte biologische Behandlung einschließlich Einbau- und Umsetzungsvorgänge <p>Getrennt gefaßte Abluft aus emissionsrelevanten Bereichen (z.B. aus gekapselten Anlagenbereichen) sollte nicht mit gering belasteter Hallenablufte verdünnt werden.</p>	<p>Emissionsmindernde Maßnahme zur gezielten Abluftbehandlung und kontrollierten Ableitung der Abluft</p> <p>Durch Verdünnung der Schadstoffkonzentration im hochbelasteten Abgas würde die Reinigungsleistung der Filter herabgesetzt</p>
<p>Schornstein</p>	<p>Höhe nach TA Luft Nr. 2.4.2, 1.Abs.: Der Schornstein soll mindestens eine Höhe von 10 m über der Flur und eine den Dachfirst um 3m überragende Höhe haben. Bei einer Dachneigung von weniger als 20 ° ist die Höhe des Dachfirstes unter Zugrundelegung einer Neigung von 20 ° zu berechnen; die Schornsteinhöhe soll jedoch das zweifache der Gebäudehöhe nicht übersteigen.</p>
<p>Nachrotte erst ab AT4 ≤ 20 kg O₂/t Intensivrottematerial</p>	<p>Emissionsbegrenzung: Nach Erkenntnissen des BMBF -Verbundvorhabens werden in den ersten beiden Rottewochen ca. 95% der flüchtigen organischen Schadstoffe freigesetzt. Ein AT 4-Wert von ≤ 20 kg O₂/t Intensivrottematerial wird in bestehenden MBA'n nach einer Rottezeit von ca. 3-4 Wochen erreicht. Geruch kann dann noch relevant sein, daher Abstandsregelung oder Geruchsregelung notwendig</p>

Tabelle 4: Anforderungen an den abzulagernden biologisch behandelten Abfall

Parameter	Grenzwert	Überwachungszyklus	Begründung
TOC im Eluat	200 mg/l	bei kontinuierlichem Austrag 1 mal wöchentlich; bei diskontinuierlichem Austrag je Behandlungscharge	kann erhöht werden gegenüber TAsi (100 mg/l), wenn durch deponietechnische Maßnahmen die Sickerwasserbildung und damit die TOC-Fracht verringert wird (Durchlässigkeitskoeffizient $k_f < 10^{-8}$)
AT4	5 kg O ₂ / pro t TS Material nach abschließender Behandlung	bei kontinuierlichem Austrag 1 mal wöchentlich; bei diskontinuierlichem Austrag je Behandlungscharge	geringe biologische Aktivität, Kontrollwert für geringe Gasbildung auf der Deponie
GB 21	20 m ³ /t (l/kg) Material nach abschließender Behandlung	bei kontinuierlichem Austrag 1 mal monatlich; bei diskontinuierlichem Austrag jede fünfte Behandlungscharge	geringe biologische Aktivität, Kontrollwert für geringe Gasbildung auf der Deponie
Korngröße	< 40 mm	muß überwacht werden, falls Einhaltung nicht zwingend durch Anlagentechnik sichergestellt ist bei kontinuierlichem Austrag 1 mal wöchentlich; bei diskontinuierlichem Austrag je Behandlungscharge	geringe Setzung, geringe Sickerwasserbildung durch höhere Verdichtbarkeit bei der Ablagerung
Wassergehalt	unterhalb des optimalen Proctorwassergehaltes ($w < w_{pr}$)	bei kontinuierlichem Austrag 1 mal wöchentlich; bei diskontinuierlichem Austrag je Behandlungscharge	kein Preßwasser, freie Entgasungswege für Deponiegas
Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz bestimmt als Glühverlust oder bestimmt als TOC	30 M% 18 M%	bei kontinuierlichem Austrag 1 mal wöchentlich; bei diskontinuierlichem Austrag je Behandlungscharge	Abtrennung der heizwertreichen Fraktion, geringe Setzung in der Deponie

Technologien und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll

Andreas Windsperger, Stefan Steinlechner // Institut für Industrielle Ökologie, Tor zum Landhaus, Rennbahnstraße 29c, A-3109 St. Pölten

Technologien und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll

Andreas Windsperger, Stefan Steinlechner // Institut für Industrielle Ökologie, Tor zum Landhaus, Rennbahnstraße 29c, A-3109 St. Pölten

1 HINTERGRUND

In Erfüllung der Ziele und Grundsätze des Abfallwirtschaftsgesetzes wurde in der Deponieverordnung die Qualität der abzulagernden Abfälle in den Vordergrund gerückt. Demnach sind Abfälle in möglichst reaktionsarmer Form abzulagern, um daraus entstehendes Gefährdungspotential gering zu halten. Dabei wird in erster Linie eine Reduktion des Anteils an abbaubarem Kohlenstoff (ausgedrückt durch den TOC) angestrebt. Unter bestimmten Voraussetzungen ermöglicht die Deponieverordnung den Einsatz mechanisch-biologischer Behandlungsverfahren, wenn auch bei Überschreiten des TOC-Grenzwertes der obere Heizwert der Rückstände weniger als 6000 kJ/kg beträgt.

Im UBA-Report R-151 wurde vom Österreichischen Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie und dem Umweltbundesamt auf Basis von seriösen Untersuchungen eine möglichst umfassende Grundlage für den Stand der Behandlungstechnik erarbeitet, die intensiver Diskussion in Fachkreisen unterzogen und gegebenenfalls ergänzt werden soll. Sie soll danach letztlich in eine verbindliche Richtlinie bzw. Technische Anleitung münden, in der Stand der Technik der mechanisch-biologischen Behandlungsverfahren niedergelegt wird.

Hierbei konnte der Bereich der Abluftbehandlung noch nicht vollständig einbezogen werden, da noch wesentliche Informationen fehlten. Die Abluft aus MBA-Anlagen ist durch eine große Bandbreite an Schadstoffen gekennzeichnet, es existieren kaum umfangreiche Messungen über längere Zeiträume, die als repräsentativ für MBA-Anlagen gesehen werden können. Es ist auch kaum ein Vergleich mit ähnlichen Anlagen, wie Kompostwerken zur Behandlung biogener Abfälle möglich.

Seit 1988 wird durch umfangreiche Messprogramme des UBA bei MBA-Anlagen versucht, dieses Wissensdefizit zu schließen. Aus diesem Wissensdefizit ergibt sich auch eine Unsicherheit in der Bewertung der Emissionen aus derartigen Anlagen. Dies umso mehr, als der Stand der Abluftreinigung bei MBA-Anlagen einerseits sehr unterschiedlich ist, andererseits meist nicht mit effizienten Abluftreinigungstechnologien erfolgt, die primär auf die Minimierung von Geruchsemissionen abzielen.

Als zukünftig erforderlicher technischer Standard ist die weitgehende Fassung der Abluftströme und deren Reinigung anzusehen. Für die Festlegung des Reinigungszieles sollte die Minimierung der Frachten an Staub, anorganischen und organischen Stoffen (und damit auch Gerüchen) nach den Möglichkeiten erprobter, fortschrittlicher Technologien herangezogen werden.

Mit diesem Projekt soll das noch fehlende Wissens speziell nachfolgende Punkte betreffend ergänzt und die Daten abgesichert werden.

- Welche Abluftreinigungstechnologien können bei MBA-Anlagen eingesetzt werden
- Für welche Technologien liegen Erfahrungen im technischen Maßstab bei gleichartigen Anwendungsfällen vor
- Welche Reinigungsleistung kann bei Anlagen in der Praxis mit diesen Verfahren erzielt werden

Um diese Aufgabenstellung zu erfüllen wurde einerseits die Abluftsituation bei MBA-Anlagen in Österreich betrachtet und eine Einteilung hinsichtlich der Abluftströme vorgenommen, die Basis für die Auswahl von Reinigungstechnologien war. Andererseits wurde eine Erhebung

gen des technologischen Standes der Abluftreinigung und der Konzepte und Erfahrungen bei MBA-Anlagen durchgeführt. Die erhobenen Technologien und Konzepte wurden hinsichtlich ihrer zu erwartenden Anwendbarkeit auf die möglichen Abluftströme bei MBAs und ihrer ökologischen Charakteristik bewertet. Zwei geeignete Technologien wurden zum Nachweis ihrer Anwendbarkeit und Betriebssicherheit im Zuge eines Versuchsbetriebes über etwa 6 Monate an zwei ausgewählten MBA-Anlagen getestet und während des Versuchszeitraumes die Reinigungsleistung mit kontinuierlichen Messungen und die Abscheidung von Einzelsubstanzen mit einem umfangreichen Messprogramm durch das UBA untersucht. Die vorliegenden und die noch erwarteten Ergebnisse sind die Grundlagen für die Ableitung von Richtwerten für erzielbare Reingaskonzentrationen bei MBA-Anlagen.

2 ANLAGENAUSWAHL

2.1 MBA-Abluftbeschreibung

Die Zusammensetzung der Abluft aus MBA-Anlagen ist durch eine große Bandbreite an Schadstoffen gekennzeichnet. Sie hängt im wesentlichen von nachstehenden Parametern ab [UBA Bericht BE-156]

- Art und Menge der behandelten Abfälle (Zusammensetzung; Restabfall, Klärschlamm, etc.),
- mechanische Behandlung der Abfälle (Zerkleinerung, Homogenisierung, etc.),
- Prozessführung der biologischen Behandlung der Abfälle (Rottetechnik: Kapselung, Umhausung, Prozess-Temperatur, Belüftung, Umsetzen der Abfälle, etc.),
- Ablufferfassung, Abluftweiterleitung, Abluftreinigung.

Nennenswerte Abluftemissionen (organische und anorganische Schadstoffkomponenten) treten bei der MBA vor allem im Intensivrottebereich auf (erste Rottephase), je nach Technologie teilweise auch bei der Nachrotte auf. Der Bereich der mechanischen Vorbehandlung von Abfällen ist speziell für die Staubemission von Bedeutung. Lagerungsbereiche können vor allem im Sommer in nennenswertem Ausmaß zur Geruchsemission beitragen.)

In Abhängigkeit vom Durchsatz der Anlage und der Rottetechnik lässt sich die Emissionsfracht an organischen Kohlenstoffverbindungen bei der MBA aus heutiger Sicht auf ca. 0,4 bis 1,5 kg/t_{Abfall} (Rohgas) abschätzen. Eine Darstellung der einzelnen Emissionsquellen und detailliertere Angaben zu den einzelnen Anlagen in Österreich finden sich in UBA-Bericht BE-156 und M 104.

Sie waren die Basis für die nachfolgend dargestellte Einteilung der Abluftsituation in konventionelle (Typ 2) und fortschrittliche Anlagen mit weitergehender Fassung der Abluftströme (Typ 1). Sie diente sowohl für die Auswahl der MBA-Anlagen für die Versuche, als auch für die Festlegung der Einsatzbereiche der Abluftreinigungstechnologien. Die nachfolgend angegebenen Werte haben nur beispielhaften Charakter.

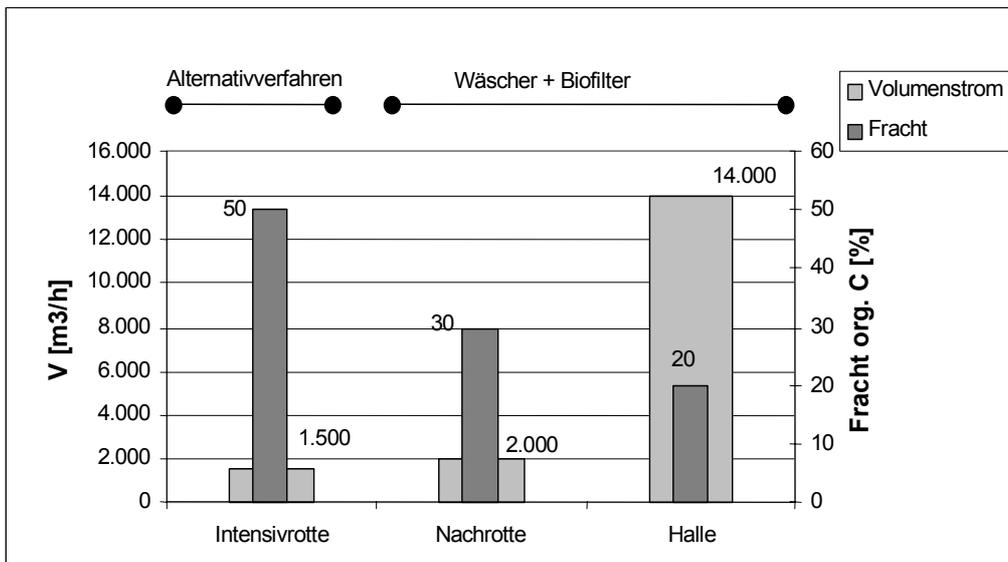


Abbildung 1: Abluftcharakteristik und Technologieeinsatzbereiche bei Anlagentyp 1

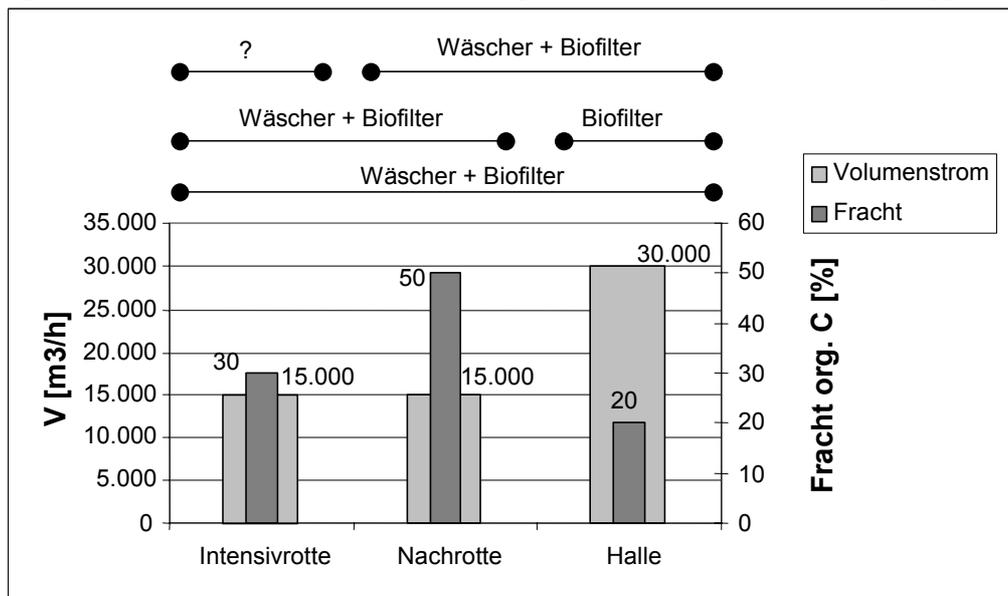


Abbildung 2: Abluftcharakteristik und Technologieeinsatzbereiche bei Anlagentyp 2

Abbildung 1 repräsentiert eine MBA Anlage mit hohem Fassungsgrad und damit wesentlichem Anteil der Abluftfracht aus der Intensivrotte (50%) in einem geringen Volumenstrom aus der Intensivrotte mit hohem Schadstofffrachtanteil und demzufolge hohen Abluftkonzentrationen. Dies ermöglicht den Einsatz eines alternativen Verfahrens für den konzentrierten Teilstrom aus der Intensivrotte. Zur Erprobung dieses MBA-Anlagenzustandes ist ein getrennter Abluftstrom aus der Intensivrotte mit möglichst mit hoher Schadstofffracht (ev. auch nur zeitweilig) günstig.

Abbildung 2 stellt eine MBA Anlage mit durchschnittlichem Fassungsgrad, mit etwa gleichem Volumenstrom bei Intensivrotte und Nachrotte und damit geringerem Schadstoffkonzentrationsniveau dar, was für den Einsatz optimierter biologischer Verfahren (mit vorge-schaltetem Wäscher) prädestiniert erscheint.

2.2 MBA Anlagenauswahl

Für die Durchführung der Versuche war die Auswahl von Abfallbehandlungsanlagen, die den Erfordernissen des vorigen Kapitels entsprechen, notwendig. Dafür wurden nachfolgende Mindestanforderungen gemeinsam mit dem Auftraggeber und der UBA GmbH festgelegt. Es waren insbesondere jene Anlagen auszuschließen, deren technisches und betriebliches Konzept von den Mindestanforderungen der in Erarbeitung befindlichen Richtlinie (*siehe den Report 151 des Umweltbundesamtes "Grundlagen für eine Technische Anleitung zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Abfällen", 1998*) deutlich abwichen. Dabei wurden folgende Punkte betrachtet:

- die weitgehende Kapselung der Anlagenteile (insbesondere der mechanischen biologischen Behandlung) zur weitgehenden Möglichkeit der Erfassung und Behandlung der Emissionen
- die weitgehende biologische Stabilisierung der abzulagernden Endprodukte der Rotte entsprechend den Zielvorstellungen der Deponieverordnung 1996 zur Minimierung der Deponiegasbildung und Sickerwasserbelastung in der Deponie
- die weitgehende Abtrennung der heizwertreichen Fraktion zur annähernden Erreichung des Grenzwertes für den oberen Heizwert laut Deponieverordnung 1996.

Als weiteres untergeordnetes Kriterium wurde berücksichtigt, ob für die jeweiligen Anlage entsprechende Voruntersuchungen bzw. wissenschaftliche Dokumentationen (wie z.B. Messungen der Abluftemissionen, Dokumentation der Inputströme) vorliegen. Die Angaben zu den jeweiligen Anlagen basierten dabei hauptsächlich auf Erfahrungen des Auftraggebers und der UBA GmbH.

Auf Basis der beiden Betriebszustände wurden Anforderungskriterien ausgearbeitet und die Anlagen in Österreich danach beurteilt.

Anhand der angeführten Argumente wurden die Anlagen "Allerheiligen" und "Kufstein" für die Durchführung der Versuche ausgewählt.

Die Anlage Kufstein ist eine moderne Technologie mit einer gekapselten Intensivrotte. Die Anlage ist als Forschungsanlage gut dokumentiert hinsichtlich Betriebszustand, Abluftcharakteristik und Produktqualität. Sie verarbeitet im derzeitigen Betrieb ausschließlich Restmüll und stellt das erste Modul einer modularen Anlage im technischen Maßstab dar. Das ausgeführte Modul ist aber repräsentativ für die Betriebsweise der Anlage. Durch den derzeitigen Chargenbetrieb ergibt sich eine deutliche Abhängigkeit der Abgaszusammensetzung von der Zeit, wodurch der Rotteverlauf die Abluftzusammensetzung prägt. Dies ermöglicht die Erkennung von Unterschieden in der Abgaszusammensetzung während des Rotteverlaufs und der sich möglicherweise daraus

Die Anlage Allerheiligen verarbeitet als einzige Anlage in Kufstein den gesamten Restmüll des Abfallverbandes Müzzuschlag und auch große Mengen an Klärschlamm, sowie Biomüll. Die Anlage ist eine der größten MBA-Anlagen in Österreich und ebenfalls gut dokumentiert. Die Hauptrotte erfolgt in Rottetunneln mit gefasster Abluft. In der Anlage werden sechs Rottetunnel für die Hauptrotte von Restmüll und drei für Biomüll parallel betrieben, wobei die einzelnen Tunnel sich in jeweils unterschiedlichem Rottezustand befinden. Dadurch kommt es zu einer Mittelung und Vergleichmäßigung der Abluftkonzentration. Wegen des hohen Klärschlammanteiles sind hier hohe Ammoniakkonzentrationen zu erwarten.

Die Durchführung der Versuche an beiden Anlagen erlaubt damit einerseits das Erkennen spezifischer rottebedingter Einflüsse auf die Abluftzusammensetzung und die Stabilität des Abbauverhalten bei wechselnden Bedingungen. Die stabilen Abluftverhältnisse in Allerheiligen ermöglichen andererseits die Sicherung der erhaltenen Daten über einen längeren Zeitraum mit weitgehend konstanter Abluftzusammensetzung und höherer Ammoniakbelastung.

2.3 Auswahl der Abluftreinigungstechnologie

Die im Rahmen der Versuche zu testenden Technologien wurden entsprechend dem in einer breit angelegten Interessentensuche erhaltenen Informationen über den aktuellen Stand der Abluftreinigungstechnologien und unter Berücksichtigung des Vergleichs der ökologischen Charakteristik aus den in der Ausschreibung angebotenen Technologien ausgewählt. Dabei wurden speziell die nachfolgenden Kriterien geprüft.

- Technologie, Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit
- Betriebsmittelverbrauch
- Leitparameter zur Dokumentation und Überwachung
- Referenzen bei gleichartigen Aufgaben
- Verfügbarkeit der Versuchsanlage
- Reinigungsleistung
- Ökologische Belastung

Die biologischen Verfahren können auf die breiteste Erfahrung in Anwendungen bei MBAs und ähnlichen Anlagen zurückblicken. Allerdings weisen sie eine sehr zwiespältige Charakteristik auf. Einerseits sind sie als naturnahe Technologie mit ohne Sekundäremissionen zu sehen, andererseits zeigen sie von der Betriebssicherheit und Charakteristik deutliche Nachteile gegenüber besser automatisierten Verfahren. Sie sind aber die einzige der verfügbaren Technologien, die im niedrigen Konzentrationsbereich mit vertretbarem Aufwand einsetzbar ist.

Um die Nachteile aufzuholen wurde in letzter Zeit versucht, auch diese Verfahren mit einer äquivalenten Überwachung auszustatten und durch geschlossene Anlagen die Witterungseffekte hinauszuhalten, aber auch zuverlässige Messungen zur Dokumentation der ordnungsgemäße Reinigungsleistung zu ermöglichen. Weiters wird die Kombination von Biofiltern mit physikalischen Wäschern zur Reduktion der Schadstoffbelastung immer häufiger angewandt. Da diese Technologie zum einen in breiter Anwendung ist und sie nach wie vor die wesentliche Technologie für niedrig konzentrierte Inhaltsstoffe darstellt, wurde eine Biofilter-Wäsche Kombination für die Versuche ausgewählt, zumal die aktuellen technischen Entwicklungen deutliche Verbesserung in der Betriebssicherheit und Überwachung der Anlage versprechen. Entsprechend der Zielsetzung des Projektes, für die Möglichkeiten der Emissionsminderung speziell fortschrittliche und innovative Verfahren zu berücksichtigen, wurde darüber hinaus auch eine alternative Technologie mit hoher Reinigungsleistung, die speziell für gefasste Abgasströme große Emissionsreduktion unter ökonomischen Rahmenbedingungen verspricht, als Option für fortschrittliche Anlagenkonzeptionen in die Versuche einbezogen. Hierfür stand eine größere Zahl von neuen innovativen Technologien im Bereich der Ionisation und der Plasmolyse zur Verfügung, die allesamt aber keine Erfahrungen bei MBA-ähnlichen Aufgabenstellungen verfügten. Sie sind aber sicher als vielversprechende Optionen für zukünftige kostengünstige Abgasbehandlung zu sehen. Sorptive Verfahren sind hier zwar möglich und wurden auch angeboten, es zeigten sich aber Limitierungen von der energetischen Seite in diesem Konzentrationsbereich, die auch in hohen ökologischen Belastungen resultieren.

Um sich hier nicht zu weit von der Praxis zu entfernen wurde somit auf die im Dauerbetrieb vielfach bewährte Technologie der thermischen Oxidation zurückgegriffen. Für den gegenständlichen Einsatzbereich boten sich die Entwicklungen im Bereich der regenerativen Verfahren an, die eine drastische Absenkung der Autothermiegrenze bewirkten. Katalytische Verfahren wären hier analog möglich, es lagen aber keine Konzeptionen vor, die das Problem der Katalysatorgift im Abgas zufrieden stellen behandelt hätten.

Aus den eingelangten Angeboten wurden somit folgende Versuchsanlagenkonzeptionen ausgewählt:

Chemischer Wäscher + Biofilter - für Versuche bei den MBA Anlagen in Kufstein und Allerheiligen

Thermische regenerative Oxidation - für Versuche bei der MBA-Anlage in Allerheiligen

3 BISHERIGE ERGEBNISSE AN DER ANLAGE IN KUFSTEIN

Die Versuche an beiden Anlagen sind von September 1999 bis April 2000 vorgesehen. Derzeit liegen vorerst Ergebnisse der Wäscher-Biofilter Kombination an der Anlage Kufstein vor, die nachfolgend beschrieben werden.

Die Anlage in Kufstein (Tirol) verarbeitet derzeit ca. 2.000 t Input/a. Es gibt drei Verarbeitungsschienen, (a) eine für Grünabfälle (Anlieferung durch Private) mit low-cost Behandlung, (b) für Bioabfälle im Intensivrottecontainer mit anschließendem Biofiltercontainer und der Nachrotte im Freien und (c) für Restabfall. Der Restabfall wird in die Halle angeliefert und bis zu etwa einer Woche auf belüfteter Rotteplatte in der Halle gelagert (die Lagerung wurde bei Durchführung der Versuche nicht durchgeführt um etwaige ungewollte Schadstofffreisetzung auszuschließen), anschließend zerkleinert und bei 50 mm abgesiebt. Die heizwertreiche Fraktion I (> 50 mm) wird nach Trocknung deponiert.

Der Siebdurchgang gelangt nach Fe-Abscheidung zur Intensivrotte in die außerhalb der Halle befindlichen quasi-dynamischen Intensivrottecontainer (Füllvolumen: 80 m³) mit einer mittleren Verweilzeit von etwa zwei Wochen. Hier erfolgt ein regelmäßiges Umsetzen und effektives Befeuchten des Rottegutes an den Übergabestellen direkt in den Materialstrom.

Anschließend erfolgt die Nachrotte in der Halle (10 Wochen, 14-tägiges Umsetzen), bevor eine zweite Siebung bei 18 mm erfolgt. Dabei wird die zu deponierende Feinfraktion < 18 mm von der heizwertreichen Fraktion II getrennt.

Für den Zeitraum der Versuche wurde die Anlage mit Restabfall beschickt. Die Versuche wurden direkt mit der Abluft aus einem Hauptrottemodul durchgeführt (2.000 m³/h).

3.1 Versuchsanlagenaufbau

Aus der Abluftleitung des Hauptrottemoduls wurde über einen korrosionsfesten Radialventilator die Versuchsabluf abgesaugt und durch einen zweistufigen Wäscher gedrückt. Die im Verlauf der Umsetzung stärker aufkonzentrierte Ammonsulfatlösung wurde bis zur vollständigen Sättigung aufkonzentriert und dann aus dem Prozess ausgeschleust. Der Wäscher sowie die Luftleitungen, Ventile, Klappen etc. waren aus Edelstahl (V2A und V4A bzw. aus Kunststoff) ausgeführt.

Der Gegenstromwäscher bestand aus zwei zylindrischen Wäscherstufen aus PEHD die mit Füllkörpern aus PP gefüllt waren, einem Kaminboden zwischen den beiden Wäscherstufen sowie 2 voneinander getrennten Sumpftassen. In jeder Wäscherstufe befand sich eine Sprühlanze mit Tangential-Vollkegeldüsen und einem darüber angeordnetem Lamellenabscheider aus PP. Gesteuert wurde die Dosierung der Schwefelsäure über eine pH-Wert Messung in den beiden Sümpfen.

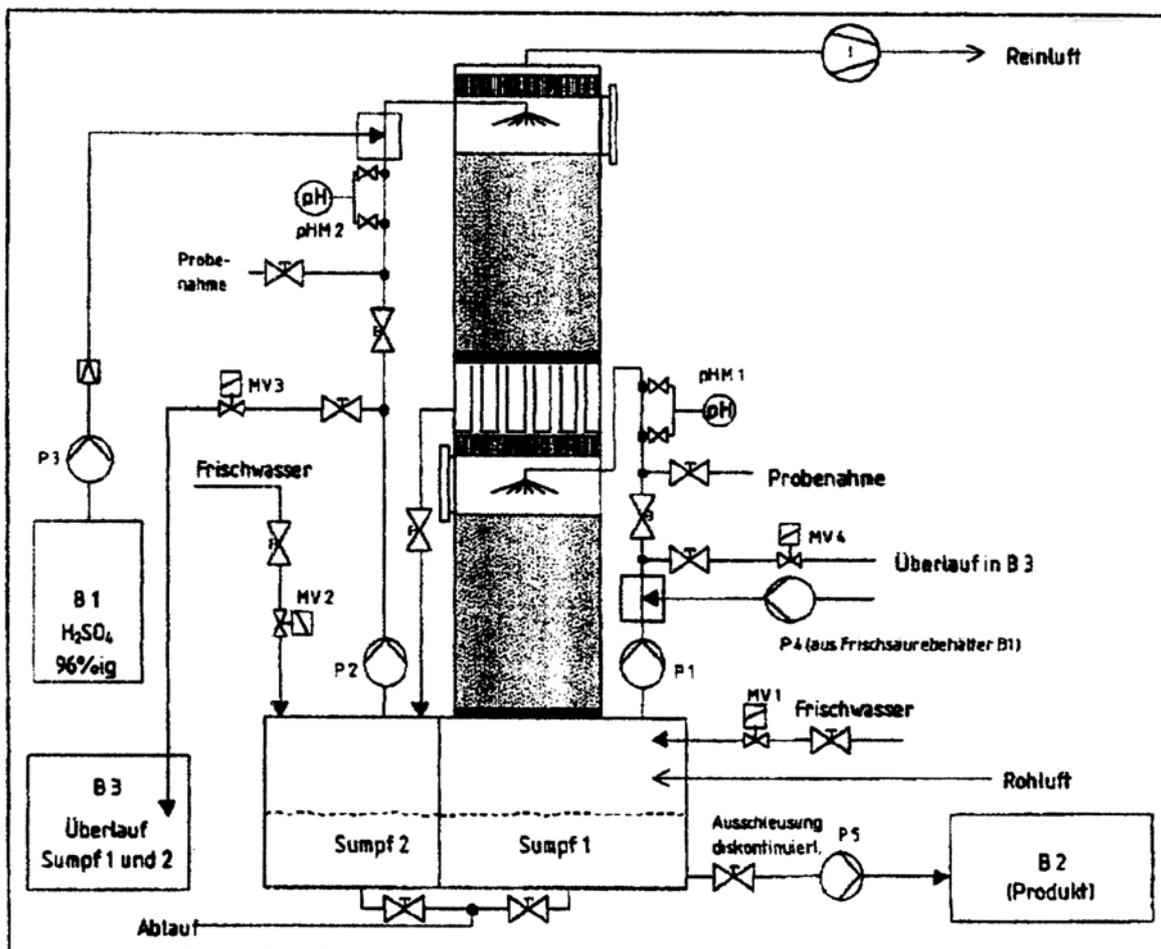


Abbildung 3: Schema des Gegenstromwäschers

Nach dem Gegenstromwäscher gelangte die Abluft über ein Lüftungssystem in den Biofilter. Der Biofilter bestand aus einem Biofiltercontainer in Hakenliftausführung. Das Biofiltermaterial wurde schichtweise eingebracht und besteht aus Holzhäcksel, dynamisch hergestelltem Substrat und Rindenmulch. Die Grundfläche des Biofilters betrug 15 m², die Filterfläche 11,5 m². Bei einer Schütthöhe von 1,5 m ergab sich ein Filtervolumen von etwa 17 m³.

Während des Versuchszeitraums wurde von der UBA GmbH kontinuierlich TOC, CH₄, CO, CO₂, O₂, NO und NH₃ gemessen. Zusätzlich wurde zu zwei repräsentativen Zeitpunkten eine Vielzahl von Einzelparametern gemessen – eine dementsprechende Parameterliste befindet sich im Anhang.

Nachfolgend sind die bisher erzielten Ergebnisse an den Verläufen einer charakteristischen Rotte exemplarisch dargestellt. Es handelt sich dabei um die dritte durchgeführte Rotte. Die TOC-Konzentration des Rohgases stieg diesmal vergleichsweise rasch an (Abbildung 4) und hatte etwa nach 18 Stunden 100 ppm erreicht, was etwa 160 mg org. C/m³ entspricht. Dieses Konzentrationsniveau blieb über den Zeitraum von etwa 50 Stunden ziemlich konstant ehe die Rohgaskonzentration doch recht schnell auf etwa 30 ppm (ca. 45 mg org C/m³) abnahm. Das Reingas stieg anfänglich über 25 ppm, sank aber nach wenigen Stunden, noch während weitgehend konstanten Rohgases, wieder unter 25 ppm ab.

TOC - Kufstein, Rotte 3

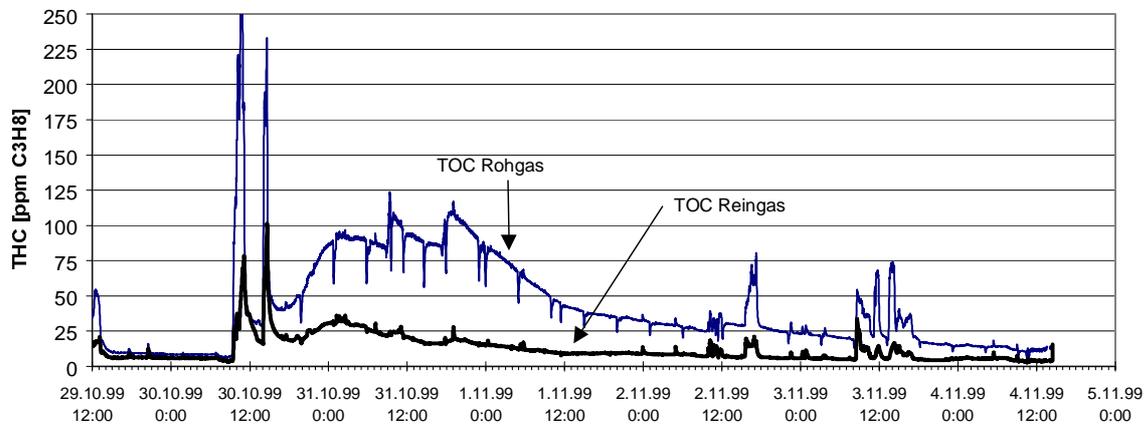


Abbildung 4 Kufstein Rotte 3 TOC

MBA Kufstein, Rotte 3

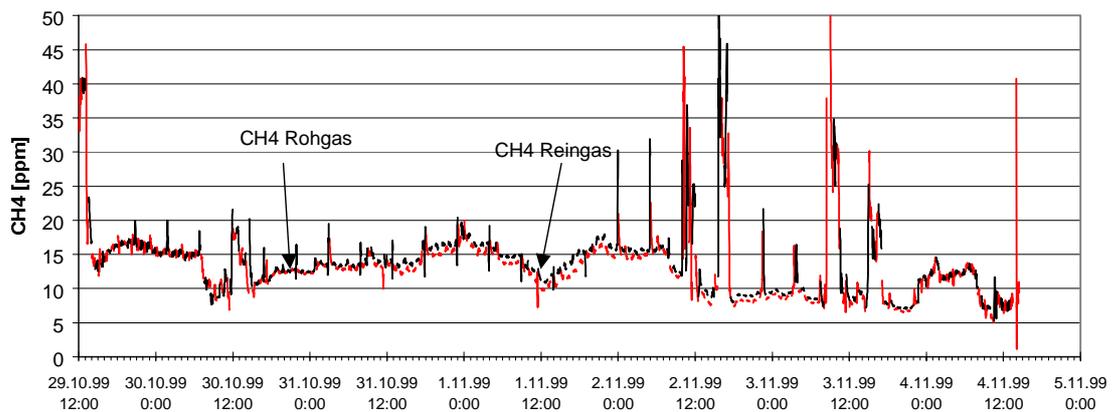


Abbildung 5 Kufstein Rotte 3, CH4 Roh/Reingas

Die Methankonzentration (Abbildung 5) lag während der gesamten Rotte etwa bei 15 ppm, an den Verläufen von Roh- und Reingas ist keinerlei Abbau im Biofilter ersichtlich.

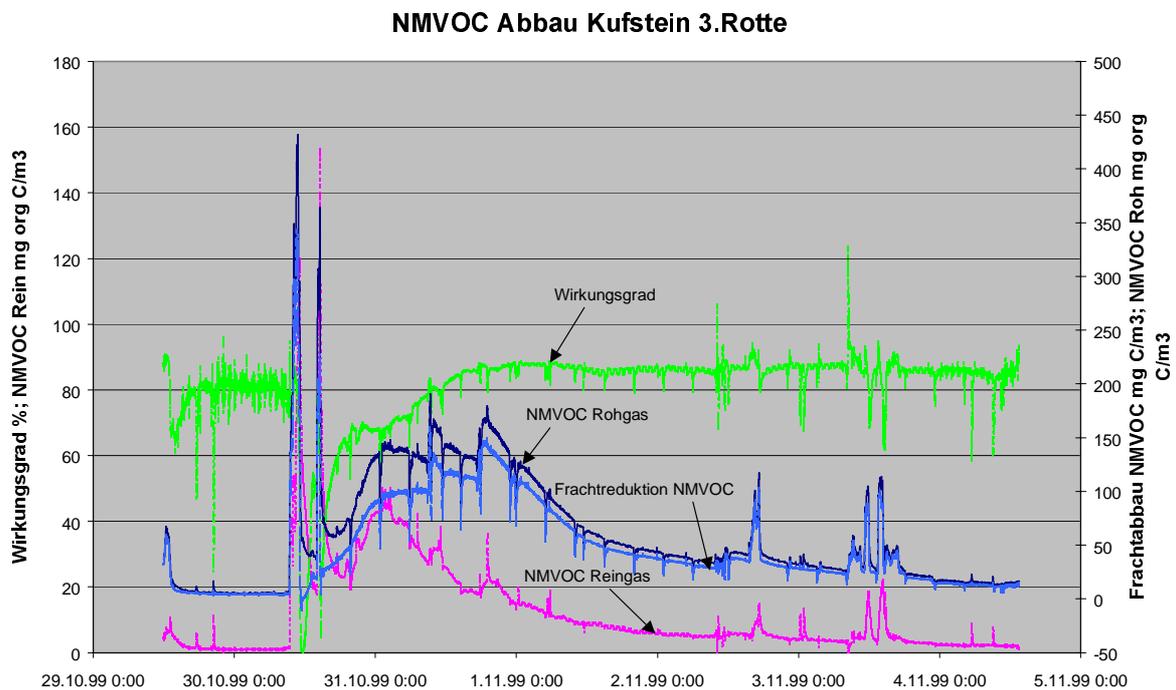


Abbildung 6 Kufstein Rotte 3, NMVOC

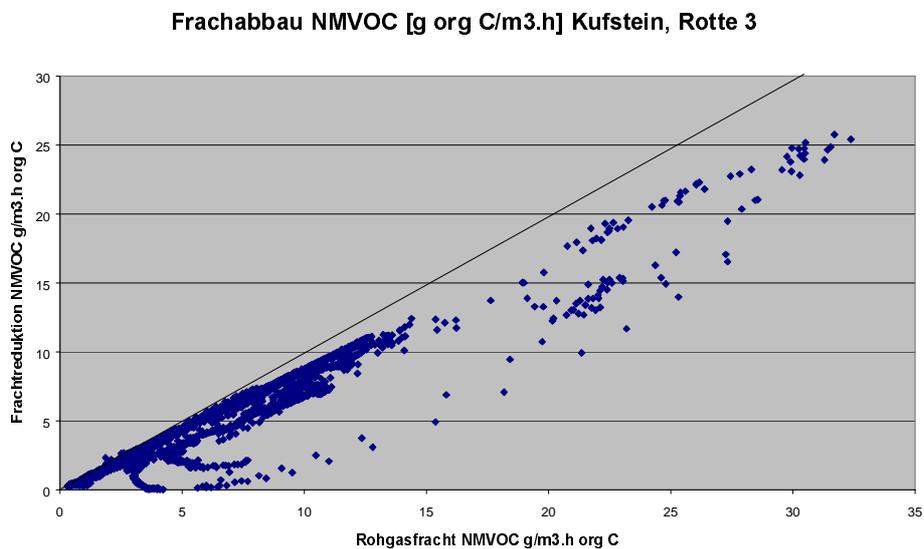


Abbildung 7 Kufstein Rotte 3, Frachtabbau NMVOC

Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Rohgaswerte und der Abscheidung von NMVOC während der Rotte 3. Zu Beginn des Konzentrationsanstieges auf etwa 140 mg C/m³ zeigt sich auch ein deutlicher Anstieg in der abgebauten Fracht. In diesem Zeitraum sinkt anfänglich der Wirkungsgrad kurzfristig ab, erreicht dann am Beginn des Frachtanstiegs etwa 70 %. Nach einigen Stunden mit gleichbleibender Rohgaskonzentration und damit Frachteintrag steigt

allmählich der Wirkungsgrad auf fast 90 % mit einem korrespondierenden Anstieg auch in der abgebauten Fracht. Der Wirkungsgrad bleibt während des gesamten restlichen Rotteverlaufs konstant, die abgebaute Fracht geht naturgemäß mit dem allmählichen Konzentrationsabfall zurück.

Abbildung 7 zeigt das Belastungsverhalten des Biofilters in Rotte 3 in einer Gegenüberstellung von eingebrachtem und abgebautem Frachteintrag (in spezifischem Frachteintrag $\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$). In einer derartigen Darstellung liegen gleich große Werte von Fracht und Abbau, gleichbedeutend mit gleichen Wirkungsgraden, auf einem Strahlenbüschel vom Ursprung aus. Die eingezeichnete Linie stellt vollständigen Abbau dar (Wirkungsgrad 100 %).

Bis zu einer spezifischen Fracht von $8 \text{ gC}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ liegt nahezu vollständige Abscheidung vor. Danach beginnen die Punkte sich kontinuierlich von der vollständigen Abscheidung zu entfernen. Entsprechend der Dichte der Punkte liegen die meisten Werte im Bereich eines Frachteintrages bis $15 \text{ g C}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ vor. Einzelne Punkte im Bereich deutlich niedrigerer Wirkungsgrade deuten auf vereinzelte Zustände mit schlechterem Abbauverhalten hin, die möglicherweise aus der Anfangsphase des Konzentrationsanstiegs stammen könnten. Ursache hierfür könnten in Überlastung des Biofilters durch den raschen Anstieg oder in Veränderungen der Zusammensetzung des Abgases, schlechtere Abbaubarkeit der Inhaltsstoffe am Beginn des Konzentrationsanstieges, liegen.

Erklärungen für die unterschiedlichen Abbauniveaus sowie für den Anstieg im Abbau bzw. den schlechteren Abbau zu Beginn der Rotte werden von den Ergebnissen der Einzelkomponentenanalyse der UBA GmbH erwartet. Hierbei werden auch die geringeren Außentemperaturen berücksichtigt.

4 LITERATUR

UBA-Berichte Be-156
UBA-Report R-151
UBA-Monographien M-104

5 ANHANG

Analysierte Einzelparameterauswahl

Bezugsgrößen: Temperatur, CO, CO₂, O₂, Feuchte (relative Feuchte, Kondensatmenge)

Ammoniak ³	Tetrachlorethen
NO ⁴	(1,3,5-Trimethylbenzol) ⁸
NO _x ⁴	(1,2,4-Trimethylbenzol) ⁸
N ₂ O ⁵	(1,2,3-Trimethylbenzol) ⁸
Gesamt-N (Kjeldahl-N)	1,2-Dichlorbenzol
Gesamt-orgN ⁶	1,3-Dichlorbenzol
AOX	1,4-Dichlorbenzol
Methan ⁴	1,3,5-Trichlorbenzol
TOC ⁴ mit bzw. ohne Methan	1,2,3-Trichlorbenzol
Cyclohexan	1,2,4-Trichlorbenzol
n-Hexan	Di-methyl-phthalat
n-Heptan	Di-ethyl-phthalat
n-Octan	Di-butyl-phthalat
n-Nonan	Benzyl-butyl-phthalat
n-Decan	Di-ethylhexyl-phthalat
n-Undecan	Di-octyl-phthalat
n-Dodecan	Phenol
Benzol	o-Kresol
Toluol	m/p-Kresol
3/4-Ethyltoluol	Formaldehyd
2-Ethyltoluol	Acetaldehyd
Ethylbenzol	Crotonaldehyd
Isopropylbenzol	Valeraldehyd
m/p-Xylol	Staub ⁹
o-Xylol	Hg
Ethylacetat	As
n-Butylacetat	Cd
Aceton	Pb
2-Butanon	Cu
2-Hexanon	Mn
Cyclohexanon	Ni
alpha-Pinen	Trichlorfluormethan (R11)
beta-Pinen	Dichlordifluormethan (R12)
Limonen	Gesamt-S ⁴
Kampfer	Nitrosomorpholin ¹⁰
Methanol ⁷	Dioxine ¹¹
Ethanol	Furane ¹¹
Styrol	
(Naphthalin) ⁸	
(Butanthiol) ⁸	
Dimethyldisulfid	
Dichlormethan	
Trichlormethan	
Tetrachlormethan	
1,2-Dichlorethan	
1,1,1-Trichlorethan	
Trichlorethen	

³ Kontinuierlich und diskontinuierlich

⁴ Kontinuierlich

⁵ Wird vom BMUJF finanziert (Vergabe an Dritte)

⁶ Kjeldahl-N abzüglich Ammonium

⁷ wird noch geprüft

⁸ Dzt. keine quantitative Bestimmung möglich

⁹ Je nach Modul erforderlich

¹⁰ Überprüfung der Bildung von Nitrosaminen bei hohen N-Frachten und Biofilter

¹¹ Ev. nach thermischer Behandlung im Reingas

Abluftemissionen aus der MBA und deren Minderung nach dem Stand der Technik

*Carsten Cuhls // Gesellschaft für Wissenstransfer, Bonn und Hannover, Nelkenstrasse 15,
D - 30167 Hannover*

Heiko Doedens // ISAH Universität Hannover, Welfengarten 1, D-30167 Hannover

Abluftemissionen aus der MBA und deren Minderung nach dem Stand der Technik

*Carsten Cuhls // Gesellschaft für Wissenstransfer, Bonn und Hannover, Nelkenstrasse 15,
D - 30167 Hannover*

Heiko Doedens // ISAH Universität Hannover, Welfengarten 1, D-30167 Hannover

1 INHALTSSTOFFE IM ABGAS VON MBV-ANLAGEN (MBA)

Aus den bisherigen Untersuchungen der Verfasser in dem BMBF-Verbundvorhaben MBA (CUHLS et al., 1999) wurde eine Stoffliste entwickelt, die 81 organische Verbindungen umfaßte, nachdem sich die Metalle zwar meßbar aber nicht als konzentrationsrelevant erwiesen hatten. Aus dieser Stoffliste wiederum kristallisierten sich die folgenden MBA-Leitkomponenten heraus, d.h. sie sind mit der gängigen Routineanalytik in der Regel immer meßbar und sind verantwortlich für die wesentliche Emissionsfracht:

- Methan und Ammoniak (außerhalb von Nr. 3.1.7 TA Luft),
- Methanol, Ethanol und weitere Alkohole,
- Kurzkettige Alkane,
- Toluol, Ethylbenzol, Xylole und weitere aromatische Kohlenwasserstoffe,
- Dichlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (CKW),
- Trichlorfluormethan (R11), Dichlordifluormethan (R12), (FCKW),
- α -Pinen, β -Pinen, Limonen (Terpene),
- Acetaldehyd (Aldehyde),
- Aceton, 2-Butanon (Ketone),
- Dimethylsulfid, Dimethyldisulfid.

Um die gesamte Palette der Leitkomponenten nach Nr. 3.1.7 TA Luft zu erfassen, sind mindestens zwei unterschiedliche analytische Prozeduren im Abgas anzuwenden. Neben der Probenahme auf z.B. Aktivkohle oder Tenax (z.B. VDI-Richtlinie 3482) muß für die Stoffgruppe der Aldehyde und Ketone ein zusätzliches Verfahren (DNPH-Methode, VDI-Richtlinie 3862) eingesetzt werden.

2 KOHLENSTOFFVERBINDUNGEN

Die Emissionsmassenströme nach Nr. 3.1.7 der TA Luft erreichten an den vier Anlagen in der Summe über die Klassen 1 bis 3 Maximalwerte von 1.680 g/h (MBV Lüneburg) bis 3.915 g/h (MBV Friesland). Die Massenstromgrenze in der Summe über die Klassen 1 bis 3 der TA Luft von 3.000 g/h wurde teilweise von der MBV Friesland überschritten. Die Massenstromgrenze von 100 g/h für Stoffe der Klasse 1 wurde häufig überschritten. Bei Überschreiten der Massenstromgrenze im Rohgas muß für Stoffe der Wirkungsklasse 1 die max. Emissionskonzentration von 20 mg/m³ eingehalten werden. Im Durchschnitt erreichten die Anlagen Werte < 1 mg/m³ (max. Wert: 2 mg/m³). Die Anforderungen der Nr. 3.1.7 der TA Luft wurden demnach im Reingas aller untersuchten MBA sicher eingehalten. Die Wirkungsgrade der Biofilter für Stoffe der Klasse 1 lagen durchschnittlich zwischen 80% und 90% (in Bassum bei 50%). Die Wirkungsgrade für Stoffe der Klasse 2 lagen zwischen 50% und 88% (in Friesland bei 34%) und für Klasse 3 zwischen 80% und 97% (in Bassum 50% bzw. ohne Ausreißer 77%).

Die resultierenden Schwankungsbereiche in der prozentualen Verteilung der NMVOC nach Wirkungsklassen der TA Luft im Roh- und Reingas sind in Bild 1 dargestellt. Demnach lagen die relativen Anteile im Rohgas für Stoffe der Klasse 1 durchschnittlich bei 11 bis 13 %, für

Stoffe der Klasse 2 im Mittel bei 24 bis 41 % und für Stoffe der Klasse 3 bei 49 bis 64 %. Im Reingas drehten sich die Verhältnisse in den Klassen 2 und 3 genau um: Klasse 3 nun 24 bis 38 % und Klasse 2 mit einem Anteil von 46 bis 67 %. Diese relative Verschiebung lag im wesentlichen am sehr guten Wirkungsgrad der Abluftbehandlung für die Alkohole und Ketone (Klasse 3 TA Luft), wohingegen die aromatischen Verbindungen der Klasse 2 TA Luft schlechter abgebaut wurden. In der Klasse 1 war im Mittel sowohl eine Abnahme des Anteils auf 5 bis 6 % (MBRA Horm und MBV Friesland) als auch eine Zunahme des Anteils auf 20 % (MBV Lüneburg und RABA Bassum) zu verzeichnen.

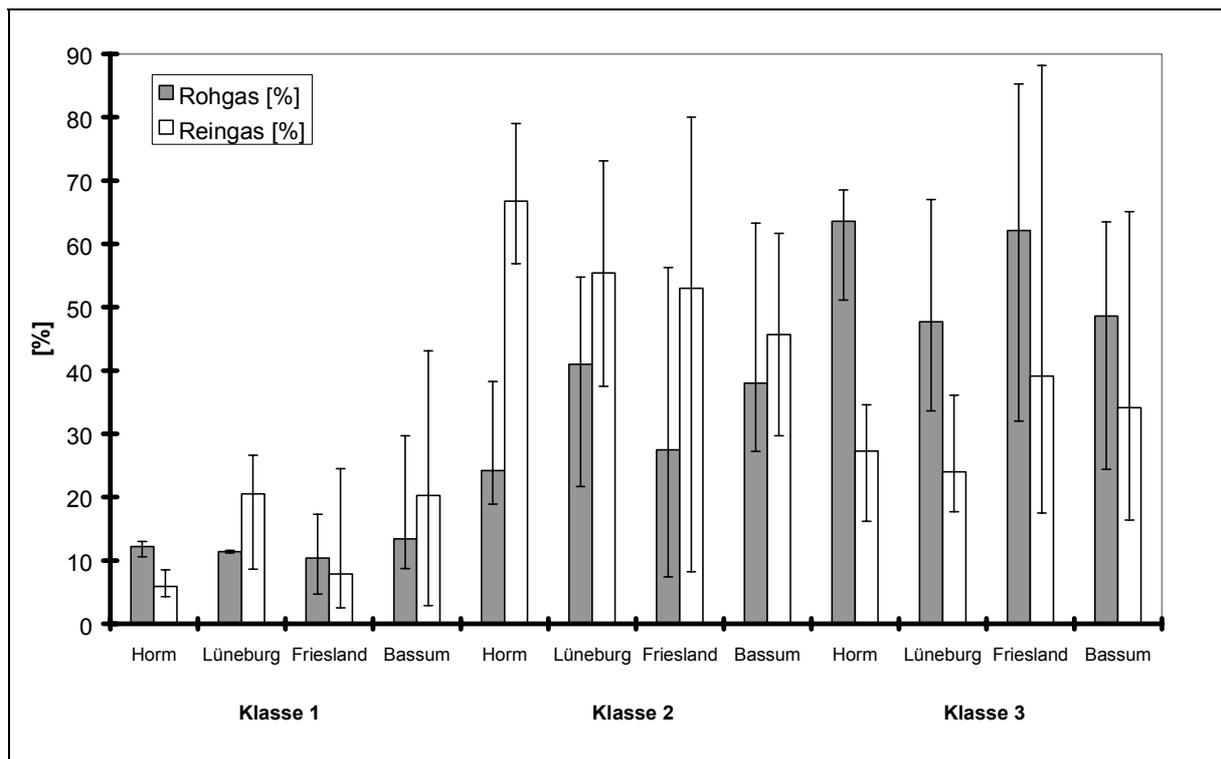


Bild 1: Prozentuale Verteilung der NMVOC nach Wirkungsklassen der TA Luft im Roh- und Reingas (Bereiche pro MBA)

In Tab. 1 ist als Beispiel eine Auswahl an Verbindungen aus dem gesamten Meßumfang an der RABA Bassum sowie an der MBRA Horm dargestellt. Es sind von den insgesamt durch das ISAH gemessenen Anlagen diejenigen mit den größten Abfalldurchsätzen, d.h. mit den höchsten zu erwartenden Emissionsmassenströmen. Der Stoffumfang ist auf den Ausschnitt der massenrelevanten Stoffe an der gesamten Emissionsfracht reduziert. Neben den Min./Max.-Werten im Roh- und Reingas sind auch die stoffspezifischen Wirkungsgrade der Biofilter angegeben.

Die untersuchten Verbindungen können nach den ermittelten Wirkungsgraden in unterschiedliche Klassen eingeteilt werden (siehe CUHLS, 1999), ähnlich wie in der VDI 3477 (Biofilter). Es sind viele Stoffe dabei, für das Ergebnis nicht eindeutig ausfällt. Abgesehen von methodischen Ursachen (Dauer der Probenahme, Zeitgleiche Probenahme, Absorption im Biofilter) sind signifikante negative Ausreißer im Wirkungsgrad bei sonst gut abbaubaren Stoffen vielfach auf schlechte Betriebszustände des Biofilters zurückzuführen. Dazu gehören:

- Temperaturextrema (sowohl niedrige als auch hohe Temperaturen),
- Alkalische (NH_3 -bedingte) sowie saure (nitrifikationsbedingte) pH-Werte,
- Ungenügende Feuchte im Biofilter,
- Zu hohe Feuchte im Biofilter.

In Einzelfällen wurden bei Betriebsstörungen Kondensateintrag sowie Sickerwassereintrag auf den Biofilter bzw. in den Luftwäscher beobachtet. In solchen Fällen kann es zur Überlastung kommen, bzw. zu starken Geruchsemissionen und einer deutlichen Neubildung von Luftschadstoffen im Biofilter.

Beispiele für negative Ausreißer im Abbauverhalten bei sonst sehr guter Abbaubarkeit sind: Acetaldehyd, n-Butylacetat, Crotonaldehyd, 2-Butanon, Aceton, 2-Propanol, 1-Propanol, Formaldehyd, Propionaldehyd, Valeraldehyd. Eine Neubildung von MVOC im Biofilter ist demnach möglich und unter ungünstigen Betriebsbedingungen auch sehr wahrscheinlich.

Tab. 1: Zusammenstellung von Min./Max.-Konzentrationen und Filterwirkungsgraden für massenrelevante Stoffe der Nr. 3.1.7 TA Luft, Bassum 14 Meßpaare, Horm 6 Meßpaare (*: ein Ausreißer nicht berücksichtigt)

3.1.7 TA Luft Klasse	Komponente	Roh- gas Bas- sum max. µg/m ³	Roh- gas Bas- sum min. µg/m ³	η Biofil- ter Mittel %	Rein- gas Bas- sum max. µg/m ³	Rein- gas Bas- sum min. µg/m ³	Roh- gas Horm max. µg/m ³	Roh- gas Horm min. µg/m ³	η Biofil- ter Mittel %	Rein- gas Horm max. µg/m ³	Rein- gas Horm min. µg/m ³
1	Isopropylbenzol	45	< BG	5	35	< BG	155	40	38	95	< BG
1	Naphthalin	585	20	55	55	< BG	150	35	71	36	< BG
1	Tetrachlorethen	75	< BG	35	45	< BG	475	47	20	340	42
1	n-Butylacetat	295	< BG	65	180	< BG	980	160	94	130	< BG
1	Dimethyldisulfid	1.155	170	48	805	< BG	560	55	62	100	30
1	Acetaldehyd	3.700	< BG	68*	1.400	< BG	12.000	4.100	99	200	21
1	Crotonaldehyd	180	< BG	52	190	< BG	1.500	640	100	< BG	< BG
1	Dichlormethan	945	< BG	-12*	1.235	< BG	210	21	- 83	200	< BG
1	Chloroform	100	< BG	18	122	< BG	110	< BG	51	40	< BG
2	Toluol	695	24	-1*	3.055	27	1.490	460	34	740	300
2	3/4-Ethyltoluol	560	40	49	405	< BG	2.000	230	60	965	80
2	2-Ethyltoluol	195	20	34	185	< BG	2045	80	44	495	50
2	Ethylbenzol	575	35	25*	1.720	25	970	250	42	485	205
2	m/p-Xylol	1.765	95	21	2.370	95	2.990	720	41	1.510	450
2	o-Xylol	685	25	15	560	25	980	200	45	760	156
2	Limonen	9.140	480	90	3.435	< BG	11.275	1.300	56	5.850	530
2	Acetonitril	350	< BG	91	33	< BG	2.000	470	69	680	< BG
3	Cyclohexan	70	< BG	- 4	100	< BG	120	40	22	30	< BG
3	n-Decan	435	65	86	125	< BG	2.665	440	64	710	65
3	Aceton	7.600	< BG	83*	6.600	< BG	8.200	3.700	96	330	< BG
3	2-Butanon	5.165	80	81*	2.750	< BG	43.000	370	100	630	< BG
3	Ethanol	2.400	< BG	95	1.200	< BG	39.000	9.500	100	50	< BG

Erfahrungen bei MBA zeigen, dass auch der Anlagenbetrieb deutliche Auswirkungen auf die C-Emissionen im Rohgas haben kann. Z. B. ist der gleichmäßigen Luftverteilung in großen Trapezmietenroten große Aufmerksamkeit zu widmen, um lokale Anaerobien mit Methanemissionen zu vermeiden. Ein starkes Vernässen von Rottebereichen kann ebenfalls zur Methanproduktion anregen.

Abgesehen vom Zustand der Biofilter ist die grundlegende Verfahrensauswahl maßgeblich für einen störungsfreien und umweltverträglichen Betrieb. Es hat sich herausgestellt, daß die hohe NH₃-Belastung des Biofilters den Abbau der organischen Verbindungen hemmen kann. Gleiches gilt für die schwefelhaltigen Verbindungen, die nur bei gleichzeitig geringer Stickstoffbelastung sehr hohe Abbaugrade aufweisen. Die Flächenbelastung der Filter ist teilweise zu hoch, Werte von 100 m³/m²h sollten nicht überschritten werden.

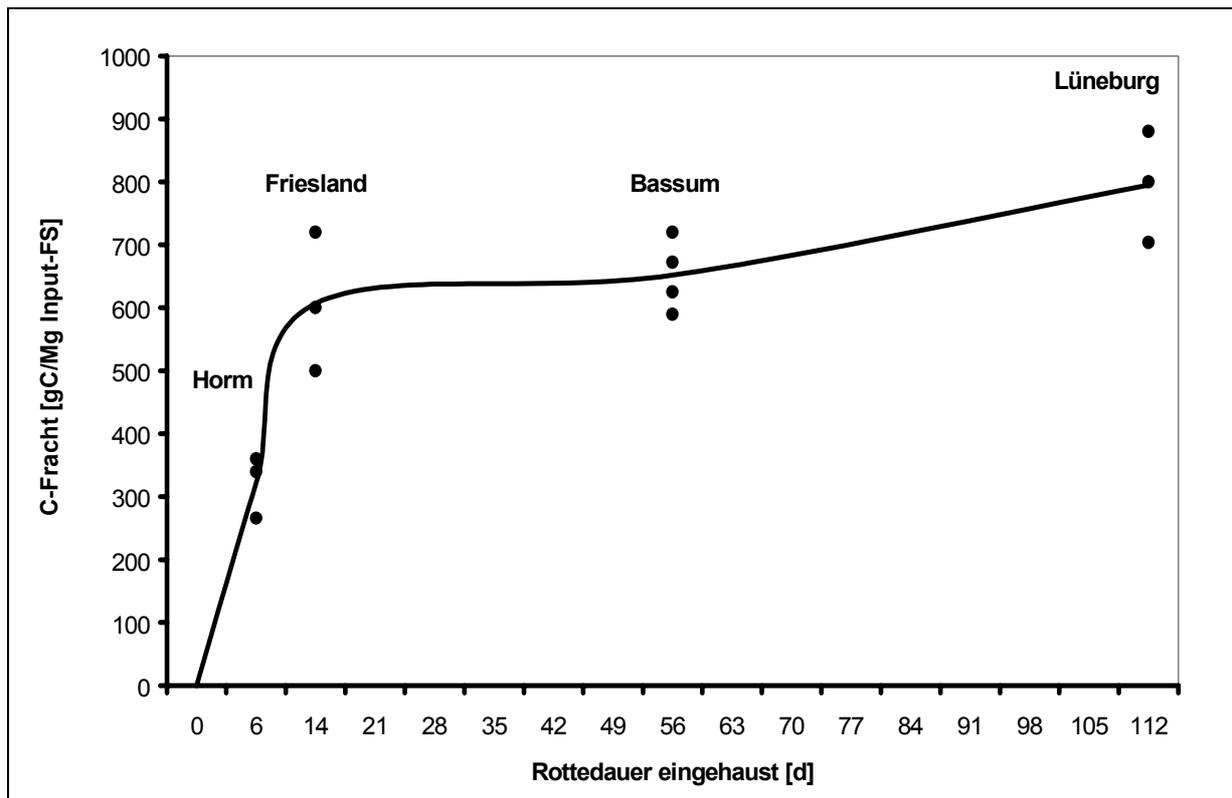


Bild 2: Emissionsfrachten NMVOC im Rohgas aus vier MBA mit unterschiedlicher eingehauster Rottedauer zwischen 4 Tagen und 16 Wochen, angegeben in g C/Mg FS Rotteinput

Die Zusammenstellung aller NMVOC-Bilanzierungen zeigt deutlich die weitgehende Freisetzung der NMVOC-Fracht nach 14 Tagen Behandlungsdauer in Höhe von 600 g C/Mg Rotteinput. Mit längerer Behandlungsdauer steigt die Fracht bis auf etwa 700 bis max. 800 g C/Mg an, wobei die RABA Bassum aufgrund der Teilstromvergärung tendenziell einen Emissionsvorteil aufweist, da ein Teil NMVOC in das Biogas ausgetragen wird (Bild 2). Mit der Zuluft gelangen 1,2 bis 2,4 g C/Mg in den Rotteprozeß (ohne Methan). Mit Methan liegt die Zuluftfracht im Bereich zwischen 16 und 32 g C/Mg, auf Deponiestandorten max. 45 bis 90 g C/Mg (Gesamtkohlenstoff).

2.1 Stickstoffverbindungen

Am Biofilter der RABA Bassum wurde erstmalig eine lückenlose Stickstoffbilanz im Roh- und Reingas eines Biofilters erstellt (CUHLS, 1999). Dieses war nur möglich, indem die Gase NO (Stickoxid) und N₂O (Lachgas) gemessen wurden. Aus Bild 3 wird deutlich, daß von den durchschnittlich 620 g N/Mg etwa 300 g NH₃-N/Mg im Biofilter umgesetzt werden. Diese Feststellung alleine reicht seit Jahrzehnten aus, die Biofiltertechnik als geeignetes Aggregat zur Behandlung stickstoffreicher Abgase auszuweisen (VDI 3477). An dieser Stelle wird das Erfordernis vollständiger stoffspezifischer Bilanzen deutlich. Der Verbleib des abgeschiedenen NH₃ ist bislang aus Unkenntnis im Nitrat oder N₂ vermutet worden.

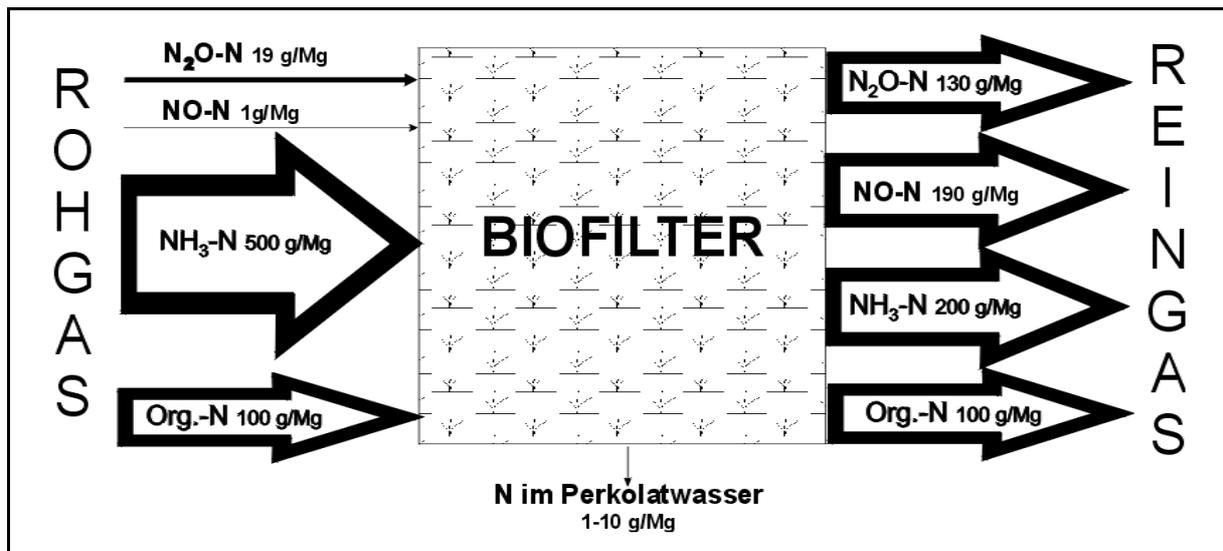


Bild 3: Stickstoffbilanz des Biofilters der RABA Bassum (CUHLS, 1999)

Tatsache ist jedoch, daß der Anteil der Salze (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) als Zwischenprodukte zwar sehr bedeutsam ist, daß aber der Austrag mit dem Perkulationswasser verschwindend gering ist. Eine Bildung von N_2 ist höchst unwahrscheinlich, da im Biofilter keine geeigneten Bedingungen für eine Denitrifikation vorliegen. Aufgrund der massiven Überfrachtung und Akkumulation von Stickstoffverbindungen im Biofilter erfolgt eine quantitative Bildung von NO und N_2O aus dem abgeschiedenen NH_3 - aus Sicht des Treibhauspotentials von N_2O eine fatale Situation.

3 QUECKSILBER

Exemplarisch sind in Bild 4 die Roh- und Reingaskonzentrationen sowie die resultierenden Emissionsmassenströme von Quecksilber aus vier unterschiedlichen Anlagen dargestellt. Dabei kann ein Rückhalt im Biofilter festgestellt werden. Messungen, die signifikant negative Wirkungsgrade ergeben haben, weisen darauf hin, daß ggf. im Biofilter angereicherte, adsorbierte Quecksilbermengen auch wieder freigesetzt werden können (Desorption).

Von insgesamt 17 Messungen im Roh- und Reingas sind 2 Meßpaare signifikant erhöht und erreichen 1,9 und 0,6 $\mu g/m^3$ im Reingas. Der Grenzwert der 17. BImSchV beträgt 30 $\mu g/m^3$ im Tagesmittel bzw. 50 $\mu g/m^3$ als Halbstundenmittelwert. Bei 10 von 17 Messungen im Reingas liegen die Gehalte an Quecksilber unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,2 $\mu g/m^3$.

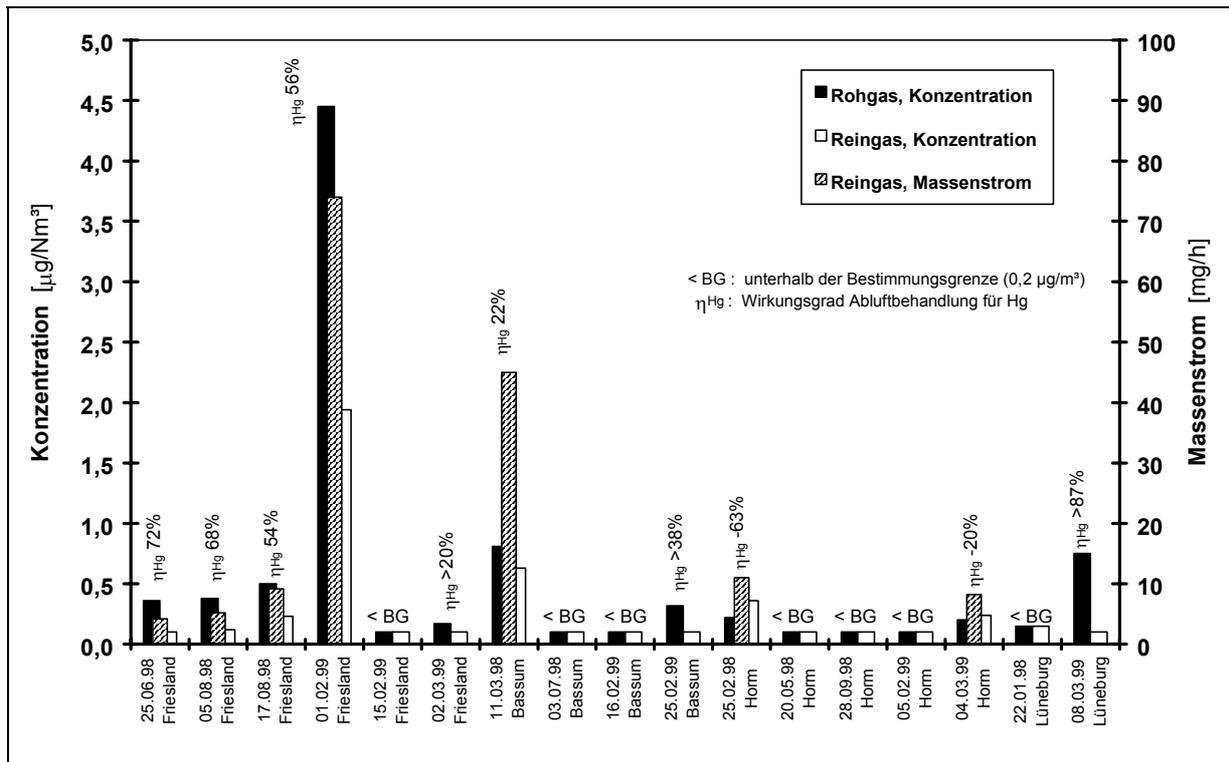


Bild 4: Quecksilberemissionen aus MBA, Konzentrationen und Massenströme

η = rechnerischer Wirkungsgrad der Abluftbehandlung für Hg
 BG = Bestimmungsgrenze

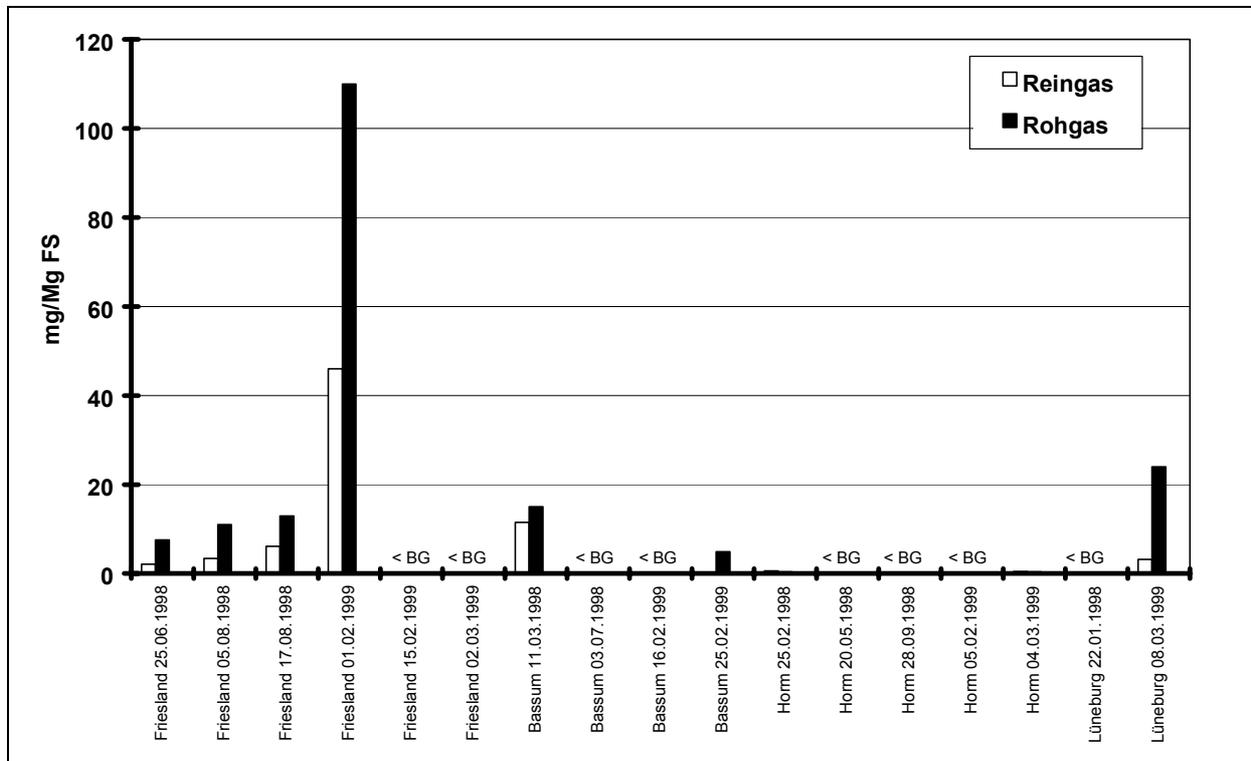


Bild 5: Quecksilberfrachten aus MBA in mg/Mg FS

In Bild 5 sind die resultierenden Frachten in mg/Mg Feuchtsubstanz (FS) Rotteinput dargestellt. Bezogen auf den Abfalldurchsatz (Input Rotte) liegen die Frachten demnach bei 16 von 17 Meßpaaren ≤ 24 mg/Mg (Roh- und Reingas). Eines von 17 Meßpaaren deutet mit 110 mg/Mg (Spitzenwert im Rohgas) bzw. 46 mg/Mg (Spitzenwert im Reingas) auf eine erhöhte Quecksilberbelastung des Abfalls hin („hot spot“). Bis auf diesen Spitzenwert stimmen diese Ergebnisse mit den Meßdaten aus Österreich (ANGERER et al., 1998, 1999A, 1999B) in der Größenordnung sehr gut überein (Tab. 2). Hier liegen alle ermittelten Quecksilberfrachten ≤ 24 mg/Mg (Roh- bzw. Reingas). Für die Anlage in Siggerwiesen können für eine Frachtab-schätzung die Emissionen beider Anlagenteile (Rottetrommel und Rotteabluft) addiert werden.

Die MBA-Zuluftfracht beträgt für Quecksilber zwischen 0,075 und 0,15 mg/Mg. Die Emissionsfracht liegt abgesehen vom „hot spot“ somit nur etwa Faktor 2 bis 50 über der Zuluftfracht.

Tab. 2: Quecksilberfrachten aus österreichischen MBA (ANGERER et al., 1998, 1999A, 1999B)

MBA	Rohgas 1	Rohgas 2	Rohgas 3	Rohgas 4	Reingas 5	Reingas 6
Kufstein	19 mg/Mg	24 mg/Mg	n.b.	n.b.	7,8 mg/Mg	6,0 mg/Mg
Siggerwiesen (Rottetrommel)	2,8 mg/Mg	0,8 mg/Mg	0,2 mg/Mg	0,3 mg/Mg	n.b.	n.b.
Siggerwiesen (Rotteabluft)	0,7 mg/Mg	0,7 mg/Mg	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Allerheiligen	4,2 mg/Mg	4,1 mg/Mg	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Die höchsten Hg-Gehalte, die an österreichischen MBA gemessen wurden (ANGERER et al., 1998, 1999A, 1999B), lagen zwischen 3,2 und 4,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Rohgas, die höchsten Hg-Massenströme im Rohgas zwischen 11 und 40 mg/h (Rottetrommel). Die niedrigsten Konzentrationen betragen 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, d.h. Quecksilber war bei allen Probenahmen meßbar.

Da Quecksilber als flüchtigstes Metall bei niedrigen Temperaturen - ebenso wie die anderen Schwermetalle - mit etwa 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ weit unterhalb von anderen Emissionsgrenzwerten emittiert wird, können die Metallemissionen bei MBA als signifikant (Quecksilber) aber unkritisch angesehen werden.

4 POLYCHLORIERTE DIBENZODIOXINE UND DIBENZOFURANE (PCDD/F)

In der 17. BImSchV sind die polychlorierten Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) die einzige Stoffgruppe unter den organischen Verbindungen mit einem eigenen Emissionsgrenzwert (0,1 ng I-TE/ m^3). Besondere Aufmerksamkeit galt dieser extrem toxischen und persistenten Stoffgruppe und brachte in den letzten Jahren die Nachrüstungen der Rauchgasreinigungsanlagen in den MVA.

Mittlerweile werden in modernen MVA die Rohgasgehalte (hinter Elektrofilter Altbestand) von etwa 20 ng I-TE/ m^3 um den Faktor 1.000 auf unter 20 pg I-TE/ m^3 im Reingas reduziert. PCDD/F-Emissionskonzentrationen und -frachten von drei MVA aus dem Jahr 1998 sind in Bild 6 wiedergegeben. Die Konzentrationen liegen mindestens um den Faktor 5 unter dem Grenzwert, zum Teil noch weit darunter. Im gleichen Bild sind daneben die Ergebnisse im Reingas für die RABA Bassum, die Pilotanlage (mechanische Restabfallaufbereitung) in

Münster, die österreichischen MBA, die Herhof-Box sowie für ein Kompostwerk dargestellt. Zum Vergleich ist einer fiktive Fracht in Anlehnung an die 17. BImSchV von 550 ng I-TE/Mg angegeben, ermittelt aus dem Grenzwert 0,1 ng I-TE/m³ und einem Erfahrungswert für das korrespondierende Luftvolumen von 5.500 m³/Mg für MVA.

Dabei fällt auf, daß bis auf die österreichischen MBA und die Herhof-Box ähnliche PCDD/F-Frachten aus biologischen Anlagen emittiert werden wie bei den MVA. Die Gehalte an PCDD/F liegen im Reingas der RABA Bassum sowie im Reingas der Pilotanlage Münster bei 1 – 2 pg I-TE/m³ (Bild 6), d.h. um den Faktor 50 bis 100 unterhalb des Grenzwertes für PCDD/F in der 17. BImSchV (0,1 ng I-TE/m³). Letztlich führen die hohen spezifischen Abluftmengen zu den erstaunlichen Frachten bei den biologischen Anlagen. Bei Messungen in Österreich wurden in der Mietenabluft der MBA Siggerwiesen PCDD/F-Konzentrationen im Rohgas um den Faktor 10 niedriger bestimmt als die der RABA Bassum im Reingas. Die Abluft aus den Rottetrommeln im Winter war sogar um den Faktor 100 geringer belastet (Bild 6). Die Ursache für diese Unterschiede ist abgesehen von der Temperatur unklar. Da die PCDD/F größtenteils partikelgebunden emittieren, muß zunächst von einer geringeren Staubbelastung der Abluft der MBA Siggerwiesen ausgegangen werden, obwohl es sich um eine Rohgasprobenahme und bei der RABA Bassum um eine Reingasprobenahme gehandelt hat.

Die Emissionsfrachten an PCDD/F liegen im Reingas der RABA Bassum sowie im Reingas der Pilotanlage Münster mit 11 bis 38 ng I-TE/Mg signifikant über den Frachten aus der MBA Siggerwiesen. Auch die Emissionen aus dem Kompostwerk liegen mit etwa 49 ng I-TE/Mg bzw. 69 ng I-TE/Mg im Reingas im Vergleich zur MVA erstaunlich hoch. Anders ausgedrückt erreichen moderne MVA ein vergleichsweise erstaunlich niedriges Emissionsniveau.

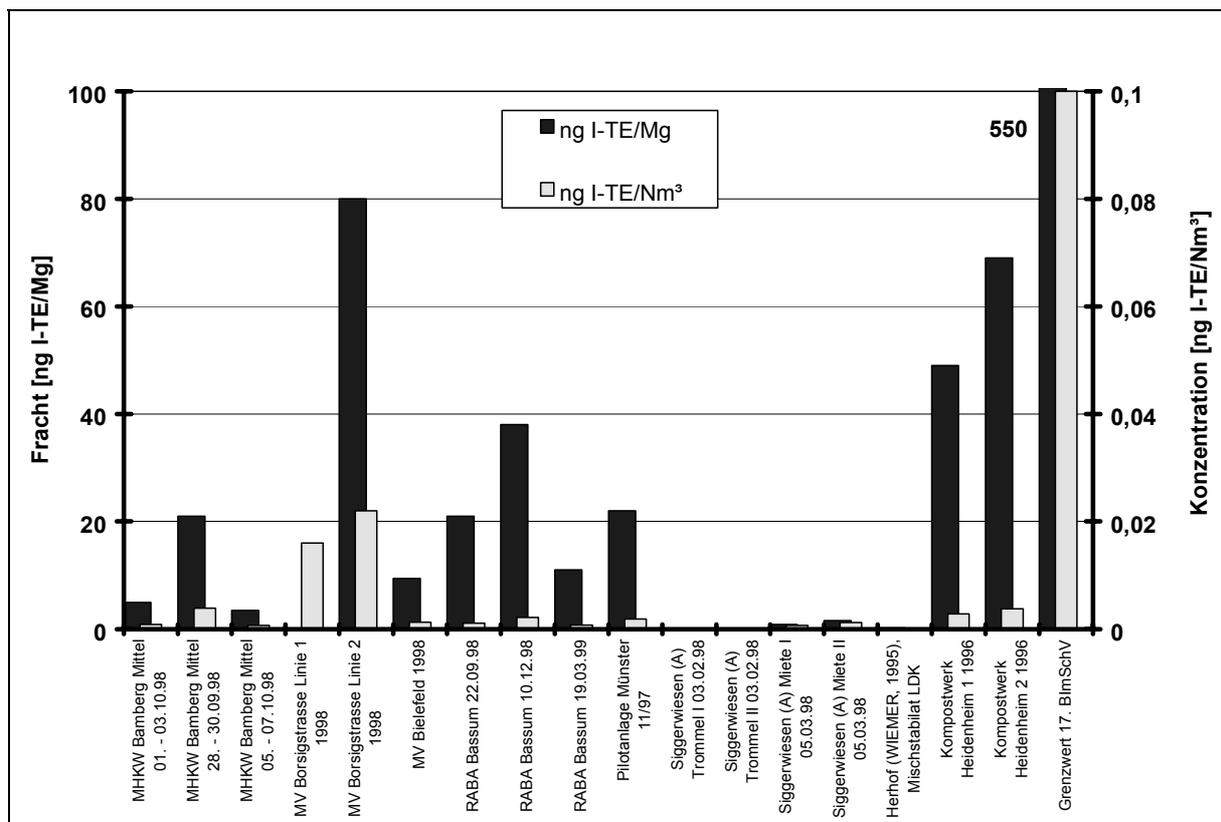


Bild 6: PCDD/F-Emissionen aus verschiedenen Abfallbehandlungsanlagen

Während bei MVA von Abscheidungen um den Faktor 1.000 gesprochen werden kann, entsprechend Wirkungsgraden von 99,9 %, wird bei der Kombination aus Luftwäscher und Bio-

filter bei MBA von Reduktionen der PCDD/F im Bereich von Faktor 3 bis 4 ausgegangen werden müssen, welcher Wirkungsgrade zwischen Roh- und Reingas von etwa 60 bis 75 % widerspiegelt.

Im Rahmen des BMBF-Verbundes kommen FRICKE et al. (1997) bei ihrer Bilanzierung der Rohgasbelastung mit PCDD/F auf min. 0,028 pg I-TE/Nm³ und max. 6,26 pg I-TE/Nm³ während der ersten 14 Tage Intensivrotte. Unter Zugrundelegen von spezifischen Abluftvolumen von 3.000 m³/Mg FS (2 Rottewochen) bzw. 5.000 m³/Mg FS (4 Rottewochen) ergaben sich rechnerische Durchschnittskonzentrationen von 0,47 pg I-TE/Nm³ bzw. 0,28 pg I-TE/Nm³. Bei einer Behandlungsdauer von 10 Wochen wurde eine Durchschnittskonzentration von 0,122 pg I-TE/Nm³ ermittelt. Die PCDD/F-Fracht ergab 1,4 ng I-TEQ/Mg.

Die MBA-Zulufffracht beträgt für PCDD/F zwischen 0,75 und 1,5 ng I-TE/Mg. Die Emissionsfracht liegt somit nur max. Faktor 10 bis 20 über der Zulufffracht.

4.1 FCKW

Die Emissionen an FCKW liegen für R11 und R12 auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Da die FCKW-Emissionen maßgeblich von der Abfallzusammensetzung im Input abhängen, sind deutliche Schwankungen zu erwarten, R11 zwischen Insbesondere R 12 erreicht zum Teil Gehalte von mehreren mg/Nm³ sowohl im Roh- als auch im Reingas (Tab. 3). Dieses führt in einigen Fällen dazu, daß von den analysierten organischen Stoffen das R 12 mit der höchsten Einzelkonzentration im Reingas vertreten ist. Die Datenlage wird durch die Ergebnisse Österreichischer MBA untermauert, die Spitzenwerte für R11 und R12 erreichen sogar 12 und 16 mg/m³ im Rohgas (Tab. 4). Aufgrund der starken Flüchtigkeit der FCKW sind sowohl Annahme- und Aufbereitungsbereiche als auch die beginnenden Heißrottephasen (Rot-trommel) sowie Kurzzeitrotten (Horn) sehr prädestiniert für sog. „Hot Spots“. Aufgrund der Kapselung von R11 in Porenstrukturen von Schäumen kann die Freisetzung im Rotteverlauf länger anhalten). Chlormethan ist bei keiner Messung nachgewiesen worden.

Tab. 3: FCKW-Emissionen aus MBA in Deutschland

Komponente µg/Nm ³	25. Feb 99 Rohgas Bassum	25. Feb 99 Reingas Bassum	13. Aug 96 Rohgas Horn	13. Aug 96 Reingas Horn	2. März 99 Rohgas Friesland	2. März 99 Reingas Friesland
R 11	510	350	175	245	54	49
R 12	3.410	2.630	630	629	761	616
R 21	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
R 22	n.n.	n.n.	20	15	n.n.	n.n.
R 114	400	310	20	24	62	61
Chlormethan	n.n.	n.n.	n.b.	n.b.	n.n.	n.n.
Komponente µg/Nm ³	09. Okt 98 Rohgas Lüneburg	09. Okt 98 Reingas Lüneburg	05. März 99 Rohgas Horn	05. März 99 Reingas Horn	08. März 99 Rohgas Lüneburg	08. März 99 Reingas Lüneburg
R 11	402	179	480	510	940	490
R 12	n.n.	n.n.	5.850	6.080	5.430	2.090
R 21	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
R 22	n.n.	n.n.	235	120	n.n.	n.n.
R 114	n.n.	n.n.	240	300	270	100
Chlormethan	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.n.	n.n.

Tab. 4: FCKW-Emissionen aus MBA in Österreich (ANGERER et al., 1998, 1999A, 1999B)

MBA	Rohgas 1	Rohgas 2
Kufstein	R 11: 390 µg/Nm ³ R 12: 240 µg/Nm ³ R 113: 330 µg/Nm ³ R 114: 210 µg/Nm ³	R 11: 400 µg/Nm ³ R 12: 220 µg/Nm ³ R 113: 330 µg/Nm ³ R 114: 240 µg/Nm ³
Siggerwiesen (Rottetrommel)	R 11: 12.000 µg/Nm ³ R 12: 16.000 µg/Nm ³	R 11: 9.000 µg/Nm ³ R 12: 500 µg/Nm ³
Siggerwiesen (Mietenabluft)	R 11: 300 µg/Nm ³ R 12: 300 µg/Nm ³	Keine Messung
Allerheiligen	R 11: < BG R 12: < BG	Keine Messung

5 ANFORDERUNGEN AN DEN IMMISSIONSSCHUTZ BEI MBA

Genehmigungsinhalte für den Immissionsschutz bei MBA betrafen bis etwa 1998 nur den Aspekt der Geruchsmissionen. Erst bei den MBA-Genehmigungen ab 1999 zeichnet sich ab, dass auch Anforderungen an Schadgasemissionen gestellt werden, z.B. bei zwei Anlagen zur Trockenstabilisierung:

- in Dresden mit den Anforderungen
 - 20 mg gesamt C_{FID}/ Nm³
 - 20 mg NH₃ und 10 mg Staub / Nm³
- und in Borken mit den Anforderungen
 - 80 mg C_{NMVOC}/Nm³ trockenes Abgas, basierend auf der TA Luft (vgl. DOEDENS / CUHLS, 1999)
 - 2,9 kg C_{NMVOC} /h, errechnet aus 300 g C_{NMVOC} / Mg MBA-Input (nach DOEDENS / CUHLS, 1999) und dem Anlagendurchsatz von 85.000 Mg/a bzw. 9,7 Mg/h; bei der gewählten konventionellen Luftmengenbemessung ohne Abluftmanagement würde diese Fracht eine Konzentration von max. 2.900.000 mg/ 120.000 m³/h = 24 mg C_{NMVOC} / m³ zulassen.
 - 20 mg Staub / Nm³.

Für weitere MBA bestehen Auflagenvorbehalte, die Bestandteil der Genehmigung sind. Diese Entwicklung kann auch der Tab. 5 entnommen werden, wobei der Stand der Technik und damit auch die Anforderungen 1999 noch unterschiedlich gesehen wurden bei ges.-C, und zwar sowohl bezüglich der Höhe des Grenzwertes 10 – 80 mg/Nm³ wie auch bei der Nicht-/Einbeziehung des Methans (ges. C_{FID} oder NMVOC als ges. C_{FID} ohne Methan). Die Gleichsetzung des Methans mit anderen organischen Stoffen widerspricht der Systematik der TA Luft und trifft einseitig die biologischen Verfahren, wo entweder aus lokalen Anaerobie-Nestern der aeroben Rotte oder aus Austrägen des Porengases von Gärgut einer vorgeschalteten Anaerobstufe immer mit Methanspuren gerechnet werden muß.

Auch aus anderen Gründen muß die fachliche Legitimation für den Grenzwertvorschlag ges. C des UBA in Frage gestellt werden, z.B.

- warum nur die MBA die schärferen Grenzwerte der MVA bei ges.-C einhalten soll und umgekehrt nicht auch die MVA die deutlich geringeren Emissionswerte der MBA bei nahezu allen anderen Parametern der 17. BImSchV einhalten sollte,
- warum nicht die unterschiedliche Toxizität der C-Emissionen von MBA und MVA bei der Höhe der Grenzwerte Berücksichtigung findet (FRICKE / WALLMANN / MÜLLER, 1999) oder
- warum nicht die Grundbelastung der Zuluft mit ges.-C auf deponienahen MBA-Standorten mit 2 –3 mg C/Nm³ (CUHLS, 1999) vorweg in Abzug gebracht werden kann,

wo diese bei hohen Luftmengen bereits die zugelassene C-Fracht des MBA-Reingases von 55 g/Mg Input vollständig in Anspruch nehmen kann.
Diese Fragen sollen hier jedoch nicht weiter diskutiert werden.

Tab. 5: Anforderungen an die Abluftemissionen von MBA

	organ. Stoffe mg / Nm ³	Methan mg / Nm ³	NH₃ mg / Nm ³	Staub mg / Nm ³
TA Luft 86	Klasse I: ≤ 20 bei ≥ 0,1 kg/h Klasse II: ≤ 100 bei ≥ 2 kg/h Klasse III: ≤ 150 bei ≥ 3 kg/h	ohne	ohne	ohne
BImSchV- Vorentwurf anzei- gebedürftige Anla- gen 2 / 1998	≤ 20 mg ges. C bei ≥ 0,1 kg/h	in ges. C enthalten	ohne	≤ 20 bei ≥ 0,5 kg/h
MBA-Leitfaden MURL NRW, 1998	≤ 100 mg NMVOC bei ≥ 2 kg/h	ohne	ohne	ohne
Erlaß Sächs. Staatsministerium, 1999	≤ 20 mg ges. C bei ≥ 0,1 kg/h	in ges. C enthalten	≤ 20	≤ 10
MBA-Merkblatt Schl.-Holstein, 8/1999	≤ 20 mg NMVOC und ≤ 500 g NMVOC / Mg Input	ohne	ohne	≤ 10 (Tagesmit- tel) ≤ 30 (1/2 h-Mittel)
UBA-Bericht MBA, 7/1999	≤ 55 g ges. C/ Mg Input; Fassung und Abluftbehandlung mind. bis AT ₄ ≤ 20 mg O ₂ / g TS	in ges. C enthalten	ohne	ohne
BWK- Arbeitsgruppe Müll und Abfall 10/99	≤ 80 mg NMVOC als ges. C _{FID} ≤ 300 g NMVOC als ges. C _{FID} / Mg Input; Fassung und Abluftbehandlung mind. während 14 Tagen mit Um- setzen bzw. 4 Wochen ohne Um- setzen	ohne	ohne	≤ 10 (Tagesmit- tel)
BMBF-Verbund MBA CUHLS et al., 1999	≤ 80 mg NMVOC als ges. C _{FID} ≤ 300 g NMVOC als ges. C _{FID} / Mg Input	ohne	ohne	ohne
UBA-Österreich, 1999	≤ 20 mg ges. C	in ges. C enthalten		
29. BImSchV MBA	???	???	???	???

6 ERREICHBARE EMISSIONSMINDERUNG MIT WÄSCHER + BIO-FILTER

Das derzeit erprobte Abluftreinigungsverfahren nach dem Stand der Technik ist für MBA die Kombination Wäscher + Biofilter. Der Wäscher dient hierbei zur Befeuchtung und in geringem Maße zur Staubabscheidung. Der Abbau der Organik und der Geruchsstoffe sowie teilweise eine Oxidation von Ammoniak finden in offenen oder geschlossenen Biofiltern statt mit einer Ableitung des Reingases entweder offen bodennah oder geschlossen, z.T. auch über einen Kamin. Beispiele für die Bandbreite unterschiedlicher Konzeptionen bei MBA, besonders bezüglich der Art und Behandlungsdauer sowie der Auslegung der biologischen Abluftbehandlung enthalten Bild 7 und Tab. 6.

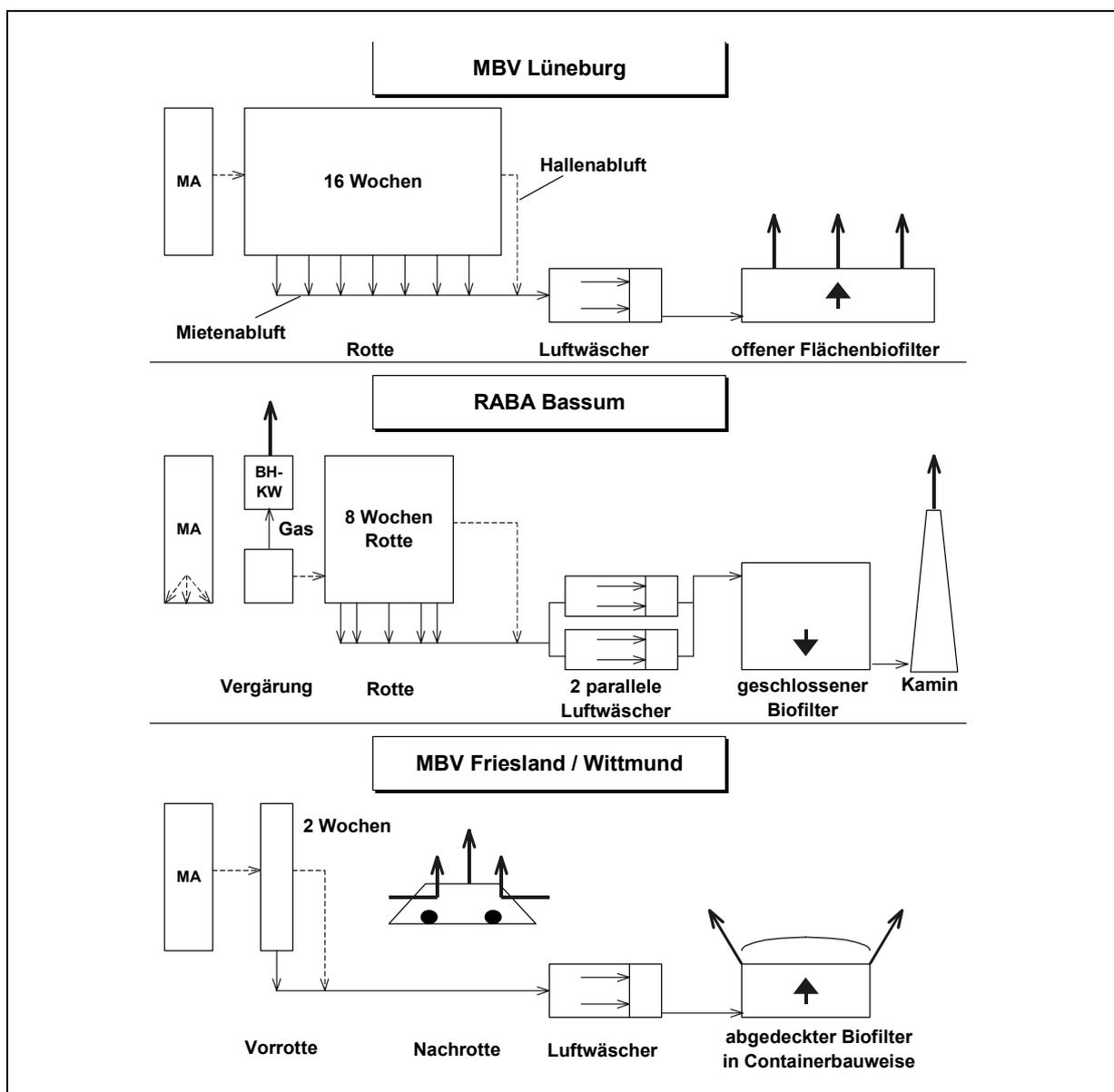


Bild 7: Abluftbehandlung in den 3 niedersächsischen Demonstrationsanlagen

Tab. 6: Aufbau und Verfahrensvarianten der biologischen Abluftreinigung an mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen

Anlage	MBA Wittstock	MBRA Horm	MBV Lüneburg	MBV Wiefels	RABA Bas-sum
Staubabscheidung Befeuchtung	keine	Sprühwäscher	Sprühwäscher	Sprühwäscher	zwei parallele Sprühwäscher
Biofiltersystem	abgedeckter Containerfilter mit Berieselung	Offener Flächenfilter	offener Flächenfilter	abgedeckter Containerfilter mit Berieselung	geschlossener Raumfilter mit Berieselung
Filtermaterial	Fertigkompost aus Grünabfall	Gerissenes Wurzelholz, Rindenmulch	gerissenes Wurzelholz	„Bonfil“ Rindenmulch und Füllkörper	gerissenes Wurzelholz
spezifische Luftmengen (Nm ³ / Mg Input MBA) Bezugsjahr 1998	15.000 bei 4 Wochen Rotte	1.100- 2.000	20.000- 32.000	15.000- 28.000	14.000- 25.000
Volumenbelastung (Auslegungswerte)	∅ 87 m ³ /(m ³ h) max. 160 m ³ /(m ³ h)	< 50 m ³ /(m ³ h)	< 67 m ³ /(m ³ h)	< 260 m ³ /(m ³ h)	< 60 m ³ /(m ³ h)
Flächenbelastung (Auslegungswerte)	∅ 96 m ³ /(m ² h) max. 180 m ³ /(m ² h)	< 70 m ³ /(m ² h)	< 100 m ³ /(m ² h)	< 260 m ³ /(m ² h)	< 190 m ³ /(m ² h)
Durchströmung	↑	↑	↑	↑	↓
Reingasableitung	abgedeckt, bodennah	offen, bodennah	offen, bodennah	abgedeckt, bodennah	gefaßt, über Kamin

Die Abbaugrade der untersuchten MBA – Biofilter liegen nicht wie bei einigen Sonderanwendungen in der Industrie für Einzelsubstanzen bei 80 oder gar > 90 %, sondern im Durchschnitt für NMVOC bei lediglich $\eta_{\text{NMVOC}} = 40$ bis 70 % sowie für Methan nur bei nahe 0%. Wirkungsgrade für Einzelsubstanzen im Abgas von MBA in der Tab. 1 zeigen gute bis sehr gute Werte für MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds; z.B. Aceton, Acetaldehyd, Limonen, Ethanol) und demgegenüber nur mäßige Abbaugrade für schwerer Abbaubare und persistente Verbindungen, wie BTEX und FCKW.

Die teilweise schlechten Abbaugrade für Stickstoffverbindungen sowie Schwefelverbindungen (siehe CUHLS, 1999) mit möglichen Hemmungen des Kohlenstoffabbaus können durch den Einsatz saurer Wäscher anstelle neutraler Wäscher verbessert werden. Nicht nur aus Geruchsgründen sollten die Emissionen von NH₃ möglichst minimiert werden, denn im Biofilter können enge C/N-Verhältnisse der MBA-Abluft zur quantitativen Bildung von NO und N₂O führen. Dem ist nur über eine vorgeschaltete quantitative Ausschleusung des NH₃ zu begegnen (CUHLS, 1999). In zweistufigen sauren Wäschern, die mit Schwefelsäure betrieben werden, ist es möglich, abwasserfrei ein Konzentrat von Ammoniumsulfat zurückzugewinnen. Das gewonnene Produkt kann im Sinne der Kreislaufwirtschaft von der Landwirtschaft als Flüssigdünger eingesetzt werden (HAHNE / VORLOP, 1998).

Bei der Bewertung der derzeit realisierten Biofiltertechnik darf nicht vergessen werden, dass zum Zeitpunkt der Planung und des Baus der Anlagen in den Genehmigungen lediglich einfache Anforderungen auf der Abluftseite an die Reingasqualität über den Parameter Geruch formuliert waren. Eine Dokumentation der Leistungsfähigkeit technisch aufwendigerer Wäscher- und Biofiltersysteme vor dem Hintergrund erhöhter Auflagen an den Immissionsschutz von MBA steht aktuell noch aus.

Auch mit anderen Optimierungen (Biowäschern statt Wasserwäschern) können jedoch die möglichen hohen Anforderungen der UBA-Stellungnahme (55 g ges. C/Mg Input), weder bei der Fracht noch bei der vom UBA indirekt vorausgesetzten Konzentration von 10 mg ges.-C/Nm³ eingehalten werden.

7 KONSEQUENZEN AUS SICHT DES IMMISSIONSSCHUTZES FÜR DIE ZUKÜNFTIGE ANWENDUNG VON MBA

Die Anforderungen der UBA-Stellungnahme zur MBA (UBA, 1999) bzw. die zu erwartenden 29. BImSch-Verordnung würden bei den bisher diskutierten Inhalten folgende Auswirkungen auf die MBA-Technik und die Abluftbehandlung haben:

- Komplett offene Rottesysteme sind nicht mehr genehmigungsfähig. Je nach der gewählten Grenze für die Aktivität $AT_4 \leq 20 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$ oder wie von der BWK-Gruppe (DOE-DENS et al., 1999 b) vorgeschlagen $\leq 40 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$ würde dies eine Kapselung von ca. 6-8 Wochen (UBA) bzw. 2 Wochen mit Umsetzen bzw. 4 Wochen ohne Umsetzen (BWK) bedeuten.
- Bei den MBA mit ausreichender Stabilisierung werden bisher die spezifischen Luftmengen nach pragmatischen Ansätzen (Luftwechselraten pro m³ Hallenraum oder m³ Miete bemessen mit der Folge sehr hoher Luftmengen von 15.000 bis 30.000 m³/Mg MBA-Input. Bezogen auf eine Reingas-Fracht von 55 g ges. C/ Mg Input würden sich daraus maximal zulässige Konzentrationen von 3 bis <2 mg C/Nm³ errechnen, die auch von weitergehenden Verfahren der Abluftreinigung kaum einzuhalten wären.
- Auf jeden Fall ist ein Abluftmanagement zur Reduzierung der spezifischen Abluftvolumina in m³/Mg erforderlich. Als erstes ist eine Trennung in belastete und unbelastete oder schwach bzw. ggf. nur mit Staub belastete Abluft erforderlich. Als nächstes sollte anstelle der Bemessung nach Luftwechselraten eine bedarfsminimierte Bemessung der Luftvolumina nach den Aufgaben der Belüftung erfolgen:
 - **Sauerstoffversorgung** der biologischen Abbauprozesse;
 - **Arbeitsschutz** in Räumen mit Aufenthalt (auch gelegentlichem) von Personal: Einhaltung von MAK-Werten durch Verdünnung (z.B. CO₂-Gehalte $\leq 5000 \text{ ppm}$) bei Umluftbetrieb;
 - **Wärmetransport**, ersatzweise auch durch Kühlung von Umluft zu erreichen;
 - **Feuchteentzug**, besonders bei Anlagen zur Trockenstabilisierung, ersatzweise auch durch Kühlung von Umluft mit Kondensatabscheidung zu erreichen.

Auch mit diesem Abluftmanagement werden sich die spezifischen Abluftmengen nicht auf die von WIEMER (1999) für das Trockenstabilatverfahren genannten 3.000 m³ / Mg senken lassen, weil für die Stabilisierung bei MBA mit nachfolgender Ablagerung wesentlich höhere Luftmengen benötigt werden.

- Mit der Verminderung der Abluftvolumina werden die Schadstoffkonzentrationen ansteigen. Für den Einsatz thermischer Reinigungsverfahren (Regenerative Thermische Oxidation, RTO) ist eine Aufkonzentrierung positiv.
- Anlagen zur Abluftbehandlung sind geschlossen auszuführen einschließlich geschlossener Ableitung über einen Kamin, um definierte Meßmöglichkeiten zu gewährleisten.
- Auch optimierte Biofilter (u.a. mit saurer Wäsche) werden bei MBA allenfalls Konzentrationen von 20 – 40 mg ges.-C /Nm³ bzw. $\leq 10 - 20 \text{ mg C}_{\text{NMVOC}}/\text{Nm}^3$ gewährleisten können, sie sind aber nicht ausreichend für die Einhaltung einer Fracht von $\leq 55 \text{ g ges.-C/ Mg Input}$.
- Falls sich thermische Verfahren, z.B. die RTO, als geeignet herausstellen sollten, kann man für die thermisch behandelte Abluft vermutlich auf Biofilter verzichten. Biofilter könnten jedoch weiter für die kostengünstige Behandlung gering belasteter Abluftteilströme eingesetzt werden.

Die Bewertung unterschiedlicher biologischer Verfahrenstechniken zeigt, dass sich die einstufigen aeroben Verfahren als weniger aussichtsreich bei verschärften Anforderungen darstellen, und zwar die offene Miete wegen nicht faßbarer Emissionen, die eingehausten Tafelmieten wegen hoher Abluftvolumina oder Problemen beim Arbeitsschutz und die Tunnel / Boxen trotz der Vorteile beim Immissionsschutz wegen der zu hohen Kosten für eine lange Behandlungsdauer bis zum Erreichen der Stabilitätskriterien. Günstiger zu bewerten sind demgegenüber zweistufige aerobe Varianten mit einer gekapselten ersten Stufe und einer z.B. überdachten offenen Nachrotte oder Varianten mit Vergärung und nachfolgender zweistufiger aerober Rotte.

Der Immissionsschutz wird daher die verfahrenstechnische Konzeption und auch die Kosten der MBA deutlich beeinflussen. Genauer werden sich diese Einflüsse erst bilanzieren lassen, wenn die Anforderungen konkretisiert und Verfahren bekannt sind, die diese Anforderungen als Stand der Technik einhalten.

8 LITERATUR

CUHLS, C. (1999): Schadstoffbilanzierung und Emissionsminderung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Dissertation am Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Hannover.

CUHLS, C. / DOEDENS, H. / KRUPPA, J. / KOCK, H. / LEVSEN, K. (1999): Bilanzierung von Umweltchemikalien bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung. Vortrag bei BMBF-Ergebnispräsentation 07.-08.09.1999 in Potsdam und veröff. in: Beiträgen der Ergebnispräsentation, herausg. vom BMBF, 1999, S. 43 ff.

DOEDENS, H./ CUHLS, C. (1999 a): Emissionen bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung - Parameter, Meßtechnik und Bewertung. Vortrag bei 11. Kasseler Abfallforum "Biologische Abfallbehandlung", Kassel, 20.-22.04..1999 und veröff. in: Bio- und Restabfallbehandlung III (1999), "Abfallwirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis", Baeza-Verlag, Witzenhausen, S. 427 – 444.

DOEDENS, H./ CUHLS, C./ COLLINS, H.-J. / FRICKE, K (1999 b): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an die mechanisch-biologischen Vorbehandlung (MBV) aufgrund der Emission von Stäuben, anorganischen und organischen Stoffen. Bericht für die BWK-Arbeitsgruppe "Restabfallbehandlung", 1999, auch in Müll und Abfall 10/1999, S. 588 – 595.

DOEDENS, H./ DÜLLMAN/N, H./GRIEßE, A./ KADNER, G. (1998): Integration der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung in ein kommunales Abfallwirtschaftskonzept. Leitfaden des MURL NW, 1998.

FRICKE, K. / WALLMANN, R./MÜLLER, W. (1999): Technische Anforderungen an die mechanisch-biologische Restabfallbehandlung. Vortrag bei BMBF-Ergebnispräsentation 07.-08.08.1999 in Potsdam und veröff. in: Beiträgen der Ergebnispräsentation, herausg. vom BMBF, 1999, S. 85 - 116.

HAHNE, J./VORLOP, K.-D. (1999): Behandlung von Abluft aus Schweinemastanlagen. Entsorgungspraxis, 12/98, Seiten 45 – 49.

LAHL, U. /ZESCHMAR-LAHL, B. et al. (1998): Abluftemissionen aus der bei mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in Österreich. Monographien Band M-104 des Österreichischen Umweltbundesamtes; Bundesmin. für Umwelt, Jugend und Familie, Wien, 1998.

UBA (1999): Bericht zur ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung. Bericht UBA III., 4, Juli 1999, 62 S.

WENGENROTH, K. 1999): Emissionen der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen und deren Minimierung – bei der Trockenstabilisierung am Beispiel Aßlar. "Abfallwirtschaft - Neues aus Forschung und Praxis", Baeza-Verlag, Witzenhausen, S. 483 – 495.

WIEMER, K. (1999): Praxisgerechter Wert – Durch Kreislaufführung kann die mechanisch-biologische Aufbereitung den Standard der Abluft-Emissionsbegrenzung der 17. BImSchV problemlos einhalten. Müllmagazin 4 /1999, S. 41-42.

Photooxidative Reinigung der Abluft aus mechanisch – biologischen Restabfallbehandlungsanlagen.

*Frank Mönkeberg, D. Hesse // Institut für Technische Chemie, Universität Hannover,
Callinstraße 3, D-30167 Hannover*

Photooxidative Reinigung der Abluft aus mechanisch – biologischen Restabfallbehandlungsanlagen.

*Frank Mönkeberg, D. Hesse // Institut für Technische Chemie, Universität Hannover,
Callinstraße 3, D-30167 Hannover*

1 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG DES VORHABENS

Mechanisch – biologische Restabfallbehandlungsanlagen (MBA) haben sich als Alternative zur thermischen Behandlung bei der Entsorgung von Haus- und Gewerbeabfällen etabliert. Stand der Technik bei der Abluftbehandlung an der MBA ist der Biofilter. Aktuelle Untersuchungen zeigen allerdings, daß die Biofiltertechnik die zur Zeit gelten Vorschriften zwar erfüllen kann, aber damit ihre Grenzen bereits erreicht hat (DOEDENS & CUHLS, 1999). Da derzeit eine Verschärfung der gesetzlichen Vorgaben für die Abluft aus MBA diskutiert wird, kann sich ein dringender Handlungsbedarf für die Betreiber von mechanisch - biologischen Restabfallbehandlungsanlagen ergeben. Das Problem der Abluftreinigung verschärft sich zudem deshalb, weil herkömmliche Verfahren zur Abluftreinigung, z.B. die Nachverbrennung, nicht in jedem Fall an solchen Anlagen wirtschaftlich zu betreiben sind.

Ein Grund für die begrenzte Leistung der Biofiltertechnik besteht darin, daß fast stets biologisch schwer abbaubare Verbindungen bzw. schwer wasserlösliche Substanzen in der Abluft enthalten sind (DOEDENS *et.al.*, 1999). Eine Lösung des Problems kann also darin bestehen, die biologische Verfügbarkeit dieser problematischen Verbindungen zu erhöhen. In diesem Projekt wurde deshalb ein Verfahren entwickelt, das aus zwei Schritten besteht. Im ersten Schritt wird über Photooxidationsreaktionen letztlich die Wasserlöslichkeit von kritischen Verbindungen erhöht, die dann im zweiten Schritt, d.h. im Biofilter, zu schadlosen Substanzen umgesetzt werden können.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover und der Fa. Bioclimatic GmbH, Bad Nenndorf, wurden Versuche mit einem solchen Photooxidationsaggregat an der Restabfallbehandlungsanlage (RABA) Bassum, Landkreis Diepholz, durchgeführt, um das so eben beschriebene Konzept anhand eines realen Abgases näher zu prüfen. Dabei erfolge die Abgasanalyse durchweg mittels der Thermodesorptions - GC/MS – Analyse. Zusätzlich wurde der Summenparameter TOC im Abgas mit Hilfe eines FID – Analysengerätes bestimmt. Die dabei erhaltenen Resultate werden im folgenden diskutiert.

Erörtert wird zudem die Frage, ob das Photooxidationsaggregat nicht auch als eigenständige Abluftreinigungsanlage an MBA eingesetzt werden kann.

2 DAS VERFAHREN DER PHOTOOXIDATION

Bei dem benutzten Verfahren der Photooxidation passiert die Abluft zunächst ein Lichtfeld, das mit Quecksilber – Niederdruckstrahlern erzeugt wird. Die UV – Strahler haben Emissionsmaxima bei den Wellenlängen 185 nm und 254 nm. Nach dem Lichtfeld strömt das Gas durch einen plattenförmigen Adsorber, in dem Aktivkohle als Adsorbens verwendet wird. Das den Reaktionskanal verlassene Abgas kann dem Biofilter zugeführt werden (siehe Abb.1).

Die oben genannte Wellenlänge von 254 nm wurde gewählt, weil bekannt ist, daß viele organische Spezies durch Licht dieser Wellenlänge angeregt und damit für die Umsetzung mit Sauerstoff aktiviert werden können. Licht der Wellenlänge 185 nm erzeugt in einer Photore-

aktion aus Luftsauerstoff Ozon, das als Sauerstoffüberträger bei der Partialoxidation auch nicht angeregter organischer Schadstoffe wirkt.

Der dem Reaktionskanal zugeführten Abluft wurde über einen Bypass ein Gasstrom entnommen. Dies wurde in gleicher Weise an dem den Kanal verlassenen Abgasstrom durchgeführt. Die Bypassströme passieren das FID – Meßgerät und ein mit Tenax gefülltes Röhrchen. Die Verwendung des Materials Tenax garantiert auf Grund seiner chemischen Struktur (2,6-Diphenyl-p-phenylenoxid), daß organische Substanzen adsorbiert und aufkonzentriert werden. Über eine anschließende thermische Desorption in einem GC/MS – System werden die Abluftinhaltsstoffe zur Analyse dann wieder freigesetzt (DOEDENS *et.al.*, 1998)

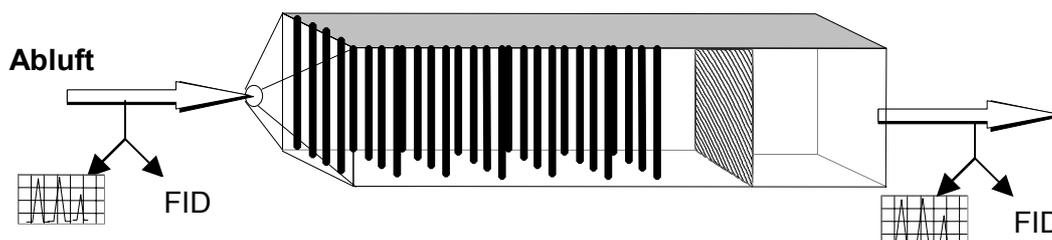


Abb.1 Kanal zum photooxidativen Abbau von organischen Schadstoffen, Volumen der Reaktionszone: 2m³, Lichtleistung 1,6 kW, Adsorbermenge: ca. 100 kg, Betriebstemperatur = Ablufttemperatur

3 ERGEBNISSE DER VERSUCHE AN DER RABA BASSUM

3.1 Versuche 1 und 2; Zeitraum 30.09.1998 – 03.10.1998

Das Photooxidationsaggregat wurde an zwei Stellen innerhalb des Abluftpfades der MBA, bestehend aus Rotte-Luftwäscher-Biofilter-Kamin, betrieben:

Im ersten Fall wurde der Abluft nach dem Biofilter ein Teilstrom von 5000m³/h entnommen und dem Aggregat zugeführt. Es fanden an zwei Stellen, hinter dem Biofilter und nach der photooxidativen Behandlung der Abluft, also hinter dem Aggregat, Probenahmen statt. Diese Proben tragen die Bezeichnung NB (nach Biofilter) und NUV (nach UV-Aggregat)

Im zweiten Fall wurde ein Teilstrom von 5000 m³/h aus der Abluft vor dem Luftwäscher entnommen und zum Aggregat geleitet. Die Proben sind nun mit VW (vor Wäscher) und NUV (nach UV-Aggregat) bezeichnet.

Bereits bei diesen ersten Versuchen wurde beobachtet, daß eine photooxidative Behandlung der Abluft den vermuteten Erfolg bringt, d.h. tatsächlich biologisch schwer abbaubare Stoffe oxidiert werden. Anhand der Ergebnisse aus den GC/MS – Analysen, die auszugsweise in Tabelle 1 aufgeführt sind, läßt sich dies näher begründen.

Tab.1 Ergebnisse der GC/MS – Analysen aus den Versuchen 1 und 2 an der RABA Bassum

Komponente	Versuch 1, 30.09.98		Versuch 2, 02.10.98	
	NB [µg/m ³]	NUV [µg/m ³]	VW [µg/m ³]	NUV [µg/m ³]
Toluol	605	2185	305	3055
Ethylbenzol	435	585	575	1720
m/p-Xylol	1355	510	1765	2370
o-Xylol	420	115	685	560
1,3,5-Trimethylbenzol	195	<BG	130	<BG
1,2,4-Trimethylbenzol	550	<BG	380	<BG
1,2,3-Trimethylbenzol	175	<BG	90	<BG
Styrol	80	<BG	140	25
2-Butanon	80	2750	1385	2730
2-Pentanon	<BG	<BG	115	40
3-Pentanon	20	<BG	55	35
2-Heptanon	30	40	105	20
Acetophenon	45	25	50	60
α-Pinen	785	<BG	1805	240
β-Pinen	610	<BG	550	30
Limonen	685	<BG	2395	<BG
Kampfer	240	<BG	290	<BG
Dimethyldisulfid	270	45	260	80
Formaldehyd	<BG	<BG	<BG	<BG
Acetaldehyd	<BG	170	1200	1400
Aceton	19	4600	4700	6600
Benzaldehyd	<BG	n.a.	150	<BG
Ethylacetat	<BG	<BG	190	49
2-Propanol	<BG	450	38	230
Ethanol	<BG	<BG	2400	1200

<BG: kleiner Bestimmungsgrenze

n.a.: nicht auswertbar

Bestimmungsgrenzen: 20µg/m³; 10µg/m³ für Aldehyde und Ketone; 5µg/m³ für Alkohole

Die in der Abluft nachgewiesenen Substanzen wurden in Tabelle 1 in zwei Klassen eingeteilt. Für die Stoffe in den grau hinterlegten Zeilen wird nach dem Photooxidationsaggregat eine kleinere Konzentration gefunden als vor dem Aggregat. Einige Stoffe können gar nicht mehr in der Abluft der Anlage nachgewiesen werden. Auffallend ist, daß insbesondere die wasserunlöslichen Substanzen der Stoffgruppen der Terpene und der Trimethylbenzole, die im Zulauf zum Aggregat deutlich vorhanden sind, nun in der Abluft des Aggregates völlig fehlen. Diese Stoffe werden folglich gut durch den photooxidativen Prozeß oxidiert. Hierbei ist vor allem die Oxidation von Limonen, α -Pinen und β -Pinen bedeutend, da diese Substanzen zu den Hauptkomponenten in der Abluft aus MBA gehören und im allgemeinen nur wenig durch Biofilter zu entfernen sind.

In den weiß hinterlegten Spalten sind Stoffe aufgeführt, die nach dem Photooxidationsaggregat in höherer Konzentration in der Abluft gefunden werden, die also die Produkte der Photooxidation sind. Dies sind vor allem die oxidierten Kohlenwasserstoffe Aceton, Acetaldehyd, 2-Propanol und 2-Butanon, d.h. die besonders stabilen Zwischenstufen auf dem Weg zur Totaloxidation. Diese durch Partialoxidation entstandenen Verbindungen sind allesamt gut wasserlöslich und werden von Biofiltern gut abgebaut. Nicht sehr überraschend ist die Konzentrationszunahme der stabilen Verbindungen Toluol, Ethylbenzol und der Xylole. Diese Substanzen werden also auch durch die photooxidativen Prozesse im Aggregat gebildet. Toluol und Ethylbenzol sind zwar schwach wasserlöslich (z.B. Wasserlöslichkeit bei 20°C von Toluol 0,5g/l), gehören jedoch nicht zu die Gruppe der Stoffe, die in Biofiltern gut abgebaut werden. Es ist denkbar, daß ihre Entstehung zurückzuführen ist, auf einfache oder mehrfache Abspaltung von Methylgruppen von mehrfach substituierten aromatischen Verbindungen, also z.B. von den Trimethylbenzolen. Aus diesen Resultaten darf man insbesondere schließen, daß die Reaktionsbedingungen im Aggregat die Oxidation der stabilen aromatischen Verbindungen nicht im ausreichendem Maß ermöglichen.

3.2 Versuch 3; Zeitraum 28.06. – 20.08.1999

Auf Grund dieser Erfahrungen wurde in einem dritten Versuch in einem modifizierten UV – Aggregat die Leistung durch Einbau von weiteren Strahlern auf 2,74 kW erhöht. Aus der Leistungserhöhung resultierte ein deutlich geringerer Abstand der Strahler zueinander und damit eine höhere Photonendichte im Lichtfeld. Zudem wurde der Luftdurchsatz auf 2500 m³/h verringert, wodurch sich die Verweilzeit des Gases im Aggregat verdoppelte. Die Abmessungen des Aggregates waren die gleichen wie bei den Versuchen 1 und 2. Das Aggregat wurde nach dem Biofilter betrieben. Dieser dritte Versuch lief über einen Zeitraum von etwa zwei Monate. In regelmäßigen Abständen fanden Probenahmen mit Tenaxröhrchen und FID - Messungen an drei Stellen: vor Luftwäscher (VW), nach Biofilter (NB) und nach dem Photooxidationsaggregat (NUV) statt.

Die Resultate der FID – Messungen sind in Tabelle 2 dokumentiert und in Abbildung 2 graphisch dargestellt.

Tab.2 Ergebnisse der FID – Messungen aus Versuch 3

	1.Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung	5. Messung
VW [ppm]	27	20	25	28	48
NB [ppm]	25	9	24	30	42
NUV [ppm]	19	2	14	21	34

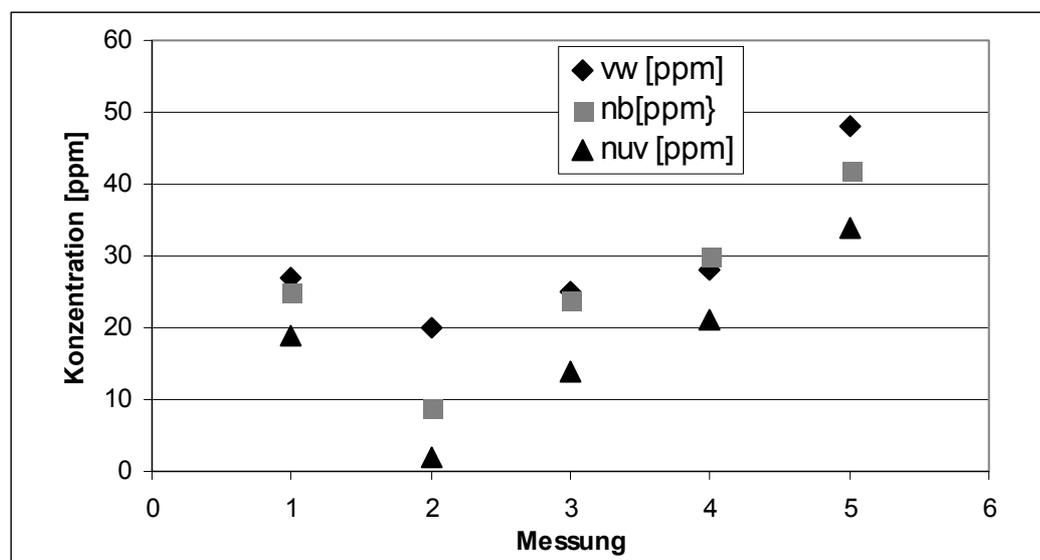


Abb.2 Darstellung der FID – Werte während des dritten Versuches

Man erkennt, daß die Gesamtkohlenstoffkonzentration in der Abluft nach der Rotte zwischen 20 ppm und 48 ppm lag. Die mit dem Biofilter erreichte Minderung dieser TOC - Emission schwankte zwischen 0 und 52 %. Eine weitere Abnahme des TOC in der Abluft konnte durch das Aggregat erreicht werden. Diese Abnahme des TOCs war über den ganzen Zeitraum des Versuchs etwa gleich und beträgt 38,5 % bezogen auf die TOC – Konzentration im Zu-
lauf des Aggregates. Diese konstante Abluftreinigungsleistung belegt, daß das Photooxidationsaggregat über lange Zeit sicher und stabil betrieben werden kann, was mit Biofiltern nur schwer zu erreichen ist.

Die Ergebnisse der GC/MS - Analysen von Proben aus der Abluft der Rotte, der des Biofilters und der des Photooxidationsaggregates sind auszugsweise in Tabelle 3 mitgeteilt.

Tab.3 Ergebnisse der GC/MS – Analysen aus dem dritten Versuch an der RABA Bassum

COMPOUND NAME	VW µg/m ³	NB µg/m ³	NUV µg/m ³
Toluol	476	137	<BG
Ethylbenzol	957	249	<BG
m-/p- Xylol	1812	949	<BG
o-Xylol	1690	967	26
Styrol	415	43	<BG
1,3,5- Trimethylbenzol	210	195	<BG
1,2,4- Trimethylbenzol	874	421	<BG
a-Pinen	5085	1214	<BG
Camphen	510	312	<BG
b-Pinen	2365	580	<BG
Limonen	18494	639	55
Acetaldehyd	14132	8007	9258
Ethanol	1281	n.a.	4066
2-Butanon	2748	59	933
Ethylacetat	5362	n.a.	364

Bestimmungsgrenze: BG=20 µg/m³

n.a.: Peak nicht auswertbar

Die in Tabelle 3 aufgeführten Analysenergebnisse wurden wieder in zwei Gruppen eingeteilt. Die Stoffe in den grau hinterlegten Zeilen werden in der Abluft des Photooxidationsaggregates in deutlich geringerer Konzentration gefunden als im Zulauf, häufig sind sie gar nicht mehr nachzuweisen. Besonders auffallend ist, daß im dritten Versuch auch die aromatischen Verbindungen Toluol, Ethylbenzol und die drei Xylole in der Abluft des Aggregates nicht mehr nachzuweisen waren. Diese Substanzen, die wie oben beschrieben, in den Versuchen 1 und 2 zu den Produkten der Photooxidation gehörten, wurden im dritten Versuch nun auch oxidiert. Durch die Erhöhung der Leistung und der Verweilzeit der Abluft im Aggregat sind die Reaktionsbedingungen also so verbessert worden, daß nun auch diese stabilen Verbindungen aus der Abluft entfernt wurden.

Durch die weiß hinterlegten Zeilen ist die Zunahme der partiell oxidierten, stabilen Zwischenprodukte Acetaldehyd, Ethanol, Ethylacetat und 2-Butanon, die auch in diesem Versuch festzustellen war, hervorgehoben. Das eingangs beschriebenen Konzept, biologisch schwer abbaubare Verbindungen partiell zu oxidieren und damit biologisch leichter verfügbar zu machen, konnte also mit dem Photooxidationsaggregat verwirklicht werden. Es findet eine Zunahme partiell oxidierten organischer Verbindungen nach der Behandlung mit UV-Licht und Ozon und eine erhebliche Abnahme der Verbindungen in der Abluft des Aggregates statt, die

durch Biofilter sonst nur unzureichend aus Abluft zu entfernen sind. Eine kombinierte Abluftreinigung in der Reihenfolge Luftwäscher-Photooxidation-Biofilter läßt, auf Basis dieser Daten und Ergebnisse, eine deutlich geringere Belastung der Abluft aus MBA mit organischen Schadstoffen erwarten, als dies in der Regel nur mit Biofiltern zu erreichen ist.

3.3 Einfluß von Wasserdampf auf die Photooxidation

Der hohe Wassergehalt in der Abluft der MBA ist nach gegenwärtigem Kenntnisstand als unproblematisch für den Betrieb der Photooxidation zu bezeichnen. Die oben beschriebenen Versuche wurden ohne Wasserabscheidung durchgeführt, da es sich herausstellte, daß Wasserdampf eine positive Wirkung auf die Schadstoffoxidation hat. Dieser positive Einfluß beruht darauf, daß Licht der Wellenlänge kleiner 200 nm Wasser in Hydroxylradikale spaltet. Hydroxylradikale haben ein weit höheres Oxidationspotential als Ozon. Eine Erhöhung des Umsatzes von organischen Molekülen im Aggregat ist somit durch Wasserzugabe möglich. Da der Adsorber keine Leistungsminderung trotz des hohen Wassergehaltes der Abluft zeigte, bestand auch keine Notwendigkeit die Abluft zu trocknen.

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das eingangs beschriebene Konzept, durch eine photooxidative Behandlung der MBA – Abluft eine partielle Oxidation von biologisch schwer abbaubaren Verbindungen zu erreichen und sie damit biologisch verfügbar zu machen, konnte an der Restabfallbehandlungsanlage Bassum erfolgreich verwirklicht werden. So konnten insbesondere die für MBA typischen Terpene in der Abluft des Photooxidationsaggregates nicht mehr nachgewiesen werden. Darüber hinaus ist es gelungen, die ebenfalls durch Biofilter kaum abbaubaren Trimethylbenzole mit der Photooxidation aus der Abluft zu entfernen. Durch eine Erhöhung der Lichtleistung und der Verweilzeit der Schadstoffe im Aggregat konnte auch ein Abbau der sehr stabilen aromatischen Verbindungen, wie Toluol, Ethylbenzol, etc., erreicht werden. Als Folge dieser Partialoxidation wurden höhere Konzentrationen von stabilen kurzkettigen Zwischenprodukten, wie Aceton, Ethanol und 2-Butanon in der Abluft des Photooxidationsaggregates nachgewiesen als in seinem Zulauf. Es wird somit in der Zusammensetzung der Abluft, die einem Biofilter zugeführt werden kann, eine Homogenisierung der Abluft erreicht, da davon auszugehen ist, daß auf dem Weg zur Totaloxidation diese stabilen Zwischenprodukte aufkonzentriert werden. Diese wasserlöslichen Verbindungen sind aber allesamt mit Biofilter gut aus der Abluft zu entfernen. Darüber hinaus wurde eine Verringerung der TOC – Konzentration in der Abluft durch das Photooxidationsaggregat um durchschnittlich 38,5 % beobachtet, so daß die Gesamtbelastung des Biofilters mit organischen Kohlenstoff geringer würde. Diese Abnahme des TOC in der Abluft war über einen Zeitraum von zwei Monaten konstant. Das belegt, daß das Photooxidationsaggregat sicher und stabil betrieben werden kann.

Da es unter den bisher gewählten Reaktionsbedingungen möglich war, die organischen Schadstoffe soweit zu oxidieren, daß als Reaktionsprodukte nur noch kurzkettige organische Sauerstoffverbindungen (Ethanol, Aceton) entstehen, liegt es auf der Hand, nach Bedingungen zu suchen, unter denen diese Stoffe total oxidiert werden. Naheliegend ist auf Grund der beschriebenen Resultate die Lichtleistung und/oder die Verweilzeit weiter zu steigern (siehe Abb.3).

ABLUFTERFASSUNG UND -BEHANDLUNG IN EINER MBA AUS DER SICHT EINES ANLAGENBAUERS

Ewald Harrer // M-U-T Ges.m.b.H, Schießstattgasse 49, A-2000 Stockerau

ABLUFTERFASSUNG UND -BEHANDLUNG IN EINER MBA AUS DER SICHT EINES ANLAGENBAUERS

Ewald Harrer // M-U-T Ges.m.b.H, Schießstattgasse 49, A-2000 Stockerau

Im Rahmen der mechanischen und biologischen Restabfallbehandlung sind hinsichtlich Luftmenge, sowie Art und Größe der Belastung stets mehrere sehr unterschiedliche Abluftströme zu erfassen und einer Reinigung zuzuführen.

Die Teilströme stammen aus

- Materialtransport und -manipulation,
- mechanischer Konditionierung,
- biologischer Konditionierung sowie
- klassierenden und
- sortierenden Trennvorgängen,

werden über Hallenentlüftung, punktuelle Absaugungen oder als Prozeßabluft (wie aus Rote, Sortierung im Luftstrom, etc.) erfaßt und entsprechend den Gaszuständen, Mengen und Belastungstypen getrennt und/oder gemeinsam behandelt.

Das Mengenverhältnis der beiden hauptsächlichen Ablufttypen - Abluft aus mechanischer Behandlung und Prozeßabluft aus biologischer Behandlung - und damit das Konzept der Abluftbehandlung, hängt vom verfahrenstechnischen Gesamtkonzept der Anlage ab, das auf Grund der Ergebnisse eingehender Abfalluntersuchungen ausgearbeitet wird/werden sollte. Solche Untersuchungen zur Darstellung von Mengen und Qualitäten aufbereitungstechnischer Fraktionen der Abfälle bzw. der mechanisch und/oder biologisch konditionierten Abfälle sind erfahrungsgemäß in jedem einzelnen Projektfall durchzuführen, insbesondere um die zur biologischen Behandlung vorgesehene Fraktion bezüglich Menge und Qualität optimieren zu können: Immerhin sind die Qualitätsanforderungen für diese Fraktion (mitunter) recht anspruchsvoll - mehr als die Hälfte der organischen Substanz muß biologisch abbaubar sein, der Brennwert sollte unter 11,5 MJ/kg TS liegen. Durchaus allgemein auftretende Unterschiede in der Qualität des Rohabfalles können zu unterschiedlichen verfahrenstechnischen Konzepten von mechanischer Aufbereitung und biologischer Behandlung führen.

Einem bestimmten verfahrenstechnischen Konzept der Restabfallbehandlung entspricht auch eine bestimmte Verteilung von Mengen und Belastungen der einzelnen Abluftstränge. Die verfahrenstechnische Optimierung umfaßt demnach auch zweckmäßigerweise die Abstimmung von Abluftbehandlung und Abluftwirtschaft einer Anlage.

Das verfahrenstechnische Arsenal der Abluftreinigung ist gut sortiert; die betriebstechnische Adaptierung einzelner Verfahren bietet allerdings ein eindrucksvolles Entwicklungspotential, das nur dann sinnvoll ausgenutzt werden kann, wenn über einen längeren Zeitraum - mindestens 5 Jahre - Sicherheit bezüglich der gültigen bzw. zu erwartenden gesetzlichen Rahmen- und Randbedingungen besteht:

Eine unverlässliche Gültigkeitsdauer von Grenzwerten kann die technische Entwicklung hemmen, mitunter können bereits geringe Änderungen von Grenzwerten neue technologische Lösungen erforderlich machen.

Besonders virulent kann dieses Problem bei der Ertüchtigung bestehender Anlagen werden, da einerseits die Anlagenausstattung nicht x-beliebig verändert werden kann, aber andererseits der Bedarf an Ertüchtigung in der mechanischen Aufbereitung (Änderung und/oder Nachrüstung der Vorzerkleinerung, Leistungserhöhung der Siebmaschinen, Installation einer

Hartstoffabtrennung) als auch in der Rotteanlage (erfahrungsgemäß fast immer: Erhöhung der Kühlleistung) und in der Abluftbehandlung steht.

Zum Beispiel werden die der derzeit anlagentechnischen Pragmatik entsprechend eingesetzten Biofilter häufig betroffen: neue prozeßtechnische Gegebenheiten im Rotteprozeß erfordern unter Umständen besondere Maßnahmen der Abluftkonditionierung und/oder der Zumischung schwach belasteter Abluftströme vor oder nach dem Biofilter. Auch die Verwertbarkeit ausgetauschten Filtermaterials und ähnliche Fragen sollten in der Planungsphase einer Anlagenertüchtigung bereits sicher beurteilt und einkalkuliert werden können.

Am Verfahrens- und Anlagenkonzept für eine MBA-neu mit den primären Behandlungszielen der Gewinnung heizwertreicher Materialien und Deponiegut, welches einen Brennwert von 6 MJ/kg TS unterschreitet, sollen die beschriebenen Aufgabenstellungen und Fragen konkreter erläutert und dargestellt werden.

Der Mengenfluß und die Abfolge der Behandlungsstufen sind in Abb. 1 dargestellt.

Die Verarbeitungsmengen - 40.000 Mg Restabfälle aus der getrennten Sammlung und 2.000 Mg entwässerter Klärschlamm - wurden vom potentiellen Konsenswerber für den Standort als zukünftig aufbringbar eingeschätzt.

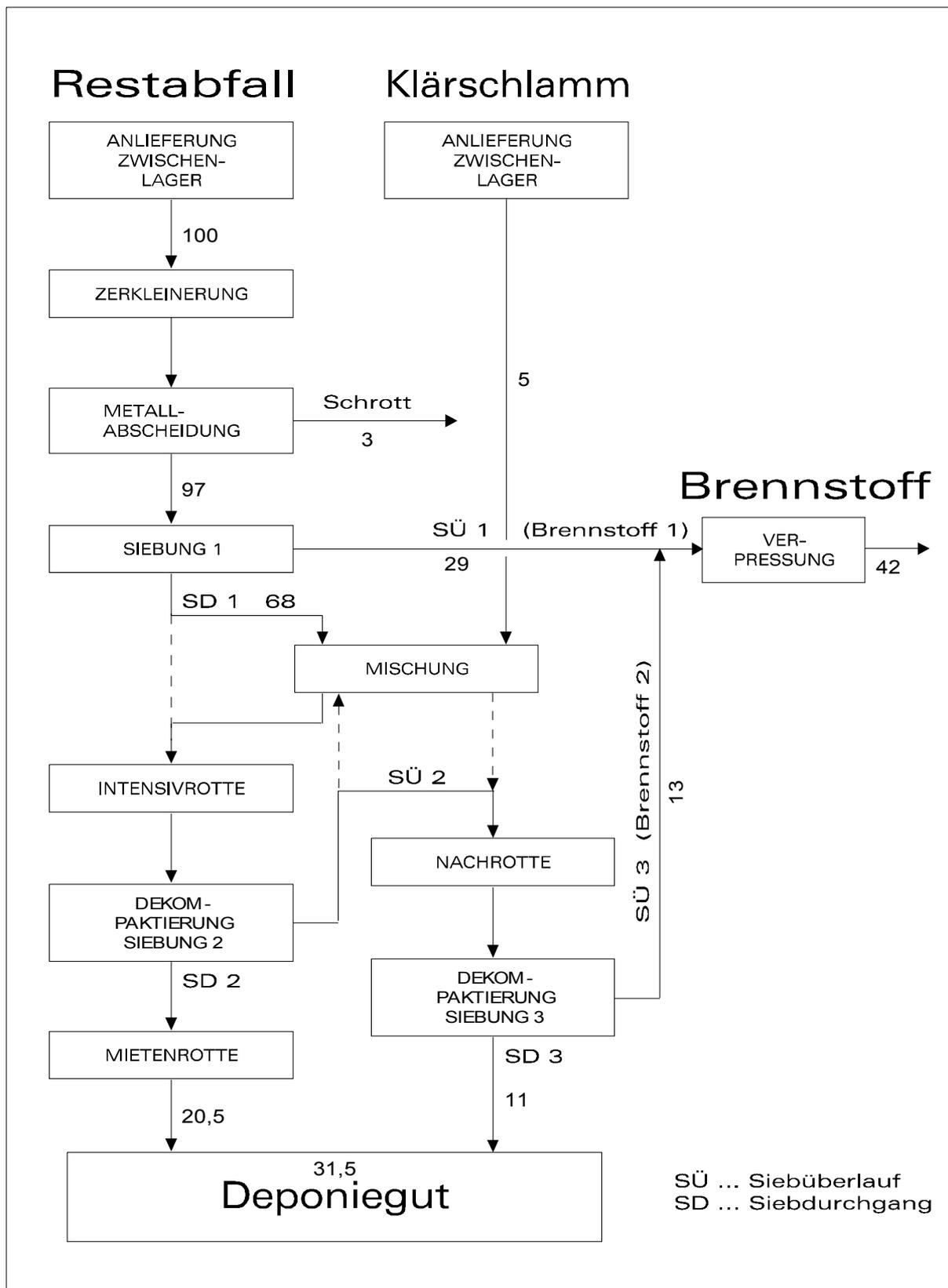


Abb. 1: Mengenfluß und Behandlungsstufen (Feuchtmasse %)

Zur Konzipierung der mechanischen Aufbereitungs- und Rotteanlage wurde im Feber 1998 eine Restabfalluntersuchung in Auftrag gegeben und durchgeführt. Damit konnte einerseits eine Abschätzung der Mengen und Qualitäten gewinnbarer Abfallfraktionen und die Verteilung von Eigenschaften, wie z.B. Feuchte, Aschegehalt, Stickstoffkonzentration, Brennwert, etc., andererseits die Abschätzung über Art, Anzahl und Reihenfolge der erforderlichen mechanischen Aufbereitungsschritte vorgenommen werden.

Abb. 2 zeigt die Verteilung des GV, Abb. 3 die Verteilung des Brennwertes über die Siebfractionen. In Tab. 1 ist das Ergebnis der chemischen Untersuchungen der Siebfractionen und der Restabfallprobe zusammengefaßt.

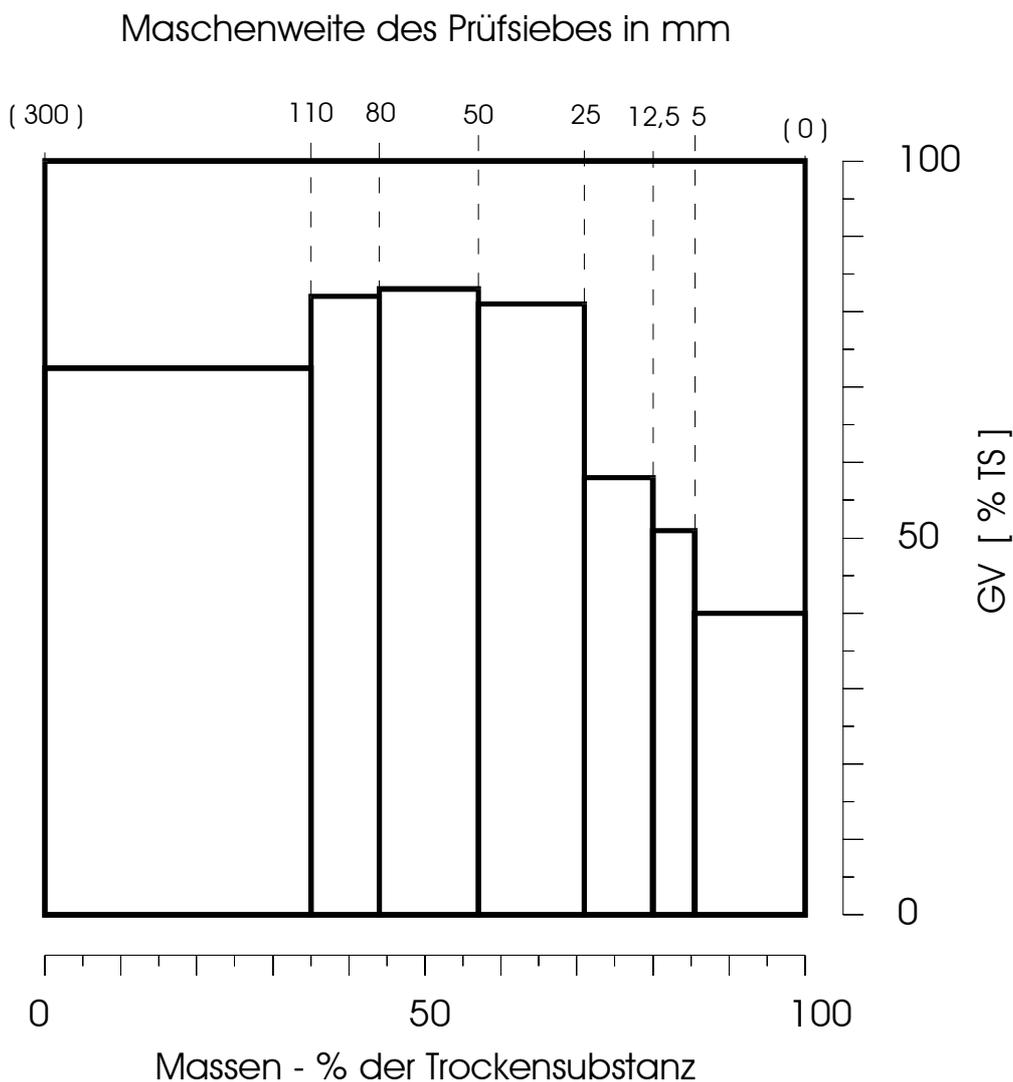


Abb. 2: Glühverlust der Kornfraktionen (GV bei 550° C)

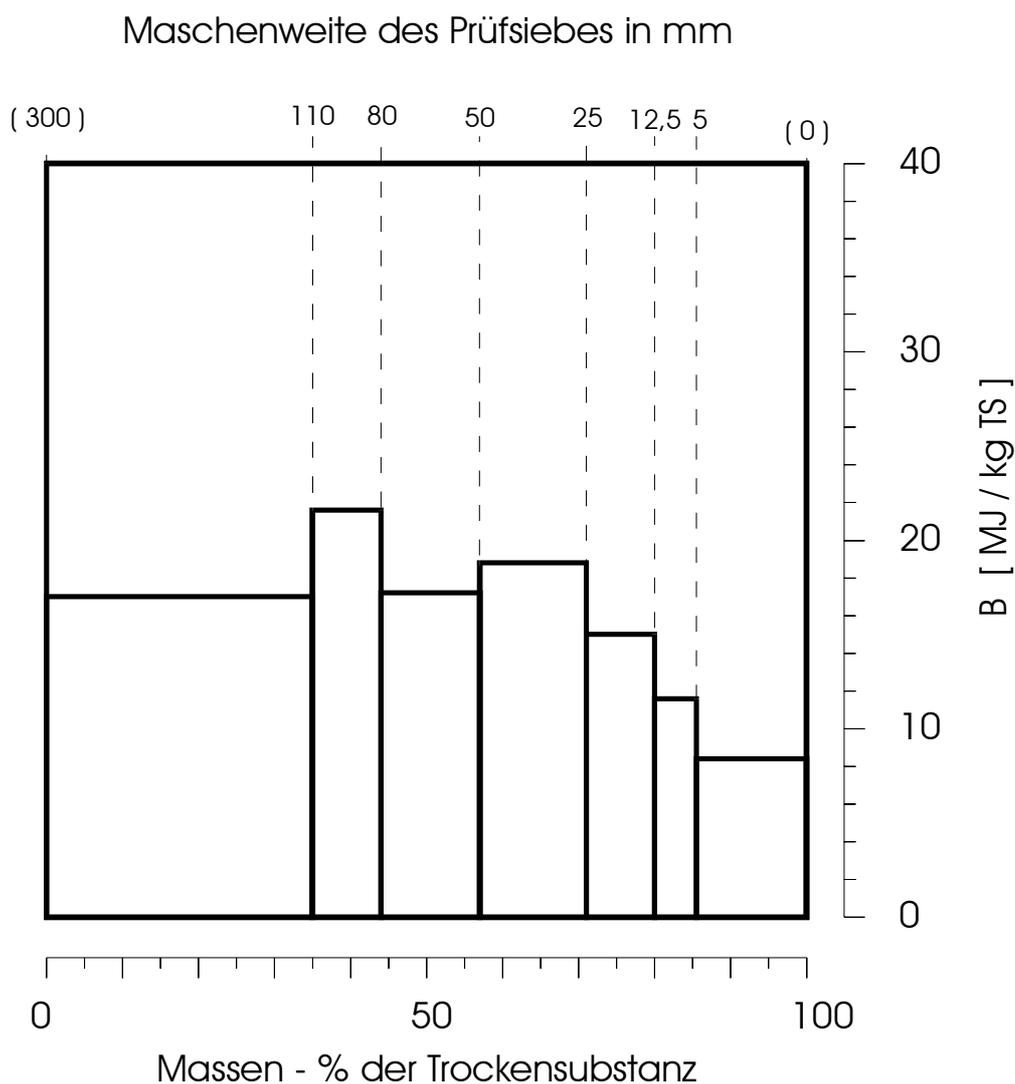


Abb. 3: Brennwert der Kornfraktionen, bezogen auf die wasserfreie Substanz

Tab. 1: Ergebnisse der chemischen Untersuchungen der Siebfractionen und der Restabfallprobe

Untersuchungsparameter	Einheit	> 110	80 - 110	50 - 80	25 - 50	12,5 - 25	5 - 12,5	< 5	Restabfall
Wassergehalt	% FM	20,9	33,5	30,5	32,6	37,2	32,2	32,9	31,9
GV 550° C	% TS	73,3	81,6	82,0	80,8	59,2	50,8	40,0	-
TOC	% TS	38,2	43,4	40,1	49,8	35,1	28,1	19,9	-
Gesamtstickstoff	% TS	0,78	0,88	0,59	1,19	1,22	0,89	0,82	-
Wasserstoff	% TS	5,3	6,0	5,5	5,8	4,0	3,3	2,4	-
Brennwert Ho	MJ/kg TS	16,68	21,73	17,46	19,25	15,18	11,78	8,17	-

Die Grafik in Abb. 2 zeigt, daß im Grobkorn > 25 mm der GV gleichmäßig verteilt ist, während im Feinkorn < 25 mm der Anteil der organischen Substanz mit der Korngröße spürbar abnimmt.

Der Brennwert der TS ist ähnlich verteilt wie der GV (Abb. 3) mit einer deutlichen Differenzierung in den Feinkornfraktionen und einer homogeneren Verteilung im Grobkorn.

Aus der Sortieranalyse des Grobkornes ist weiters ersichtlich, daß mit zunehmender Korngröße im Grobkorn der Anteil an Papier und Pappe zunimmt, während der Anteil brennwertreicher Materialien, wie Kunststoffe, Leder, Gummi auffällig kleiner wird.

Der Stickstoffgehalt weist im Kornband 12,5 - 50 mm ein deutliches Maximum von 1,2 % TS auf. Dies läßt auf eine höhere Konzentration biogenen Materials schließen. Damit ist es zweckmäßig, das Kornband bis 50 mm in die Rotte einzuschließen.

In den Fraktionen 0 - 25 mm stellen Hart- und Schwerstoffe mit 13,5 % der gesamten Restabfall-TS eine nicht zu übersehende wichtige Fraktion aus aufbereitungstechnischer Sicht dar. Der Glühverlust dieser Fraktion liegt zwischen 17 - 21 % der TS. Der Brennwert der Hartstoffe müßte damit unter 6 MJ/kg TS betragen.

Mit diesen Untersuchungsergebnissen sind für das verfahrenstechnische Konzept der MBA folgende wichtige Randbedingungen abzuleiten:

Es ist notwendig und möglich durch einen selektiven mechanischen Aufschluß Materialeigenschaften bestimmter Stoffgruppen in aufbereitungstechnisch günstigere Kornbänder zu verschieben.

Die brennwertarmen Stoffgruppen, die zu einem beachtlichen Teil biologisch abbaubar sind, wie biogene Materialien, Papier und Pappe sowie Hartstoffe im Grobkorn > 25 mm sind im Feinkorn < 25 mm anzureichern, die brennwertreichen Fraktionen, wie Kunststoffe, Gummi, etc. im Grobkorn.

1. Der mechanische Aufschluß des gesamten Restabfalls erfolgt durch selektive Zerkleinerung in einer Prallmühle mit verstellbaren Mahlwerkzeugen zur Beschränkung der Korngröße und einer Materialkonditionierung zur Zuordnung von Eigenschaften und Korngrößen und ermöglicht es
 - in der Grobfraction günstige Brennstoffqualitäten (Brennwerte > 30 MJ/kg TS) anzureichern (durch Zerkleinerung aschereicher Hartstoffe sowie brennwertärmerer - Papier und Pappe - und feuchter organischer Materialien) und
 - in der Feinfraction rottefähige Stoffgruppen, wie biogenes Material, cellulosereiche Fraktionen und feuchte Materialien zu konzentrieren.
2. Durch die selektive Zerkleinerung werden die Hartstoffe fast ausschließlich im Kornband < 25 mm angereichert und können mit einem luftunterstützten ballistischen Abscheider abgetrennt werden. Die Frage ob diese Fraktion der Kompostrohfraktion vorzeitig- vor der Intensivrotte - entzogen werden sollte ist dahingehend zu lösen, daß mit einem stufenweisen Anlagenausbau nach Vorliegen der realen Betriebsdaten über eine notwendige Nachrüstung kurzfristig befunden werden kann.
3. Zur Nutzung des Sortiereffektes von Siebmaschinen werden für alle Siebstufen Trommelsiebe eingesetzt.

Durch diese Ausstattung der mechanischen Aufbereitung ist nach derzeitigem Kenntnisstand der Restabfallzusammensetzung sichergestellt, daß auch verrottbares Material mit ausreichender Feuchte und niedrigem Brennwert (< 11,5 MJ/kg TS) zur Rotte kommt.

Aufgabe der biologischen Behandlungsstufe ist es nun, den Brennwert der Kompostrohfraktion (Siebdurchgang der Siebstufe 1 - Sieblochung 50 mm) unter den vorgeschriebenen Grenzwert von 6 MJ/kg TS abzusenken.

Für die gegenständliche Anlagengröße von ca. 46 Mg TS/d_k in der Kompostrohfraktion und unter Berücksichtigung des TS-Verlustes während der Rotte würde diese Forderung bedeu-

ten, daß in Summe min. 3,4 MW für die Intensiv- und Nachrotte an Kühlleistung bereitzustellen sind.

Um einerseits den Bedarf an Kühlleistung zu reduzieren und andererseits eine optimale Anpassung des Ablufterfassungs- und Abluftreinigungskonzeptes an Hallenvolumina, Luftwechselzahlen, etc. zu ermöglichen, wurde im vorliegenden Projektbeispiel eine „Hybridlösung“ ausgearbeitet. Dabei wird eine zweite Brennstofffraktion mit etwas minderer Qualität nach der Nachrotte gewonnen (Siebstufe 3 - Sieblochung 12 - 15 mm), um primär zerkleinerte Formplastikteile abzutrennen. Tab. 2 zeigt die Erwartungswerte der Eigenschaften der beiden Brennstofffraktionen.

Tab. 2: Erwartungswerte der Brennstoffeigenschaften

Parameter	Einheit	Brennstofffraktion 1 = Siebüberlauf 1	Brennstofffraktion 2 = Siebüberlauf 3
Wassergehalt	kg H ₂ O/kg TS	0,4 - 0,43	> 0,6
Glühverlust 550° C	kg GV/kg TS	0,77	0,6
Brennwert der OTS	MJ/ kg GV	26	24 - 26
TOC	kg /kg GV	0,5 - 0,53	0,53 - 0,58
Wasserstoffgehalt	kg/kg GV	0,070- 0,074	0,065 - 0,070
Stickstoffgehalt	kg/kg GV	0,007 - 0,011	ca. 0,020

Zur quantitativen Entlastung der Nachrotte wird bereits nach der Intensivrotte eine brennwertarme Feinfraktion abgezogen (Siebstufe 2 - Sieblochung 8 mm) und auf einer Mietenrotte nachbehandelt.

Bei der Hybridlösung werden in der Intensiv- und Nachrotte insgesamt rd. 1,6 MW (47 %) an Kühlleistung benötigt.

Der Klärschlamm kann wahlweise entweder vor der Intensivrotte der Kompostrohfraktion oder vor der Nachrotte Frischkompost zugegeben werden.

Um den hohen Leistungsanforderungen, die an die biologische Behandlung gestellt werden, Rechnung zu tragen, werden beide Rotteabschnitte - Intensiv- und Nachrotte - mit einer maschinellen, zwangsbelüfteten Rottetechnik System M-U-T Kyberferm ausgestattet.

Die offenen, transportablen Rottebehälter zur Aufnahme des Rottegutes bzw. Frischkompostes werden mittels Portalkrananlage(n) in geschlossenen, klimatisierten Hallen auf die vorgesehenen Standplätze abgestellt und damit an das Belüftungssystem angeschlossen. Die Belüftung erfolgt intermittierend im Saugbetrieb. Das automatisierte Nachbefeuchtungssystem ist an die Krananlage gekoppelt.

Die Beschickung und Entleerung der Rottebehälter mit Aufzeichnung der Ein- und Austragsgewichte erfolgt außerhalb der Rottehallen in einer gekapselten Station.

Zur Prozeßsteuerung werden die Abluftmenge und die Zustände der Roh- und Abluft in bestimmten Zeitintervallen erfaßt. Daraus wird die freigesetzte Prozeßwärme ermittelt und der Verlust an organischer Substanz und der Wasserverlust des Rottegutes berechnet. Durch Bilanzierung der eingesetzten Daten für das Rottegut - Gesamtmasse, Wassermenge und Menge an organischer Substanz unter Hinzurechnung der gebildeten Prozeßwassermenge werden die aktuellen Daten des Rottegutes ermittelt. Der Prozeßrechner führt nach vorgegebenen Zeitabständen einen Soll/Istvergleich durch, verändert bei Bedarf die Belüftungsintensität und legt die Nachfeuchtmenge fest.

Gleichzeitig wird die effektive Prozeßtemperatur überprüft. Das Niveau der effektiven Prozeßtemperaturen in Intensiv- und Nachrotte wird in erster Linie von den verlangten Prozeßzielen - maximale Abbauleistung, Trocknung, Stabilisierung - bestimmt.

Die wichtigsten Anlagedaten der beiden Rotteabschnitte sind in Tab. 3 zusammengefaßt.

Tab. 3: Anlagendaten der biologischen Behandlung
(40.000 Mg Restabfall/a + 2.000 Mg Klärschlamm/a)

Parameter	Einheit	Intensivrotte	Nachrotte
Abfalldurchsatz	Mg/h	4,8	4,8
Rottedauer	d _K	21	28
Kühlleistung	MW	1,22	0,35
Prozeßtemperatur	° C	42	36
Luftbedarf	m ³ /h	33.000	14.000
Nachfeuchtung (ca.)	Mg/d _K	35 ¹⁾	10
belegte Rottefläche	m ²	1.100	700
Hallenfläche	m ²	2.800	3.000
Anzahl Rottebehälter	Stk.	120	120
Behältervolumen	m ³	20	20

¹⁾ Korrektur der Rottefeuchte während der Intensivrotte

Für die Emissionskontrolle bietet sich auf Grund des gewählten Verfahrenskonzeptes für die mechanische und biologische Restabfallkonditionierung einer „Hybridanlage“, der erforderlichen Abluftmengen und zu erwartenden unterschiedlichen Belastungen aus den einzelnen Behandlungsstufen der MBA, ein spezielles Luftführungs- und –behandlungs-konzept an. Das Schema und die für den Jahresdurchschnitt geltenden Mengenströme, Temperaturniveaus und relativen Luftfeuchten sind in Abb. 4 dargestellt.

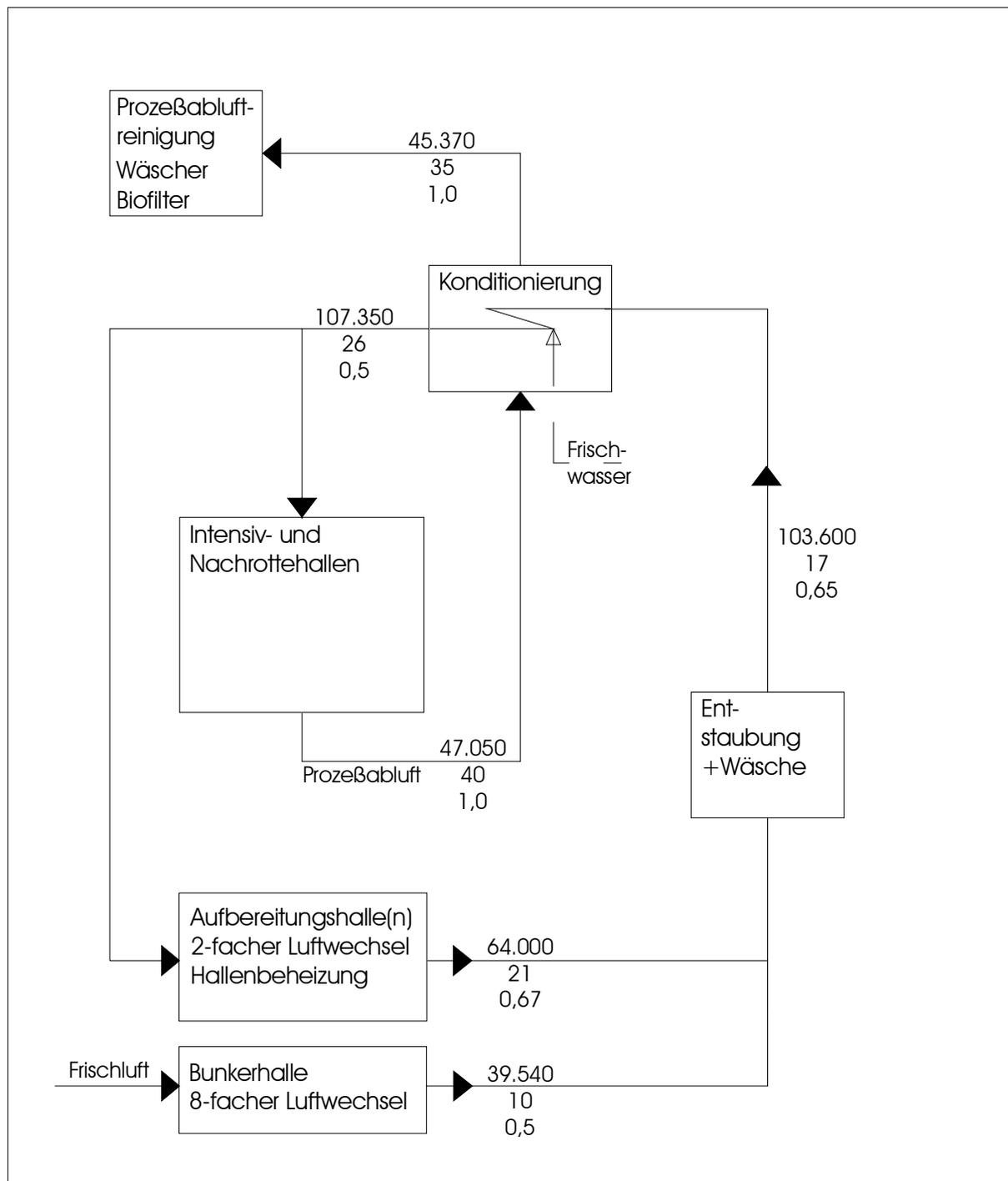


Abb. 4: Ablufterfassungs- und Behandlungskonzept – Jahresdurchschnittswerte der Volumina (m³/h), Temperaturen (° C) und relative Feuchten

So werden die organisch niedrig belasteten Abluftströme aus den Bereichen der Abfallnahme und -zwischenlagerung (Bunkerhalle mit 8-fachem Luftwechsel pro Stunde) und mechanischen Konditionierung (Aufbereitungshalle mit 2-fachem Luftwechsel pro Stunde) inklusive der separat gekapselten Einheiten, wie der Vorzerkleinerung, der automatischen Rottebehälterbeschickungs- und -entleerungsstation und den diversen punktuellen Abluftabsaugungen der Transporteinrichtungen und Aufbereitungsmaschinen, gemeinsam über eine Entstaubungs- und nachgeschaltete Wäscherstufe geführt und gereinigt. Diese so gereinigte Abluft dient einer Konditionierungsanlage als Rohluft.

Aufgabe der Rohluftkonditionierungsanlage ist es einerseits die Abluft aus der Intensiv- und Nachrotte soweit abzukühlen, um die Funktion der Abluftreinigungsstufen, insbesondere des Biofilters, sicherzustellen und andererseits konditionierte, erwärmte Rohluft mit gewählter Luftfeuchte ($T = 26^\circ \text{C}$, $\varphi = 0,5$, im Zulässigkeitsbereich für Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte) den beiden Rottehallen und der Aufbereitungsanlage zur Verfügung zu stellen. Damit können erhebliche Energiekosten für die Hallenbeheizung während der Wintermonate eingespart werden.

Die mit organischen Stoffen belastete Abluft aus der Intensiv- und Nachrotte wird gemeinsam behandelt und gereinigt. Die Erfassung als Mischabluft bewirkt, daß es durch einen Konzentrationsausgleich zwischen C-reicher Intensivrotteabluft und N-reicher Nachrotteabluft zu einem günstigeren Nährstoffangebot und zu geringeren N-Freisetzungen im Biofilter kommt. Zur Abluftreinigung wird derzeit in Anlehnung an die gehandhabte technische Pragmatik eine Abluftwäsche in Kombination mit einem Biofilter vorgeschlagen.

Die erforderliche Abluftkühlung erfolgt wie bereits angeführt in der Rohluftkonditionierungsanlage. Der Wäscher, ausgeführt als Füllkörperkolonne mit Nebelabscheidung dient einerseits zur Sättigung der Filterrohluft, andererseits zur Auswaschung flüchtiger Stoffe (im Waschwasser lösliche Stoffe wie Ammoniak und organische Säuren).

Der Wasserkreislauf des Wäschers wird mit den Kondensaten - des Belüftungssystems aus den Kondensatabscheidern der einzelnen Belüftungsstränge zu den Rottebehältern, den Abluftsammeleleitungen, den Wärmetauschern der Rohluftkonditionierungsanlage und der Luftverteilung des Biofilters - beschickt. Enthaltene Feststoffe werden in einem Absetzbecken mechanisch abgetrennt. Bedarfsweise kann der Wäscher auch als chemischer Wäscher betrieben werden.

Das nachgeschaltete Biofilter wird als niedrig belastetes Festbettfilter mit Leerrohrgeschwindigkeiten $< 50 \text{ m/h}$ bemessen, um Konzentrationsspitzen leichter abpuffern zu können. Für die durchschnittlich zu erwartende Abluftmenge von ca. $47.000 \text{ m}^3/\text{h}$ als Mischabluft der Intensiv- und Nachrotte ist eine Filterfläche von ca. 970 m^2 notwendig.

Ob als offenes oder geschlossenes Biofilter mit einer Filterreinluftableitung über einen Kamin ausgeführt, wird von den gesetzlich zu erwartenden Vorgaben abhängen.

Bei einem Anlagenkonzept ohne Reduzierung der notwendigen Kühlleistung durch Abtrennung brennwertreicher Materialien nach der Rotte, wäre für gegenständlich betrachtete Anlagenkapazität eine Filterfläche von über 2.000 m^2 erforderlich.

Zieht man einerseits die Kosten für einen Filtermaterialwechsel dieser Größenordnung, der unter Umständen einmal pro Jahr anstehen kann, andererseits die fehlende Garantie aufgebrauchtes Filtermaterial auch zukünftig als Kompost verwerten zu können, näher in ein betriebswirtschaftliches Kalkül, so sind durchaus auch andere, wenn in der Errichtung zumeist teurere Abluftbehandlungsstufen zukünftig in Betracht zu ziehen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Anforderung der Deponieverordnung mit der Brennwertunterschreitung für Deponiegut von 6 MJ/kg TS durch richtige Auswahl der Anlagentechnik für die mechanische und biologische Konditionierung des Restabfalls in einer MBA-neu durchaus erfüllt werden kann, allerdings mit einem respektablen Entwicklungspotential verfahrenstechnischer Komponenten der mechanischen Aufbereitung, des Rottebetriebs sowie der Abluftbehandlung. Eine sinnvolle Nutzung dieses Entwicklungspotentials

setzt voraus, daß die gesetzlichen Randbedingungen für erforderliche Entwicklungen über einen entsprechenden Zeitraum erhalten oder zumindest erwartbar bleiben.
Auch für bestehende Altanlagen aus der Mischmüllära sind bei entsprechender Leistungsüberprüfung ihrer installierten Anlagentechnik und der Gewähr für länger haltbare gesetzliche Anforderungen durchaus wirtschaftliche Adaptierungskonzepte anbietbar.

ANFORDERUNGEN AN DIE ABLUFTERFASSUNG UND REINIGUNG

Gerhard PILZ // Firma Linde-KCA-Dresden GmbH – Büro Linz, Lunzerstraße 64, A-4010 Linz

ANFORDERUNGEN AN DIE ABLUFTERFASSUNG UND REINIGUNG

Gerhard PILZ // Firma Linde-KCA-Dresden GmbH – Büro Linz, Lunzerstraße 64, A-4010 Linz

1 EINLEITUNG

Mit weltweit mehr als 33.000 Mitarbeitern zählt Linde auf den vier Arbeitsgebieten Anlagenbau, Fördertechnik, Kältetechnik und Technische Gase zu den international führenden Herstellern. Eine Position, die der Konzern durch die Verknüpfung traditioneller Werte mit modernsten Ansprüchen erreicht hat. Seit über 100 Jahren ist die hohe Qualität der Produkte sowie die Zufriedenheit der Kunden ebenso Maßstab der Tätigkeit wie die kontinuierliche Optimierung der Angebotspalette nach höchsten technologischen Erfordernissen.

Die Linde-KCA-Dresden GmbH, eine hundertprozentige Tochter des Linde Konzerns, ist durch die Übernahme der Technologien und Referenzanlagen der Produktparte „Mechanisch-Biologische Abfallsysteme“ der - damals noch zur VA TECH gehörenden - Austrian Energy and Environment in Linz im Jahre 1998 zu einem führenden Unternehmen auf dem Gebiet der mechanischen und biologischen Abfallbehandlung geworden.

Der Bereich Umwelttechnik von Linde-KCA ist am Hauptsitz in Dresden und an den Standorten München und Linz bzw. mit der Schwesterfirma Linde BRV auch in Bôle in der Schweiz bzw. mit einem Büro in Dobritz in Deutschland tätig.

Die Breite an eigenentwickelten und erfolgreich eingesetzten Verfahren und Technologien zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung ist in der Branche führend und bildet die Voraussetzung für die zukünftig komplexen und stets projektspezifischen Problemlösungen. Über 20 Jahre Erfahrung in Planung, Errichtung, Inbetriebnahme und langfristiger Betreuung von mittlerweile über 60 Referenzanlagen gewährleistet die Wirtschaftlichkeit und die Betriebssicherheit der von uns realisierten Anlagen zur Abfallbehandlung.

Wir planen und realisieren diese Anlagen für folgende Abfälle

- Bioabfälle aus getrennter Sammlung, Garten- und Grünabfälle
- Speise- und Marktabfälle, biogene Gewerbe- und Industrieabfälle
- Restmüll, gemischter Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle
- Klärschlamm und Gülle

Auf dem Gebiet der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung reichen die Erfahrungen ebenfalls über 20 Jahre zurück. Bereits Ende der 70er Jahre wurden die Technologien zur automatischen, gesteuerten Kompostierung von Hausmüll entwickelt. Die Behandlung von Restmüll steht somit für eine bekannte Technologie mit zahlreichen Referenzanlagen, jedoch sind die zukünftigen Anforderungen in Hinblick auf die Kriterien der Deponieverordnung in Österreich oder die derzeit diskutierten Schutzbestimmungen nach der deutschen TA Siedlungsabfall keinesfalls Stand der Technik.

Im Mittelpunkt dieser neuen Anforderungen stehen die Emissionen und insbesondere die gasförmigen, flüchtigen organischen und anorganischen Stoffe, die an den verschiedensten Stellen einer solchen Anlage emittiert werden können. In Eigenverantwortung wurden von Linde in den letzten Jahren Messungen durchgeführt, um eine Standortbestimmung der eigenen Technologien für die laufende Diskussion zu erhalten.

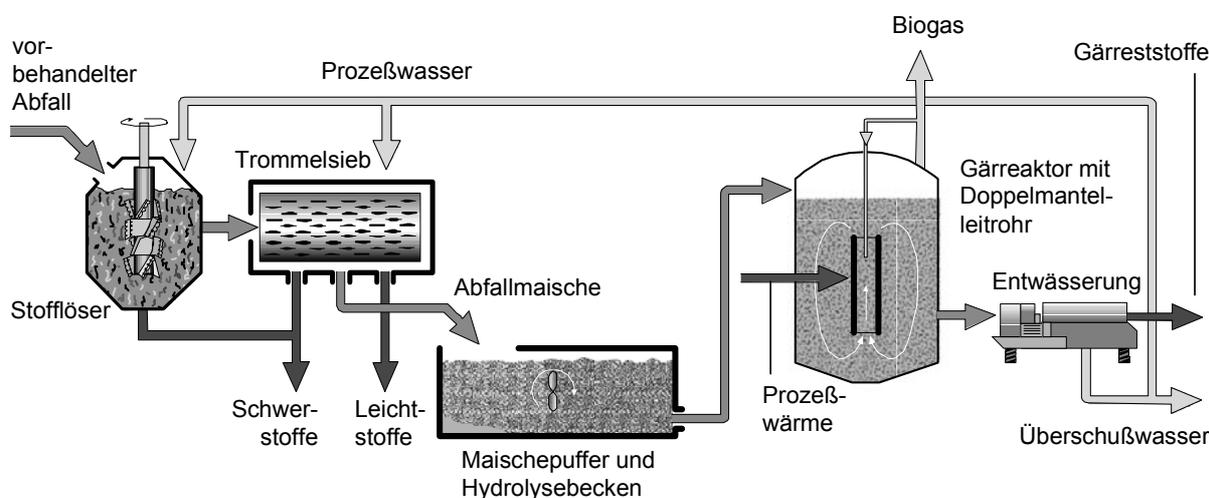
Grundsätzlich steht Linde als führende Anlagenbaufirma den Herausforderungen positiv gegenüber, die technischen Lösungen müssen jedoch wirtschaftlich bleiben. Daher liegt eine vorrangige Forderung an die weitere Entwicklung unserer Technologien in einer massiven Reduktion der Abluftmengen vor der notwendigen Abluftbehandlung.

2 BEWÄHRTE TECHNOLOGIEN UND VERFAHREN

2.1 Anaerobe Abfallbehandlung

Moderne Technologien und Verfahren wie zum Beispiel die ein- oder mehrstufige Nassvergärung (Abb.1), welche Input-abhängig entweder thermophil oder mesophil betrieben werden kann, oder die Trockenvergärung (Abb. 2), welche insbesondere zur Behandlung von feststoffreichen Abfällen aus Hausmüll geeignet ist, ermöglichen eine fast vollständige Vermeidung von Abluft aus dem biologischen Prozess, lediglich die Quellen aus dem Bereich Anlieferung/Aufbereitung und Entwässerung/Nachbehandlung sind zu erfassen.

Nassvergärung



LINDE-KCA-DRESDEN GMBH

1
KKK-W / VIII / 8_6_FO.PPT / 997

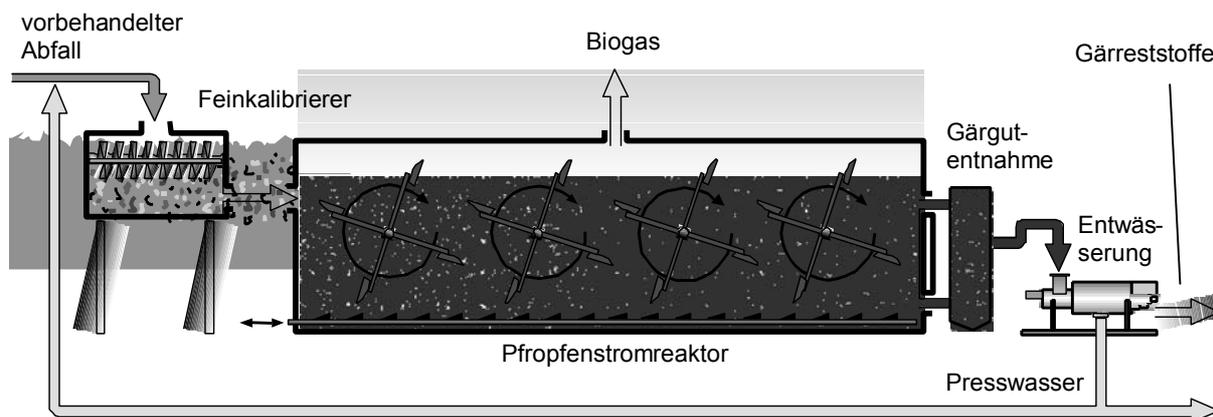
Abb. 1 Verfahrensschema Nassvergärung

Prozesstechnisch können sowohl die Nassvergärung als auch die Trockenvergärung jeweils entsprechende Vorteile erzielen. Bei der Nassvergärung wird nach einer klassischen trocken-mechanischen Vorbehandlung die biologisch behandelbare Fraktion aus dem Restmüll einer weitergehenden nassen Aufbereitung unterzogen, wobei konsequent sowohl weitere Leichtstoffe – heizwertreiche Fraktion – als auch Schwerstoffe abgeschieden werden. Diese

inerten Abfallbestandteile sind häufig Ursache für betriebliche Störungen, sodaß eine Abscheidung wichtig für die Betriebssicherheit und eine Reduzierung des Verschleißes der Pumpen und Rohrleitungen in der Anlage ist. Eine gemeinsame weitere Verarbeitung in der Nachbehandlung der Gärreste ist jedoch unproblematisch.

Die trockene Vergärung wiederum verzichtet auf die aufwendigen Verfahrensschritte nach der klassisch trocken-mechanischen Vorbehandlung. Bei dieser Technologie wird die biologisch behandelbare Fraktion aus dem Restmüll nach einer Nachzerkleinerung mit Korngrößenbegrenzung direkt in den Reaktor beschickt, sodaß eine nachträgliche Abscheidung der noch verfügbaren heizwertreichen Anteile erfolgen muss.

LINDE BRV Trockenvergärung



LINDE-KCA-DRESDENGBH

KKK-W / VIII / 8_5_FO.PPT / 997¹

Abb. 2 Verfahrensschema Trockenvergärung

Die Umweltverträglichkeit ist bei beiden Verfahren von gleich hoher Qualität. Die Abluft aus dem Anliefer- und Aufbereitungsbereich und der Entwässerung kann entweder direkt gereinigt werden oder als Zuluft für ein geschlossenes Nachrottesystem verwendet werden.

Besonders wichtig aber ist, daß diese Abluftmengen sowohl quantitativ wesentlich geringer als auch von der Belastung her gesehen deutlich reduziert sind. Eine moderne, aber durchaus konventionelle biologische Abluftbehandlung mit einer Kombination von Wäscher/Biofilter erfüllt in Deutschland diskutierte Grenzwerte.

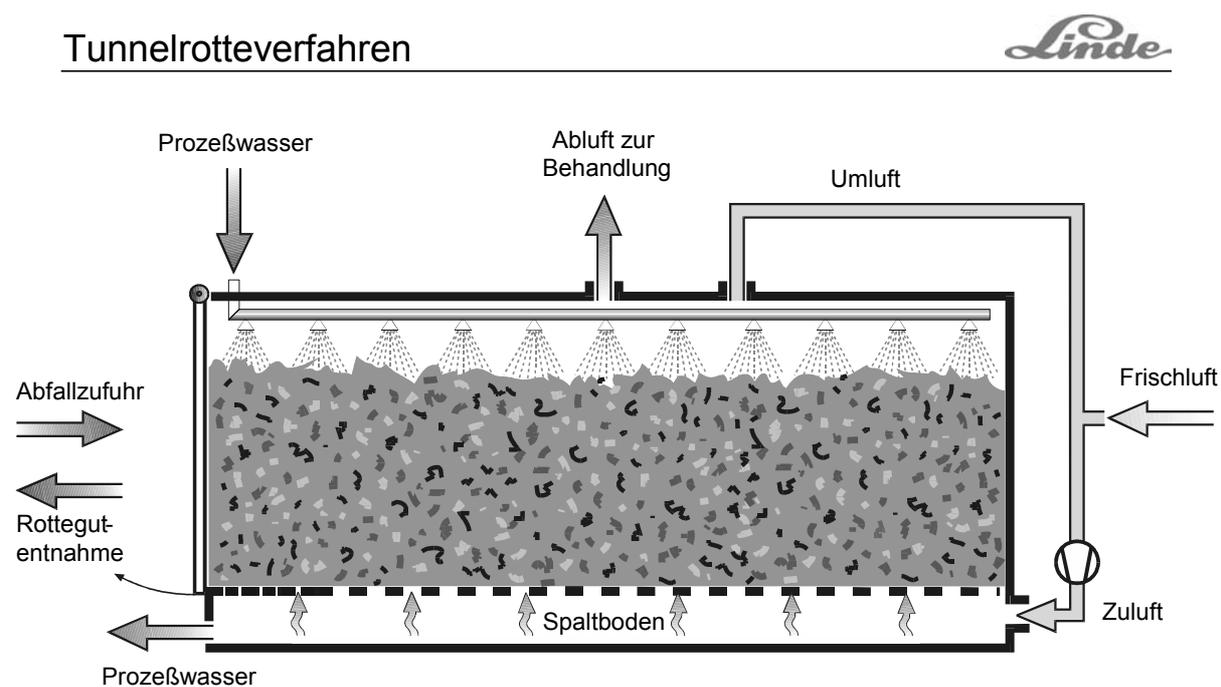
Die hohen Belastungen aus dem biologischen Prozess sind bei diesen Technologien in den hohen Biogasausbeuten erfasst. Diese Verfahren sind daher, sowohl was die Reinigung an sich als auch die Energiegewinnung anbelangt, als konventionelle Verfahren zu betrachten.

Neben der hohen Umweltverträglichkeit ist auch der Gewinn von alternativer Energie aus Biomasse wichtig für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen.

2.2 Aerobe Abfallbehandlung

Jedoch auch die konventionellen aeroben Technologien können derart angewendet werden, daß sowohl die Standards für Stabilität der Rotteprodukte als auch die Kriterien für die Emissionen in den derzeit diskutierten Grenzwertbereichen liegen. Insbesondere bei der Adaptierung der bestehenden Anlagen zur Hausmüllkompostierung kommt dieser Möglichkeit große Bedeutung zu. Unter der Zielsetzung der Reduktion der Abluftmengen sind jedoch die aeroben den anaeroben Verfahren deutlich im Nachteil.

Am effizientesten lassen sich die geschlossenen und automatisch ablaufenden Tunnelreaktoren (Abb. 3) an diese Anforderungen heranführen, weil es möglich ist den biologischen Prozess weitestgehend im Umluftbetrieb zu fahren und an die Grenzen der Sauerstoffausnutzung heranzugehen. Der Energieüberschuss in Form von fühlbarer Wärme muss in diesem Fall jedoch künstlich über ein Wärmetauschersystem ausgeschleust werden.



LINDE-KCA-DRESDENGBH

KKK-W / VIII / 8_2_FO.PPT / 994 ¹

Abb. 3 Verfahrensschema Tunnelrotte

Die Beschickung und Entleerung der Tunnel kann grundsätzlich sowohl maschinell als auch im Einfachverfahren mittels Radlader erfolgen. Für Restmüll wird jedoch vorzugsweise eine automatische Beschickung mittels Förderbändern vorgesehen und die Entleerung mit einem

Schubbodensystem ausgeführt, die Fördertechnik entsprechend gekapselt und an das Abluffterfassungssystem angeschlossen.

Die Abluftbehandlung wird, gemäß den derzeit in Deutschland diskutierten Grenzwerten, zumindest eine biologische Wäsche und einen Hochleistungs-Biofilter mit Kamin beinhalten, wobei der Kamin in erster Linie als Messpunkt für die homogene Abluft gefordert wird. Die Erhöhung des Quellpunktes durch einen Kamin ist standortspezifisch zu betrachten. Höchste Anforderungen in Hinblick auf Abluftmengen als auch Abluftreinigung entfallen auf die Tafelmietenverfahren (Abb. 4), wobei die Verfahrensführung mit Saugbelüftung noch eine gezielte Erfassung der belasteten Abluft zulässt, jedoch ist eine Umluftführung nicht mehr realisierbar. Daher fallen bei dieser Verfahrenstechnik vergleichsweise die höchsten prozessbedingten Abluftmengen an. Die wirtschaftlichen Auswirkungen durch die Kosten einer hochwertigen Abluftbehandlung werden bei dieser Technik, die als statische Miete mit oder ohne automatischer Umsetzer im Einsatz ist, besonders zu beachten sein.

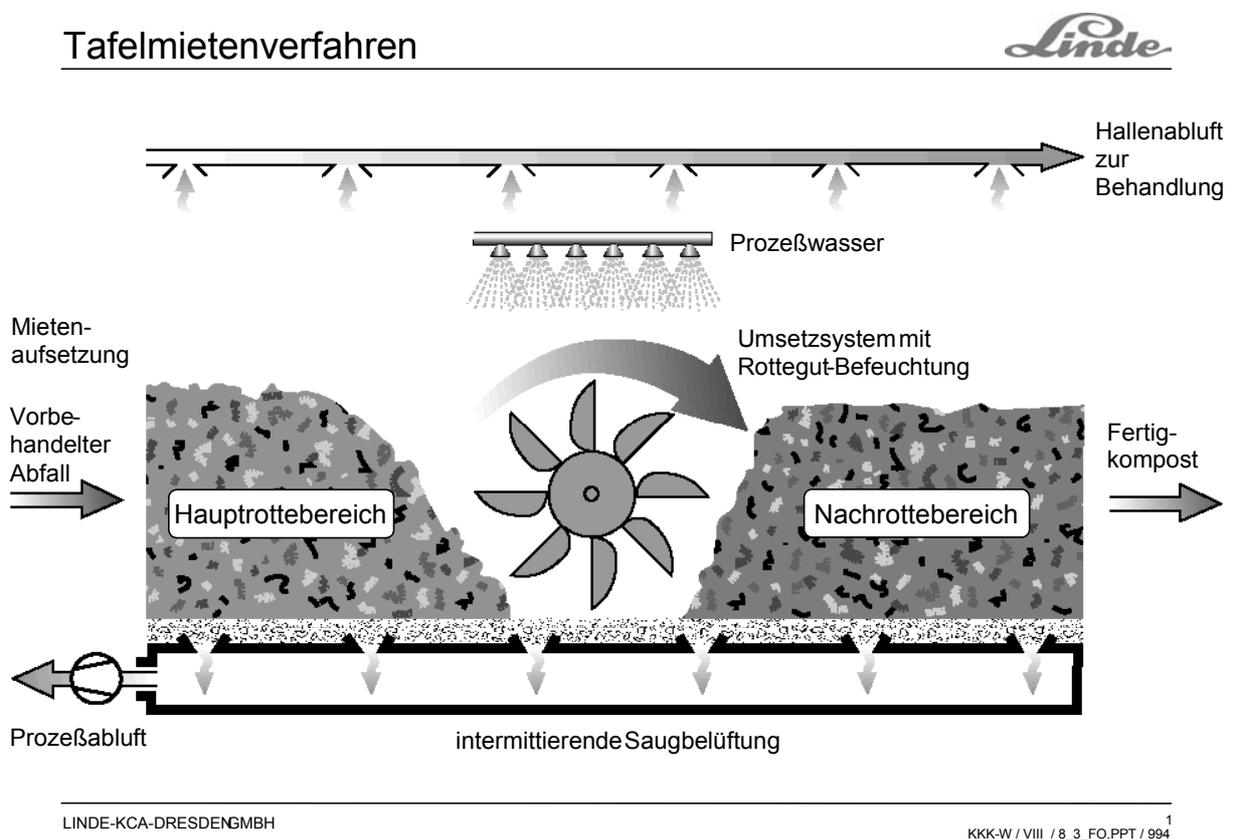


Abb. 4 Verfahrensschema Tafelmietenverfahren

Bei dieser Anlagentechnik ist aber auch unbedingt zu berücksichtigen, daß mechanische Ausrüstung in der Rottehalle ständig der korrosiven Atmosphäre ausgesetzt ist und, daß regelmäßige Wartungsarbeiten vom Personal im Rottebereich ausgeführt werden müssen. Obwohl die Halle mit mehrfachen Luftwechselraten belüftet werden kann, sind auch dabei ökonomische Grenzen bald erreicht.

Aus wirtschaftlichen Überlegungen wurde auch bereits eine kombinierte Anlage mit Umsetzgerät zur Behandlung von Bioabfällen und einer Nachrotte für Restmüll (Abb. 5) realisiert. Die Intensivrotte für den Restmüll findet in einer eigenen gekapselten Halle statt. Die Rottebetten, die Wassertechnik und die Erfassung der Prozessluft sind strikt getrennt, jedoch wird die Abluft aus der Halle mit Umsetzgerät gemeinsam mit der Prozessluft über Sprühbefeuchter und Flächenbiofilter gereinigt.

Bio - und Restabfallbehandlungsanlage



■ **Auftraggeber**
Zemka GmbH
■ **Standort**
Zell am See/ Österreich

■ **Verfahren**
Tafelmietenkompostierung mit Wendegerät

■ **Kapazität**
Bioabfall 6 000 t/a
Restabfall 24 000 t/a
Klärschlamm 5 000 t/a

■ **Inbetriebnahme** 1996

LINDE-KCA-DRESDENGBH

Büro Linz/ Zell_01/28.5.99

Abb. 5 Kombinierte Behandlung von Bioabfall und Restmüll

Bioabfallbehandlungsanlage zur Nachrotte von Gärresten



- **Auftraggeber**
BAV, Aufbereitung biogener Abfälle GmbH & Co. KG
- **Planer** ITU München
- **Standort**
Engelskirchen / Deutschland
- **Verfahren** Tunnelrotte
- **Kapazität** ca. 19 000 t/a
- **Leistungsumfang**
Engineering und Lieferung einer schlüsselfertigen Teilanlage zur Aufbereitung und Nachrotte der Gärreste sowie zur Abluftbehandlung
- **Inbetriebnahme** 1998

LINDE-KCA-DRESDEN GMBH

KKK-W / VIII / 8_R13_FO.PPT / 994¹

Abb. 6 Nachrotte von Gärresten

Ein Kombination von aeroben Verfahren mit anaerober Vorbehandlung ist durchaus sinnvoll für die unmittelbar an die Entwässerung anschließende Rottephase, damit die noch übermäßig vorhandenen NH₃-Emissionen entsprechend erfasst und einer gezielten Reinigung mittels Säurewäscher unterzogen werden.

Für eine derartige Kombination kommt jedoch aus vorher aufgezeigten Überlegungen vorzugsweise die Tunnelrotte (Abb. 6) zum Einsatz, wobei die Zuluft zu den Tunnelreaktoren aus der Anlieferung/Aufbereitung und Entwässerung gespeist werden kann. Solche Nachbehandlungssysteme haben sich sowohl für Gärreste aus trockenen als auch nassen Vergärungsverfahren bereits bestens bewährt.

3 NEUE TECHNOLOGIEN ZUR ABLUFTREINIGUNG

Im Genehmigungsprozedere sind in Deutschland bereits deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Bundesländern offensichtlich. Am weitesten fortgeschritten in der Rechtsverbindlichkeit mit Anforderung zu Begrenzung von Emissionen ist der Freistaat Sachsen mit einem Erlass vom Juni 1999, welcher unter anderem einen Emissionsgrenzwert für organische Stoffe, angegeben als Gesamtkohlenstoff, von 20 mg/m³ festsetzt.

Im Bundesland Nordrhein-Westfalen werden die Anforderungen an mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen in einem Leitfaden des zuständigen Umweltministeriums

konkretisiert. Das Ministerium hat jedoch bereits in einem Erlass 1998 ausgeführt, daß einzelne Kapitel die Grundlage für Genehmigungen darstellen. Das Bundesland Thüringen dagegen hat für die Emissionsbegrenzungen lediglich die Regelungen der TA Luft festgesetzt.

In Österreich werden Grenzwerte derzeit diskutiert, jedoch gibt es weder verbindliche Aussagen noch gibt es dazu Erfahrungswerte über Technologien der Abluftbehandlung zur Erreichung dieser Werte.

Andererseits mangelt es nicht an Alternativen zur konventionellen Abluftreinigung mit Luftbefeuchter und Flächenbiofilter. Der Markt bringt bereits zahlreiche Anbieter auf den Plan, wobei die Vielzahl der angepriesenen Techniken einerseits aufzeigt, daß die Anforderungen noch nicht konkretisiert sind bzw. andererseits die Verbindlichkeit der Einhaltung von Garantien noch nicht entsprechend abschreckt.

Tatsächlich praktische Erfahrungen mit einigermaßen überschaubaren Laufzeiten von mehr als einem Jahr gibt es nur über Kombinationen von Biowäschern mit nachgeschaltetem Biofilter, wobei die Einhaltung der Grenzwerte vom Freistaat Sachsen nicht möglich ist.

Erwartet wird, daß die thermischen Verfahren, wie die thermisch-regenerative Nachverbrennung die hohen Anforderungen erfüllt, praktische Erfahrungen über eine entsprechend lange Periode gibt es allerdings nicht. Unangenehme Überraschungen über neue Erscheinungen, etwa Geruchsbelästigung ist nicht auszuschließen.

Grundsätzlich liegt aus der Sicht des Anlagenbaues in der Rechtsunsicherheit bei der behördlichen Vorschreibung und der Abnahme von Grenzwerten die größte existenzielle Gefahr. Solange keine verbindlichen Grenzwerte und dazu verbindliche Messvorschriften genannt werden, kann auch nicht zielstrebig an optimierten Lösungen gearbeitet werden. Solange keine Langzeiterfahrungen mit neuen Technologien vorliegen kann aber nicht vom Stand der Technik gesprochen werden. Ohne Stand der Technik aber auch keine Garantien in Verträgen.

Seriöse Anbieter werden entweder Garantien ausschließen oder zur Risikoabwehr derart überdimensionieren, wobei die Wirtschaftlichkeit der mechanisch-biologischen Behandlung entsprechend leidet.

Aus der Sicht des Anlagenbaues ist dieses Thema nur wissenschaftlich und ingenieurmäßig erfolgreich zu bewältigen. Jede vorschnelle Festschreibung von einem neuen Stand der Technik kann erfahrungsgemäß sowohl den Anlagenbauer als auch den Betreiber von mechanisch-biologischen Anlagen zur Abfallbehandlung vor unlösbare Probleme stellen.

Ein schrittweise Verwirklichung ist zweckmäßig, beginnend beispielsweise mit der Errichtung einer Datenbank über Messdaten an bereits laufenden Anlagen, nachfolgend könnte diese eine seriöse Grundlage sein für die Festlegung von Schutzbestimmungen und zukünftigen Grenzwerten. Zwischenzeitlich sollten auch Anlagen genehmigt werden, die Verfahren einsetzen, welche die Prozessluftmengen nachweislich reduzieren und für eine spätere Nachrüstung von zusätzlicher Abluftreinigung bereits geplant sind.

Die berechnete Forderung nach wirkungsvollen Technologien zur Abluftreinigung darf nämlich nur unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit von Aufwand und Wirkung betrachtet werden und es muss auch hier gelten:

Besser ein Ende mit Schrecken als Schrecken ohne Ende.

MBA Abluft – Ideologienstreit oder technisches Problem

R. A. Mergler // Lurgi Entsorgung GmbH, Berliner Straße 93, D- 40880 Ratingen

MBA Abluft – Ideologienstreit oder technisches Problem

R. A. Mergler // Lurgi Entsorgung GmbH, Berliner Straße 93, D- 40880 Ratingen

1 HINTERGRUND

Das Umweltbundesamt (UBA) hat in seinem Bericht Anforderungen an die mechanisch-biologische-Abfallbehandlung (MBA) formuliert. Ziel ist dabei u.a. die genehmigungsrechtliche Gleichbehandlung von thermischen und sogenannten kalten Verfahren, wie der MBA. Gleichzeitig wird die Technische Anleitung Siedlungsabfälle (TASi) überarbeitet, um Regelungen der Europäischen Deponierichtlinie aufzunehmen. Des weiteren soll der neue Text auch Basis für die Behandlung von Abfällen in mechanisch-biologischen Anlagen schaffen. Dieses Novellierungsvorhaben stellte das Bundesumweltministerium (BMU) Ende August 1999 in Berlin vor.

2 SITUATION

Im Rahmen der Pressekonferenz zur Vorstellung der Eckpunkte für die Zukunft der Siedlungsabfallentsorgung wurde klargestellt:

Das BMU will mit der Kreislaufwirtschaft ernst machen. Bis 2020 sollen alle Siedlungsabfälle einer vollständigen umweltverträglichen Verwertung zugeführt und damit Deponien überflüssig gemacht werden.

Derzeit fallen in Deutschland jährlich rund 30 Millionen Tonnen Hausmüll und hausmüllähnliche Siedlungsabfälle an, von denen noch mehr als 60 % in den rund 350 Siedlungsabfalldeponien in Deutschland landen. Etwas mehr als 30 % der Abfälle werden verbrannt.

Die Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Siedlungsabfällen sind seit 1993 in der TASi, einer Verwaltungsvorschrift des Bundes, festgelegt. Diese fordert u.a., dass spätestens ab dem Jahr 2005 nur noch vorbehandelte Abfälle abgelagert werden dürfen; für eine derartige Vorbehandlung nach TASi kommen bislang nur Verbrennungstechniken in Frage.

Die Umweltministerkonferenz hat nun im November 1998 einerseits die Ziele der TASi bestätigt, nämlich die Notwendigkeit, an den hohen Umweltstandards der TASi sowie an ihrem Zeitrahmen festzuhalten. Andererseits hat sie sich für eine Fortentwicklung der einsetzbaren Technologien ausgesprochen. Das BMU hat das UBA beauftragt, die damit im Zusammenhang stehenden Fragen zu prüfen und hierbei die bislang vorliegenden Forschungsergebnisse und Untersuchungen zu berücksichtigen.

Der nunmehr vorliegende Ergebnisbericht betont das vorrangige Ziel der Abfallvermeidung und der getrennten Erfassung und Verwertung von Siedlungsabfällen wie z.B. Glas, Papier, Pappe, Bioabfälle und Kunststoffe. Für die zukünftige Entsorgung des sogenannten Restmülls werden dazu durch das BMU 5 Eckpunkte vorgelegt, siehe Anhang.

Das BMU geht davon aus, dass diese neue Siedlungsabfallstrategie in besonderem Maße geeignet ist, die bisherigen Konflikte zwischen Befürworter und Gegner von Verbrennungstechniken zu beenden.

3 PROBLEMATIK

Über die Inhalte dieser neuartigen Abfallstrategie wird seitdem in der Öffentlichkeit, den Verbänden und Gremien heftig diskutiert.

So sehr dieses Vorgehen aus Sicht der Stärkung von Wettbewerb, Vielfalt und Innovation in der Abfallbehandlung zu begrüßen ist, lenkt die teilweise leidenschaftliche Diskussion über das "bessere Konzept", die sachgerechten Vorgaben unter Einhaltung der Verhältnismäßigkeit häufig von der Aufgabe ab, geeignete technische Konzepte für eine Umsetzung zu finden.

Die Situation in Österreich ist letztlich mit Deutschland vergleichbar. Hier sind die Schlüsseljahre 2004 bzw. 2009, nach denen Abfälle vor der Deponierung auf einen maximalen C-Gehalt von kleiner 5 % (TS) gebracht werden müssen.

Die mechanisch-biologische Behandlung von Restabfällen wird zur Zeit in Deutschland in 23 Anlagen durchgeführt, in Österreich sind es nach Kenntnis des Autors 11 Anlagen. Weitere Anlagen sind in beiden Ländern in Bau, in der Inbetriebnahme bzw. geplant.

Aufgabe dieser Anlagen ist regelmäßig die Stabilisierung oder Teilstabilisierung des Restabfalles und anschließende Deponierung des stabilisierten und im organischen Kohlenstoffanteil reduzierten Restes. Varianten trennen vor der Deponierung eine heizwertreiche Fraktion ab und führen diese einer thermischen Verwertung zu.

Wie bei der biologischen Behandlung von Bioabfällen werden hierbei geruchsintensive Emissionen freigesetzt. Hinzu kommen Metalle sowie aromatische und halogenierte Kohlenwasserstoffe.

Für die Diskussion der durch eine MBA freigesetzten Emissionen sind im wesentlichen folgende Luftverunreinigungen von Bedeutung:

- Staub
- Gase (org. und anorg.)
- Aerosole (Wasser, Keime)
- Geruchsstoffe

Diese Emissionen entstehen in der Regel dort, wo der Abfall höheren Temperaturen ausgesetzt ist, Bewegungsvorgänge wie Zerkleinern, Sieben, Transportieren stattfinden, d.h. an folgenden Schwerpunkten:

- Anlieferung und Bunker
- Aufbereitung
- Rotte
- Feinaufbereitung
- Lagerung.

Die bekannten Diskussionen über Anforderungen an eine MBA von Restabfällen konzentrieren sich nicht nur deshalb vermehrt auf die Frage der sachgerechten Begrenzung dieser Emissionen und der Festlegung entsprechender Grenzwerte.

Eine einheitliche Vorstellung der Fachleute, Behörden und sonstigen Beteiligten ist derzeit nicht erkennbar.

Ohne auf die kontrovers geführten Diskussionen zur Bewertung des Gefährdungspotenziales und deren Begrenzung einzugehen, seien am Beispiel der TOC-Restkonzentrationen bzw. -Frachten die unterschiedlichen Positionen dargestellt, siehe Anhang.

Die technologisch hochwertige MBA ist heute durchaus in der Lage die Konzentrationsgrenzwerte der TA-Luft einzuhalten. Über diese Bewertung ist es jedoch nicht möglich, eine Reduzierung der Emissionswerte durch eine Verdünnung nachzuweisen, da im Gegensatz zur MVA der "normale" Sauerstoffgehalt der MBA-Abluft bereits in der Größenordnung von 21 Vol.-% liegt. Folglich fordert das UBA zusätzlich eine Frachtbegrenzung, welche sich ... am Anforderungsniveau anderer Verfahren zur Restmüllbehandlung (MVA) orientieren ... soll. Hieraus ergibt sich eine Fracht an organischen Komponenten im Abgas (TOC) von 55 g C/Mg-Abfall.

Auf der anderen Seite steht ein Vorschlag der ASA - Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V., die die organischen Emissionen differenzierter betrachtet wissen möchte und nur die flüchtigen Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe NMVOC auf einen Wert von kleiner gleich 80 mg/m^3 -Abluft bzw. den TOC auf $300 \text{ g/Mg-Abfall Fracht}$ im Tagesmittel begrenzen möchte.

4 TECHNISCHE LÖSUNG

Die Notwendigkeit einer Abluftbehandlung in einer MBA vorausgesetzt resultieren aus diesen Randbedingungen nahezu die gleichen Anforderungen - unter Beachtung auch des Schutzes des Betriebspersonales - wie bei der thermischen Behandlung von Abfällen. Forderungen wie die Erfassung aller Emissionen am Entstehungsort bzw. die Sicherstellung einer gerichteten Luftströmung und anschließende Behandlung mit dem Ziel einer Reduzierung des Schadstoffanteiles auf ein noch festzulegender Grenzwert.

Aufgrund der nahezu identischen Aufgabenstellung stehen zur Durchführung einer Abluftbehandlung praktisch alle aus der klassischen Gasreinigung bekannten Verfahren zur Verfügung.

Die wesentlichen Verfahren sind:

Entstaubung

Eingesetzt werden können Zyklone, Gewebefilter oder Strahlwäscher

Adsorption

Hierbei werden organische oder anorganische gasförmige Schadstoffe reversibel an Feststoff (Adsorbens) mit hoher spezifischer Oberfläche gebunden;

Absorption

Hier werden die gasförmigen Schadstoffe mit einer großen Flüssigkeitsoberfläche in Kontakt gebracht und von dieser aufgenommen. Eine Variante stellen Bio-Wäscher dar, bei denen ein Schadstoffabbau in in der Waschflüssigkeit durch Mikroorganismen stattfindet;

Thermische Nachverbrennung

Durch Zuführung von Wärme werden bei diesem Verfahren die organischen Schadstoffe zu CO_2 und H_2O umgesetzt, d.h. oxidiert;

Katalytische Nachverbrennung

Hierbei reduziert ein geeigneter Katalysator die zur Oxidation der Schadstoffe notwendigen Energie- (Wärme-) bedarf;

Biofilter

Das Verfahrensprinzip ist ebenfalls ein Sorptionsprozess in wässriger Phase und anschließendem Abbau der Schadstoffe durch auf dem Filtermaterial angesiedelten Mikroorganismen.

Weitere Möglichkeiten bieten die UV-Entkeimung und Plasmaverfahren.

Eine Auswahl der einzusetzenden Verfahren, deren Kopplung bzw. Verschaltung ist abhängig von den spezifischen Projektrandbedingungen, der einzuhaltenden Grenzwerte und der zu behandelnden Gasmenge.

Mit herkömmlichen biologischen Abluftbehandlungsanlagen lassen sich die neu formulierten Anforderungen, siehe Anhang, u.a. wegen der nötigen Voraussetzungen, den geforderten Abscheideleistungen und den einzuhaltenden Grenzwerten nicht mehr erfüllen.

5 FAZIT

Die Industrie - hier vor allem der Großanlagenbau - stellen schon heute alle notwendigen Verfahren, in großtechnischem Maßstab erprobt, zur Verfügung.

Ein technologisches Problem oder Bedarf an Neuentwicklungen, wie seinerzeit z.B. nach Festlegung der Dioxin/Furan-Grenzwerte für MVA's besteht nicht.

Offen ist jedoch die Frage, wie schnell sich die Beteiligten über die doch recht bedeutenden wirtschaftlichen Interessen hinweg, zu einer sachgerechten, einheitlichen Sicht der Frage nach den Bewertungskriterien und den zugehörigen Grenzwerten bewegen lassen.

Unstrittig dürfte das Ergebnis heute schon für den Verbraucher sein: Unabhängig vom Ergebnis werden die Kosten für eine Restabfallbehandlung auf Basis der MBA durch die eingeleiteten Maßnahmen ansteigen. Vielleicht hilft dies, der jeweils geeigneteren Technik eher zum Durchbruch als die zur Zeit recht ideologisch geführten Diskussionen.

6 ANHANG

a) Strategieeckpunkte des BMU

- Ablagerung unbehandelter Abfälle so rasch wie möglich beenden
- Zulassung hochwertiger MBV; Festlegung entsprechender Anforderungen
- Nutzung der heizwertreichen Rückstände
- Stilllegung von ungeeigneten Deponien
- Verwertung aller Siedlungsabfälle bis 2020

b) Anforderungen an die MBA

- Vergleichbar hohes Schutzniveau wie MVA
- Emissionsbegrenzung und -kontrolle für Abluft und Abwasser
- Einhausung, Abluftreinigung, hochwertige Filtertechnik
- Arbeitsschutzvorgaben
- Abtrennung heizwertreicher Fraktionen
- Nachweisführung

c) Vergleich Abluft

Anforderung UBA	Vorschlag ASA 1)
Frachtbegrenzung auf größer/gleich 55 g C/Mg-Abfall	300 g NMVOC/Mg Abfallinput biol. Stufe; Methanemission minimieren
Fassung und Behandlung der Abluft aus Nachrotte und aus Umsetzungsvorgängen	Verzicht auf Fassung und Behandlung; Temperatur größer/gleich 55°C in Miete, Rottedauer größer/gleich 14 d
Abluft-Kamin	Möglichkeit zur kont. Abluftmessung
Abluft-Keimstatus festlegen (Hygiene)	übernommen

1) Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.

Anforderungen an die Ablufferfassung und Reinigung aus der Sicht der Anlagenhersteller

Heinz Berger // Thöni Industriebetriebe GmbH, Obermarktstraße 48, A-6410 Telfs

Anforderungen an die Ablufferfassung und Reinigung aus der Sicht der Anlagenhersteller

Heinz Berger // Thöni Industriebetriebe GmbH, Obermarktstraße 48, A-6410 Telfs

1 ALLGEMEIN

Die Zeit der in großen Hallen dahin gammelnden Rottemieten scheint endgültig vorbei zu sein.

Immer mehr wird eine Tendenz sichtbar, daß die für die Abluft aus MBA-Anlagen zu nutzende Technologie nicht nur eine „optische“ Abluftreinigung sein darf. Nicht zuletzt die umfangreichen Messungen durch das Bundesministerium und das Umweltbundesamt stellen die Funktion der herkömmlichen Flächenbiofilter deutlich in Frage.

Es müssen daher neue Wege gesucht werden - mit technischen Systemen, welche überwachbar sind und welche stabile Betriebszustände ermöglichen.

Eines dieser Verfahren ist die thermisch regenerative Oxidation. Ein solches thermisch regeneratives Oxidationsverfahren ist das **CTP-Autotherm**.

Bei diesem Verfahren werden quaderförmige, keramische Wärmetauscher mit geraden, quadratischen Kanälen eingesetzt. Die im Abgas oder in der Abluft enthaltenen Schadstoffe wie Kohlenwasserstoffe oder Kohlenmonoxid werden in einer Brennkammer zu Wasserdampf und Kohlendioxid umgesetzt.

Gegenüber dem herkömmlichen Verfahren, dem Flächenbiofilter, hat dieses Verfahren eine erheblich höhere und von den Umgebungsbedingungen unabhängige Reinigungsleistung.

Dieses Verfahren ist teurer als herkömmliche Verfahren. Aus diesem Grunde sind der Anlagenplaner und der Anlagenbauer gefordert, die Luftmenge, welche in die thermisch regenerative Abluftreinigungseinrichtung aufgegeben wird, möglichst gering zu halten und gleichzeitig diese Abluftmenge möglichst schadstoffkonzentriert zu gestalten.

Wie kann dieses erreicht werden ?

Der Weg dorthin - und darin besteht künftig die Herausforderung für den MBA-Anlagenbauer - führt über die Gestaltung möglichst effizienter, „explosiver“ biologischer Behandlungsverfahren. Bei diesen Verfahren soll in kürzester Zeit, eine Abluft mit hoher Schadstofffracht freigesetzt werden, welche anschließend im thermischen Verfahren entfrachtet wird.

**Biologische Behandlungssysteme, welche diesen Anforderungen entsprechen sind:
das Thöni-Intensivrottesystem und
das Thöni-System zur Restabfallvergärung.**

Mit diesen Verfahren ist es möglich, einen Großteil der Schadstofffracht bereits in den ersten Rottewochen freizusetzen und in die Abluft zu verlagern.

Die Formulierung von Stabilitätskriterien (wie die Atmungsaktivität), welche eine Unterscheidung zwischen der geschlossenen Rotte (Vor- und Hauptrotte) und der offenen Rotte (Nachrotte) herbeiführen, unterstützt die Anwendung dieser intensiven, biologischen Behandlungssysteme. Durch eben diese Stabilitätskriterien wird die Wirksamkeit intensiver, biologischer Behandlungssysteme unterstrichen.

Es muß daher die übergeordnete Zielsetzung der biologischen Behandlungssysteme sein, die geforderten Stabilitätskriterien möglichst rasch zu erreichen, um so entsprechend rasch die Rotte aus dem geschlossenen Rottesystem ins offene Rottesystem zu übersiedeln.

Künftig ist es nicht mehr sinnvoll, die biologische Behandlung langsam und unter geringem technischem Aufwand ablaufen zu lassen. Kleine Dreiecksmieten in großen Hallen sind aufgrund der auf uns zukommenden Anforderungen an die Abluftreinigungstechnik kein Thema mehr. Die Zukunft gehört den intensiven Systemen.

Im Rahmen dieses Manuskriptes soll aufgrund der Inhalte dieser Veranstaltung vorrangig auf die CTP-Autotherm Abluftreinigungstechnologie eingegangen werden.

2 ANLAGENTECHNIK CTP-AUTOTHERM

Im Folgenden soll allgemein die Wirkungsweise der regenerativen Oxidation bzw. der zugehörigen Anlagentechnik dargestellt werden.

2.1 Allgemeines zur Anlage CTP-Autotherm

Das System:

Der CTP-Autotherm ist ein thermisch regeneratives Oxidationsverfahren, das patentierte keramische Wärmetauscherelemente in Wabenkörperform einsetzt. Die im Abgas enthaltenen Schadstoffe, wie Kohlenwasserstoffe oder Kohlenmonoxid, werden in der Brennkammer zu Wasserdampf und Kohlendioxid umgesetzt; dabei wird Energie freigesetzt.

Diese Technik hat gegenüber der konventionellen, regenerativen Nachverbrennung (RNV) mit Schüttgutwärmetauschern viele Vorteile, wie:

- geringerer Druckverlust, höherer thermischer Wirkungsgrad, kleinere Gebläseleistung
- autotherm – auch bei niedrigen Schadstoffkonzentrationen (niedriger Brennstoffverbrauch), Reinigungsleistung unabhängig von der Schadstoffkonzentration, geringer Ausstoß an NO_x und CO_2
- kompakte Bauweise, kleiner Platzbedarf, geringes Gewicht
- hohe mechanische und thermische Stabilität der Wärmetauscher und des gesamten Systems, unempfindlich gegenüber staubhaltigen Abgasen, geringe Korrosionsempfindlichkeit

Der Anlagenaufbau:

Der CTP-Autotherm wird als 2-, 3-, 4-, 5- und bei sehr großen Abgasmengen als 7-Bett System ausgeführt.

Das System besteht im Grundaufbau aus folgenden Elementen:

- regenerative Wärmetauscher
- Brennkammer mit Zusatzheizung (Brenner oder Elektroheizung)
- Hubklappen mit Ein- und Auslaßrohren
- vollautomatische Steuerung

Die Funktion der Anlage ist im nachstehenden Abschnitt dargestellt.

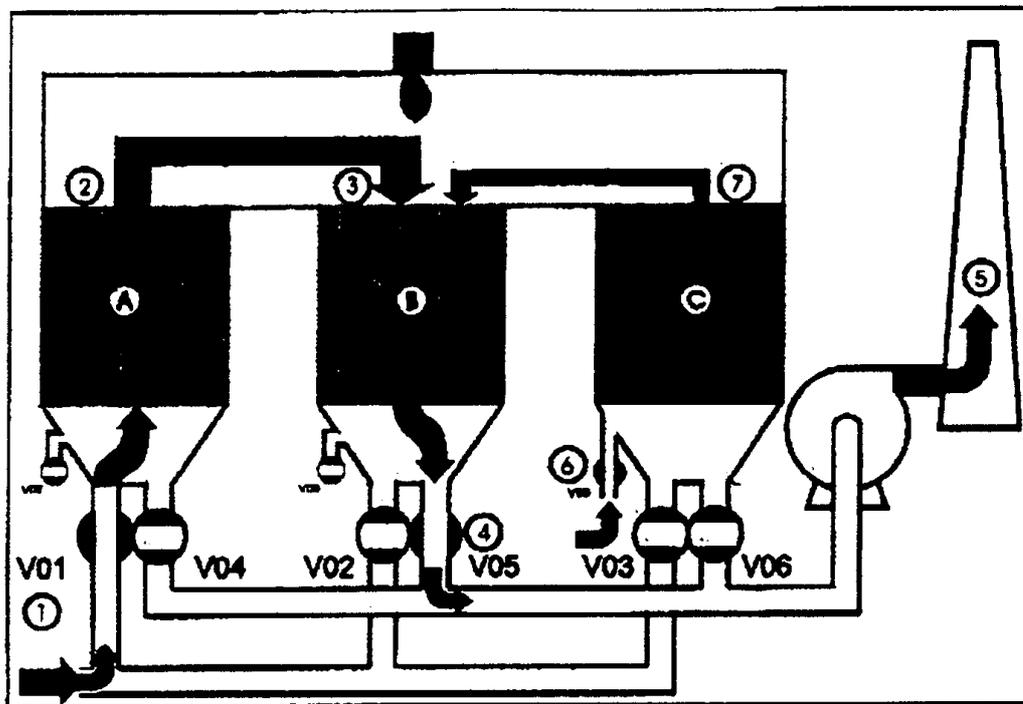
Die Funktion:

Abb. 1: Funktionsskizze (Quelle: CTP-Dokumentation)

Das kontaminierte Rohgas tritt in die CTP-Autothermanlage bei Punkt 1 ein; die Wärmetauschereinheiten (A, B und C) werden alternierend mit Roh- und Reingas beschickt; die Hauptventile V01÷V06 steuern den Gasfluß.

Im Reaktor A wird das Rohgas zuerst auf eine Temperatur nahe der Brennkammertemperatur aufgewärmt. Es verläßt den Wärmetauscher bei Punkt 2. In der Brennkammer werden die organischen Verbindungen bei einer Temperatur von ca. 800°C oxidiert und die Schadstoffe werden in Wasserdampf und Kohlendioxid umgewandelt. Das heiße Reingas verläßt die Brennkammer bei Punkt 3 und strömt in den Reaktor B. In diesem wird das Reingas abgekühlt und verläßt die Anlage durch Ventil V05 und die Reingasleitung Punkt 4. An dieser Stelle ist die Temperatur des Reingases nur ca. 20÷30 °C über der Rohgaseintrittstemperatur. Der Ventilator auf der Druck bzw. Saugseite fördert das Reingas weiter in den Kamin (Punkt 5).

Der hohe thermische Wirkungsgrad des Autotherm Systems reduziert den Wärmeverlust auf ein Minimum, wie die niedrige Reingastemperatur zeigt. Der Brenner kompensiert lediglich den Abgasverlust und schaltet sich aus bzw. auf eine Pilotflamme zurück, wenn die Rohgaskonzentration ca. 1,5 g/Nm³ übersteigt. Ab dieser Autothermkonzentration hält die Verbrennungswärme der organischen Substanzen den Betrieb der Anlage aufrecht. Durch den Einsatz der Keramikkörper ist es möglich, eine laminare (wirbelfreie) Strömung im Wärmetauscher zu erzielen.

Nach ungefähr 2 Minuten schalten die Klappen um, der Reaktor B wird fortan mit Rohgas beaufschlagt, während das Reingas den CTP-Autotherm Reaktor durch den vorher gespülten Wärmetauscher C verläßt.

In der Zwischenzeit wird der Reaktor A mit Reingas oder Frischluft gespült. Dabei strömt frische Luft oder Reingas über ein Ventil in den Wärmetauscher A und verdrängt das noch in

den Toträumen verbliebene Abgas in Richtung Brennkammer, wo es gereinigt und zusammen mit dem Reingas die Anlage durch den Reaktor C verläßt.

Bei höheren Konzentration ist ein heißer Bypass vorgesehen, um eine Übertemperatur in der Brennkammer zu vermeiden. Ein Teil des Reingases wird am Wärmetauscher vorbei geführt und dadurch die gespeicherte Energie für den nächsten Zyklus vermindert. Tritt die höhere Konzentration über einen längeren Zeitraum auf, dann lohnt es sich eine Wärmerückgewinnung (z.B. zur Dampferzeugung) im heißen Bypass einzubauen.

Bei klebrigen und stark staubhaltigen Abgasen wird eine automatische, thermische Abreinigung vorgesehen. Dieser Vorgang ermöglicht eine vollständige Entfernung organischer Anpackungen. Dabei wird das abzureinigende Bett auch im Gaseintrittsbereich auf ca. 400 °C mittels eines Teilstroms des heißen Reingases aufgeheizt, so daß diese Ablagerungen verbrennen.

3 VERSUCHSANLAGE CTP - PILOT PLANT AUTO THERM 900

Im Rahmen der derzeit vom Bundesministerium und vom Umweltbundesamt ausgeführten Messungen zur Abluftreinigungstechnologie an MBA-Anlagen ist die Firma Thöni damit beauftragt, eine entsprechend thermisch-regenerativ arbeitende Abluftreinigungsanlage für den Versuchsort Allerheiligen bereit zu stellen.

Für diese Versuchsdurchführung in Allerheiligen wird eine Anlage mit 2-Bett System (2 Wärmetauscher) zur Anwendung gebracht.

Im nachstehenden Fließbild sind die wesentlichen Anlagenbauteile ersichtlich.

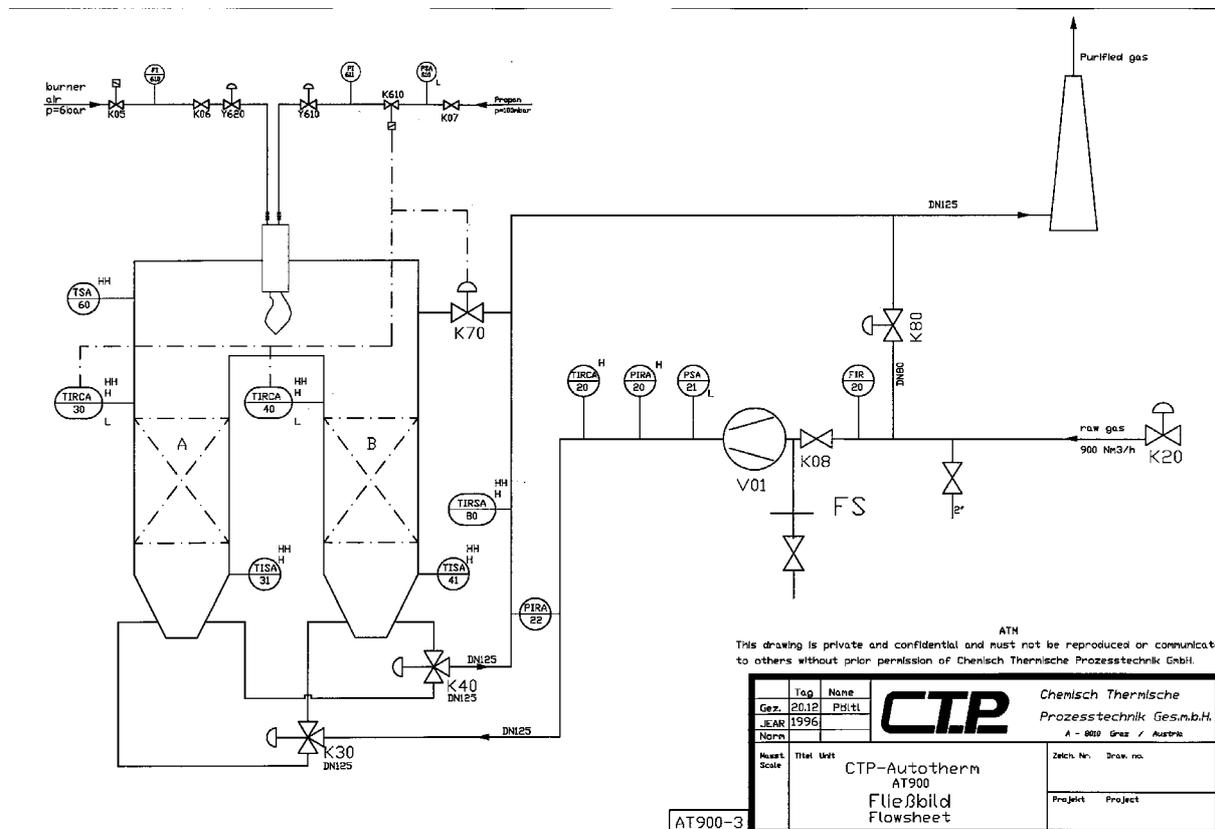


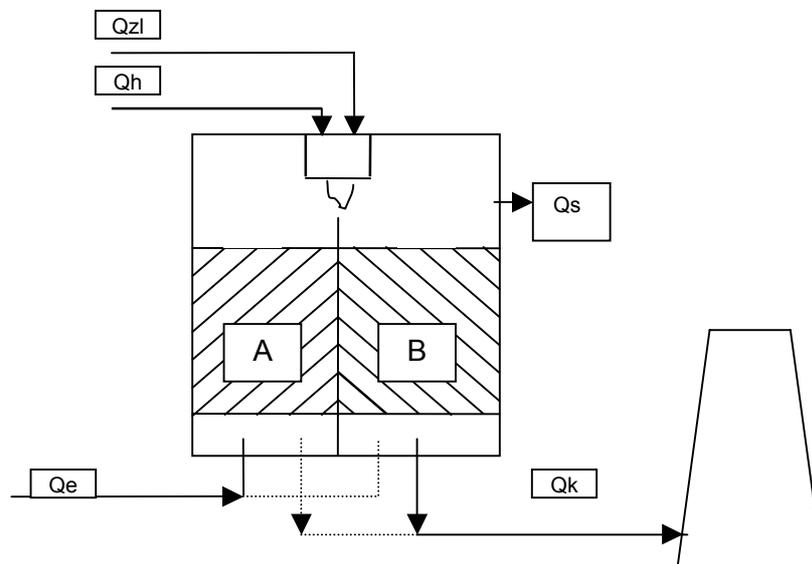
Abb. 2: Fließbild CTP-Autotherm 900 (Quelle: CTP-Dokumentation)

Das Rohgas („raw gas“ – K20) durchläuft die Anlage über das Gebläse V01 und das Ventil K30 in den Wärmetauscher A. Nach entsprechender Erwärmung im Wärmetauscher wird das Rohgas mittels Stützfeuerung in der Brennkammer oxidiert. Die Stützfeuerung am Brenner erfolgt hierbei mittels Propangas. Das oxidierte Rohgas verläßt als Reingas über den Wärmetauscher B und das Ventil K40 die Anlage und wird an die Umgebung mittels Kamin bzw. über die entsprechende Reingasleitung abgegeben.

Durch Umschaltung der Ventile K30 bzw. K40 kann der Gasstrom umgedreht werden und die keramischen Wärmetauscher werden in umgekehrter Richtung durchströmt.

Für die Anwendung in Allerheiligen ist aufgrund der geringen Rohgaskonzentration eine autotherme Reaktion nicht möglich. Es werden derzeit seitens des Anlagenlieferanten die Möglichkeiten geprüft, am Standort mittels Zuführung von Deponiegas in das Rohgas eine autotherme Reaktion zu erwirken. Dadurch könnten gute Erfahrungen in der Anwendung des Deponiegases gesammelt und die Aufwendungen an Betriebsmittel (Propangas) eingespart werden.

Hinsichtlich der Energiebilanz der Versuchsanlage läßt sich allgemein nachstehende Grafik ausführen:



Q_h	Heizenergie
Q_e	Eintrittsenergie (inkl. Schadstoffenergie – Heizwert)
Q_k	Verlustenergie über Kamin
Q_{zI}	Energie der Brennerluft
Q_s	Strahlungsverluste

Abb. 3: Energiebilanz CTP-Autotherm 900

Die Versuchsanlage arbeitet bei Durchsatzmengen von minimal 400 Nm³/h bis maximal 900 Nm³/h.

Für die Anwendung in Allerheiligen wird der Regelbetrieb bei Maximalluftmenge (900 Nm³/h) vorgesehen. In diesem Betriebspunkt ergeben sich nachstehende Basisdaten:

Thermischer Wirkungsgrad	92 %
Temperatur Rohgas	ca. 40 °C
Temperatur Reingas	ca. 100 °C
Brennkammertemperatur	ca. 800 °C
Druckverlust (Einlaß -> Kamin)	32 mbar
Reinigungsleistung Org. C	< 20 mg/Nm ³
Energiebedarf Gebläse	2 kW
Energiebedarf Brenner	22 kW

Die Versuchsanlage wird in der KW 4/2000 am Versuchsort Allerheiligen angeliefert und dort in der KW 5/2000 durch die Fa. CTP in Betrieb genommen. Ab diesem Zeitpunkt steht die Fa. Saubermacher für die Betriebsführung zur Verfügung.

4 ERGEBNISSE / VORSCHAU / AUSBLICK

Wie schon im vorangegangenen Abschnitt dargestellt, besteht der thermisch-regenerative Wärmetauscher aus 2-Betten (=2-Turmanlage).

Die Wärmetauschereinheiten werden somit zyklisch, alternierend mit Rohgas und Reingas beschickt. Nach ca. 2 Minuten werden die Klappen umgeschaltet und die Durchströmungsrichtung kehrt sich um.

Bei dieser Bauweise tritt im Umschaltmoment ein kurzer Konzentrationspeak im Reingas auf. Die Ursache hierfür liegt im ungereinigten Totvolumen zwischen Eintrittsklappe und Wärmetauscher.

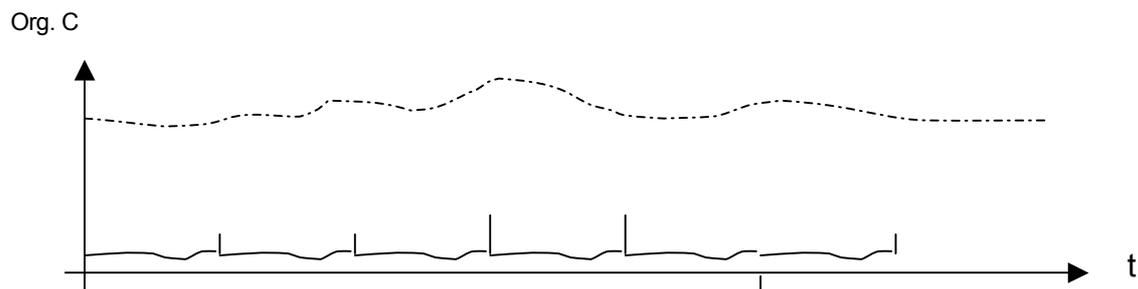
Trotz dieses kurzen Konzentrationspeaks liegt die Reinigungsleistung von CTP-Autotherm-Zweibettssystem bei 98% (bezogen auf den Halbstundenmittelwert).

Für Anwendungsfälle, bei welchen Reinigungsleistungen größer 98% gefordert werden, kommen Dreibettssysteme zum Einsatz. In solchen Systemen wird jeweils ein Turm mit Frischluft oder Reinluft gespült, dadurch wird der kurze Umschaltkonzentrationspeak im Reingas vermieden.

Beispiel:

Beginn:	nach ca. 120 s:	nach weiteren 120 s:
Turm A: Eintritt	Turm B: Eintritt	Turm C: Eintritt
Turm B: Austritt	Turm C: Austritt	Turm A: Austritt
Turm C: Spülen	Turm A: Spülen	Turm B: Spülen

Dadurch ergibt sich für Org. C folgendes Bild:



Ein weiterer Unterschied zur Versuchsanlage ergibt sich im NO_x -Ausstoß. Auf Grund spezieller Low NO_x –Brenner und der großen Brennkammer sind bei Großanlagen günstigere Werte zu erwarten.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Abschließend können wir feststellen, daß die genannten Verfahren
das Thöni-Intensivrottesystem,
das Thöni-System zur Restabfallvergärung
und das CTP-Autotherm-System zur Abluftreinigung
höchst effizient arbeitende Systeme sind, welche sämtlichen Richtlinien der MBA-
Behandlung in Österreich jetzt und in Zukunft entsprechen und entsprechen werden.

Mit dem Intensivrotte und dem Vergärungssystem ist es gut möglich, hohe Abbauraten in kürzester Zeit zu erzielen. Der Grenzwert der Atmungsaktivität als Stabilitätsparameter wird gegenüber anderen Systemen deutlich früher unterschritten. Das Material kann bereits nach wenigen Wochen aus dem geschlossenen Rottesystem entlassen werden.

Das CTP-Autotherm-System ist eine gute und bewährte Technologie, um die in den intensiven Rottezeiten freigesetzten Abluftfrachten zu bewältigen.

Thöni und CTP bieten der Umwelt, der Behörde und vor allem dem Auftraggeber eine ausgereifte Anlagentechnik, mit welcher es auch in Zukunft möglich ist, die anfallenden Restabfälle im MBA-Verfahren zu behandeln.

Kombinierte Abluftbehandlung bei der Aufbereitung von Bioabfall

*D. Sattler, J. Sattler, R. Schneider // BEV Sattler Umwelthanlagen, An der Angerwiesen 6,
D-04651 Bad Lausick*

Kombinierte Abluftbehandlung bei der Aufbereitung von Bioabfall

*D. Sattler, J. Sattler, R. Schneider // BEV Sattler Umwelthanlagen,
An der Angerwiesen 6, D-04651 Bad Lausick*



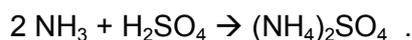
Bei zahlreichen Verarbeitungsprozessen von Bioabfall (mechanisch-biologische Abfallbehandlung, Behandlung von Klärschlamm, anaerobe Vergärung u.ä.) werden neben geruchsintensiven Verbindungen z.T. erhebliche Mengen Ammoniak freigesetzt.

In der Bundesrepublik Deutschland sind derzeit noch keine Emissionsgrenzen für NH₃ in Abluftströmen festgelegt (1. Deutsche Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft [TA-Luft]). In besonderen Betriebseinrichtungen, z.B. Stallanlagen kann vom Genehmigungsverfahren her bereits heute eine Begrenzung der Ammoniakemissionen ab einem Massenstrom von 0,3 kg/h auf 30 mg/m³ erfolgen.

Durch verschiedene Bestrebungen der deutschen Bundesregierung ist jedoch damit zu rechnen, daß auch mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen in kurzer Zeit erhöhten Anforderungen an die zugehörige Abluftreinigungstechnik und insbesondere auch an die jeweiligen Ammoniak-Emissionen unterliegen werden.

Die Fa. BEV Sattler Umwelthanlagenbau, u.a. spezialisiert auf die Herstellung von geschlossenen Containerbiofilteranlagen, dynamischen Kompostiersystemen und Anlagen für industrielles Wasserrecycling, hat angesichts kommender verschärfter Bestimmungen für die Aufbereitung NH₃-haltiger Abluft und zur Erhöhung der Standzeit und des Wirkungsgrades ggf. nachgeschalteter Biofilteranlagen einen kompakten 2-stufigen Gegenstromwäscher mit Füllkörpereinsatz und Hochleistungsdüsen entwickelt und nach Pilotuntersuchungen zur Serienreife gebracht.

Das Ziel des kontinuierlichen Waschprozesses besteht darin, in der Abluft vorhandenen Ammoniak in Gegenwart von Schwefelsäure zu Ammoniumsulfat umzusetzen und somit eine unkontrollierte NH₃-Emission in die Atmosphäre zu verhindern:



Optional kann anschließend die im BioSal®-Gegenstromwäscher vorgereinigte und konditionierte Abluft z.B. mit Hilfe eines BioSal®-Biofiltersystems von weiteren Schad- und Geruchsstoffen befreit werden.

Die sich im Verlauf der Umsetzung im Sumpf des Wäschers aufkonzentrierende (NH₄)₂SO₄-Lösung wird bis zur Sättigung gebracht und bei Bedarf automatisch aus dem Prozeß ausgekreist.

Eine anschließende Verwendung der konzentrierten (NH₄)₂SO₄-Lösung als Flüssig-Dünger (z.B. für Ölsaaten und andere Pflanzen mit hohem N- und S-Bedarf) oder eine Zumischung zu Gülle zur Verbesserung des N-Gehaltes ist denkbar. Über das Produkt (NH₄)₂SO₄ hinaus fallen beim BioSal®-Gegenstromwäscher keine weiteren Sekundär- oder Abprodukte an.

Die BioSal®-Gegenstromwäscher werden – je nach Anlagengröße – in einem kompakten und frostgeschützten Funktionscontainer mit zugehöriger Anlagentechnik einschließlich Schalt- und Steuerschrank mit SPS geliefert.

Sämtliche flüssigkeitsberührten Bauteile der BioSal®-Gegenstromwäscher sind aus Edelstahl und hochwertigen Kunststoffen gefertigt.

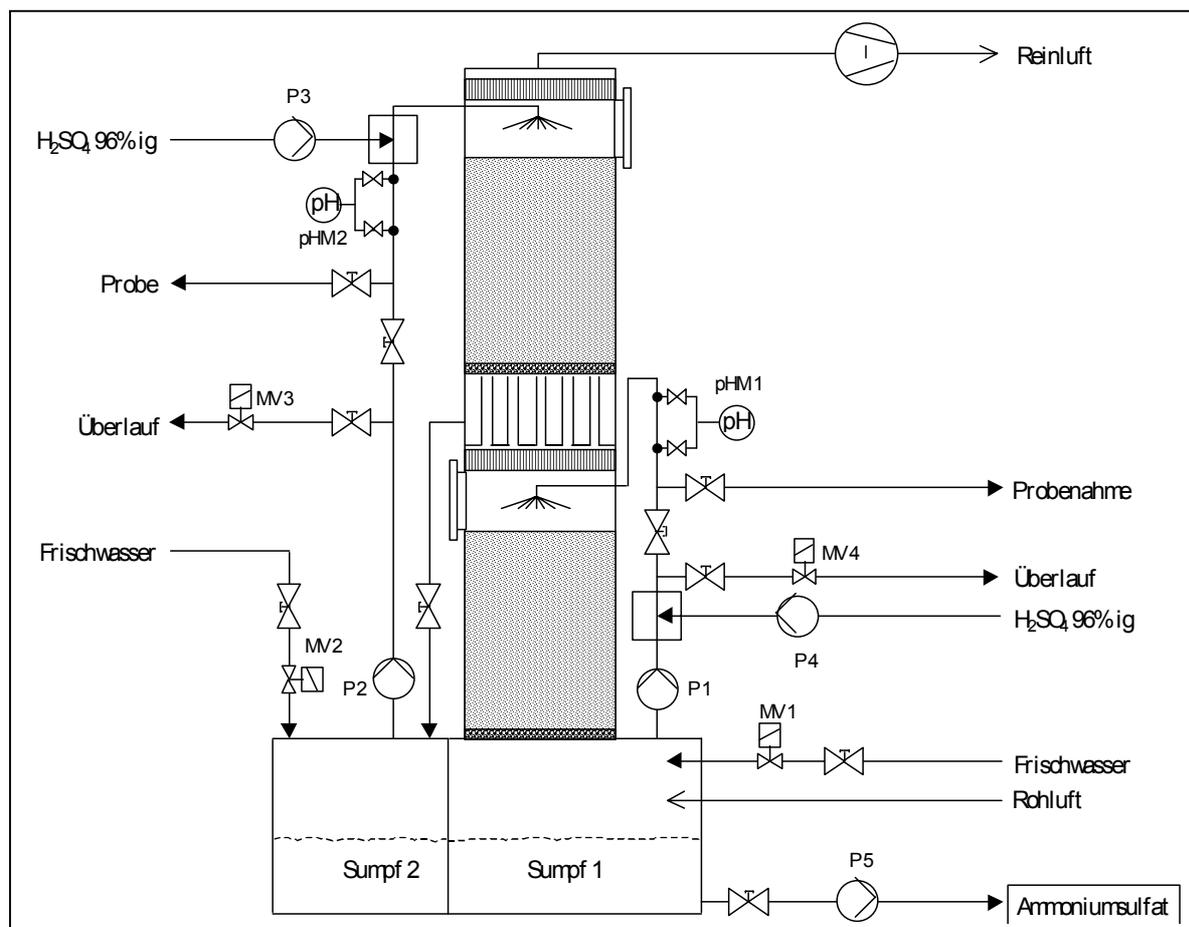


Abb. 1: Prinzipskizze eines 2-stufigen BioSal®-Gegenstromwäschers

Mit Hilfe einer direkt in die Düsenleitungen integrierten On-line pH-Elektrodenkonfiguration gelingt eine rasche Ermittlung des jeweiligen pH-Wertes. Eine Dosierstation mit Magnetdosierpumpe sorgt in Verbindung mit der pH-Sensorik und einer SPS für die optimale Einstellung der erforderlichen Schwefelsäurekonzentration in kürzester Zeit.

Somit stehen auch bei zeitlich extrem schwankenden Ammoniakkonzentrationen stets ausreichende Säurekonzentrationen zur Verfügung und sichern eine konstante Einhaltung der gewünschten Ammoniak-Grenzwerte im Reingas.

Die BioSal®-Gegenstromwäscher erreichen je nach eingestellter Säurekonzentration Absorptionsleistungen bzw. Wirkungsgrade bis zu 98%.

Die Steuerung der bedienungs- und wartungsarmen Anlagen erfolgt automatisch mit einer SPS, welche auf Wunsch mit einer Datenfernübertragung zur entfernten visuellen Überwachung und Beeinflussung der Anlagenparameter ausgerüstet ist.

Die für Abluftströme von $< 1 \text{ m}^3/\text{h}$ bis ca. $50.000 \text{ m}^3/\text{h}$ geeigneten BioSal®-Gegenstromwäscher können aufgrund ihres modularen Aufbaus problemlos in bereits bestehende Abluftbehandlungsanlagen integriert werden.

Zur Installation ist lediglich ein Frischwasser- und Elektroanschluß und bedarfsweise ein Streifenfundament erforderlich.

Auf Wunsch steht interessierten Anwendern für Vorversuche eine kombinierte BioSal®-Wäscher-/Biofilteranlage für Durchsätze bis zu $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ zur Verfügung.

Das BCO-Verfahren von Wessel-Umwelttechnik
Bewährte Abluftreinigungstechnologie zur Gewährleistung
niedriger Emissionswerte

A. Breeger, M.I. Berkmen // Wessel Umwelttechnik, Tempowerkring 3, D-21079 Hamburg

Das BCO-Verfahren von Wessel-Umwelttechnik

Bewährte Abluftreinigungstechnologie zur Gewährleistung niedriger Emissionswerte

A. Breeger, M.I. Berkmen // Wessel Umwelttechnik, Tempowerkring 3, D-21079 Hamburg

1 EINLEITUNG

Nach Vorgaben des Bundesumweltministeriums werden zukünftig nur noch hochwertige mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen zugelassen. Diese Hochwertigkeit bezieht sich nicht nur auf die Produkthanforderungen des behandelten Abfalls, sondern auch auf den Emissionspfad. Zukünftig sollen u.a. TOC- und NH_3/NO_2 -Konzentrationen neben den bisher üblichen Geruchs- emissionen reglementiert werden. Eine weitere Anforderung an die Abluftreinigung ist die gezielte Ableitung der Reineluft über einen Kamin.

Die Vorschläge des Umweltbundesamtes aus Berlin orientieren sich an der 17. BImSchV und sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefaßt:

Tab. 1: Vergleich der Emissionsfrachten der MBA mit denen der MVA nach den Grenzwerten der 17. BImSchV und tatsächlichen Emissionswerten

Parameter	17. BImSchV		MBA		MVA	
	Konzentration	Fracht	Konzentration	Fracht	Konzentration	Fracht
Gesamtstaub	10 mg/m ³	55 g/t	<< 20 mg/m ³	gering	0,2 – 1,1mg/m ³	5,5 g/t
TOC, davon	10 mg/m ^{3(G)}	55 g/t	20 – 60 mg/m ³	ca. 300 g/t	< 1 mg/m ³	5,5 g/t
TA-Luft Klasse I	k.A.	k.A.	2-6 mg/m ³	ca. 30 g/t	k.A.	k.A.
TA-Luft Klasse II	k.A.	k.A.	12-36 mg/m ³	ca. 180 g/t	k.A.	k.A.
TA-Luft Klasse III	k.A.	k.A.	6-18 mg/m ³	ca. 90 g/t	k.A.	k.A.
Methan	k.A.	k.A.	10-20 mg/m ³	ca. 150 g/t	k.A.	k.A.
Dioxine u. Furane	0,1 ng/m ³	550 ng/t	0,001 ng/m ³	1,3 ng/t	0,01 ng/m ³	55 ng/t
Chlorwasserstoff ^(C)	10 mg/m ³	55 g/t	n.g.	n.g.	1-6 mg/m ³	1,1 g/t
Fluorwasserstoff ^(D)	1 mg/m ³	5,5 g/t	n.g.	n.g.	< 0,2 mg/m ³	16,5 g/t
SO ² und SO ³	50 mg/m ³	275 g/t	n.g.	n.g.	0,5-13 mg/m ³	33 g/t
NO und NO ₂ ^(F)	200 mg/m ³	1100 g/t	< 8 mg/m ³	< 160 g/t	60-180 mg/m ³	550 g/t
NH ₃ -N, org-N	k.A.	k.A.	5-20 mg/m ³	ca. 150 g/t	1-10 mg/m ³	22 g/t
Schwermetalle ^(I)						
Σ Cd, TI	0,05 mg/m ³	0,275 g/t	n.b.	n.b.	0,001-0,004 mg/m ³	0,014 g/t
Hg	0,05 mg/m ³	0,275 g/t	< 0,001 mg/m ³	n.b.	0,001-0,005 mg/m ³	0,016 g/t
Sb,As,Pb,Cr,Co,Cu, Mn,Ni,V,Sn	0,5 mg/m ³	2,75 g/t	n.b.	n.b.	0,001-0,065 mg/m ³	0,180 g/t

„Quelle“[UBA-Bericht (1999): „Ökologische Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Rest- abfällen einschließlich deren Ablagerung.]

Aus der Spalte 2 der Tabelle 1, in der durchschnittliche Meßwerte einer MBA-Abluft dargestellt sind, ist erkennbar, daß bis auf die TOC-Konzentration alle Vorgaben der 17. BImSchV von einer MBA-Abluft eingehalten werden. Die Konzentrationen und Frachten insbesondere für kritische Abluftinhaltsstoffe (z.B. Dioxine, SO₂, NO_x) liegen deutlich unter denen einer MVA-Abluft.

Insbesondere der Vorschlag für eine Begrenzung der TOC-Fracht auf 55 g/to wird derzeit intensiv diskutiert. Der Vorschlag des UBA für die TOC-Begrenzung beruht auf einem Ansatz der Gleichwertigkeit der MBA- und MVA-Abluft.

Festzustellen ist, daß die gesetzliche Schaffung einer Gleichwertigkeit sich nicht nur auf die TOC-Frachten sondern auf alle Abluftparameter beziehen sollte.

Die Gleichsetzung der MBA- und MVA-Abluft wurde von diversen Instituten untersucht. Das toxikologische Potential der MBA-Abluft wurde von [Wallmann 1999] mit 0,3 – 1,5 % einer MVA-Abluft ermittelt.

Der Anteil an Klasse I Stoffen gemäß TA-Luft beträgt gemäß Untersuchungen von [Cuhls] nur 1-2 mg/m³.

Aus einer Forderung von 55 g Ges.C/to würden Absolutwerte bei dem erforderlichen Luftmanagement herkömmliche MBA-Technologien von ca. 2 mgGes.C/m³ resultieren.

Diese niedrigen Absolutwerte, die weit unter der Klasse 1 Begrenzung (20 mg/m³) gemäß TA-Luft liegen, werden von keiner bekannten Abluftreinigungstechnologie dauerhaft sicher eingehalten.

Eine Reglementierung von NMVOC-Konzentrationen (Gesamt-C-Konzentrationen ohne Methan) anstatt TOC-Konzentrationen, wie von [Doedens, Cuhls] vorgeschlagen, ist unter dem Gesichtspunkt der Verhältnismäßigkeit sinnvoll. Für artverwandte Wirtschaftszweige wie reine Kompostwerke und landwirtschaftliche Betriebe ist auf die Reglementierung von Methanemissionen bewußt verzichtet worden. Obwohl die Reduzierung der Methanemissionen durch betriebliche Maßnahmen der vorgeschalteten Rotteverfahren nicht außer Acht gelassen werden darf.

Wessel-Umwelttechnik, Hamburg, hat für diese erhöhten Anforderungen das BCO-(Biological-Chemical-Oxidation)-Verfahren entwickelt. Diese Technologie hat sich bereits im langjährigen großtechnischen Einsatz sowohl zur Geruchs- als auch zur Gesamt-C-Abscheidung für die MBA-Abluft erfolgreich bewährt.

2 AUSGANGSBEDINGUNGEN DER MBA-ABLUF

Für die MBA-Abluft lassen sich folgende relevante Emissionsarten definieren:

- Staub
- Gase
- Aerosole
- Geruchsstoffe

Staubmessungen an diversen MBA'n haben ergeben, daß bereits im Rohgas Konzentrationen von < 10 mg/m³ vorhanden sind. Ablüfte aus der mechanischen Aufbereitung sind relativ trocken, so daß eine Staubreduzierung mittels Gewebefilter möglich ist.

Bei den Gasen kann für den Restabfallbereich unterschieden werden in anorganische und organische Gase.

Die anorganischen Gasemissionen einer MBA-Abluft setzen sich u.a. zusammen aus:

- Metallen und Metallverbindungen, die in der Regel unter der Nachweisgrenze liegen bzw. die TA-Luft-Werte weit unterschreiten.
- Stickstoffverbindungen, hier sei im besonderen NH_3 genannt, das mit Konzentrationen bis zu 200 mg/m^3 gemessen wurde.

Die Leitkomponenten der organischen Emissionen können gemäß Untersuchungen von [Cuhls] wie folgt zusammengefaßt werden:

- Methanol, Ethanol und weitere Alkohole
- Hexan bis Tridekan (n-Alkane)
- Toluol, Ethylbenzol, Xylole (aromatische Kohlenwasserstoffe)
- Dichlormethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen (CKW)
- Trichlorfluormethan (R11), Dichlordifluormethan (R12), (FCKW)
- α -Pinen, β -Pinen, Limonen (Terpene)
- Acetaldehyd (Aldehyde)
- Aceton, 2-Butanon (Ketone)
- Dimethylsulfid, Dimethyldisulfid
- Methan

Die Konzentrationen können je nach Rotteverfahren und –verlauf variieren. Überlicherweise werden durchschnittliche NMVOC-Konzentrationen von $60\text{-}100 \text{ mgC/m}^3$ ermittelt.

Bei den Aerosolen handelt es sich vorrangig um Wasserdampf aus der Rotte.

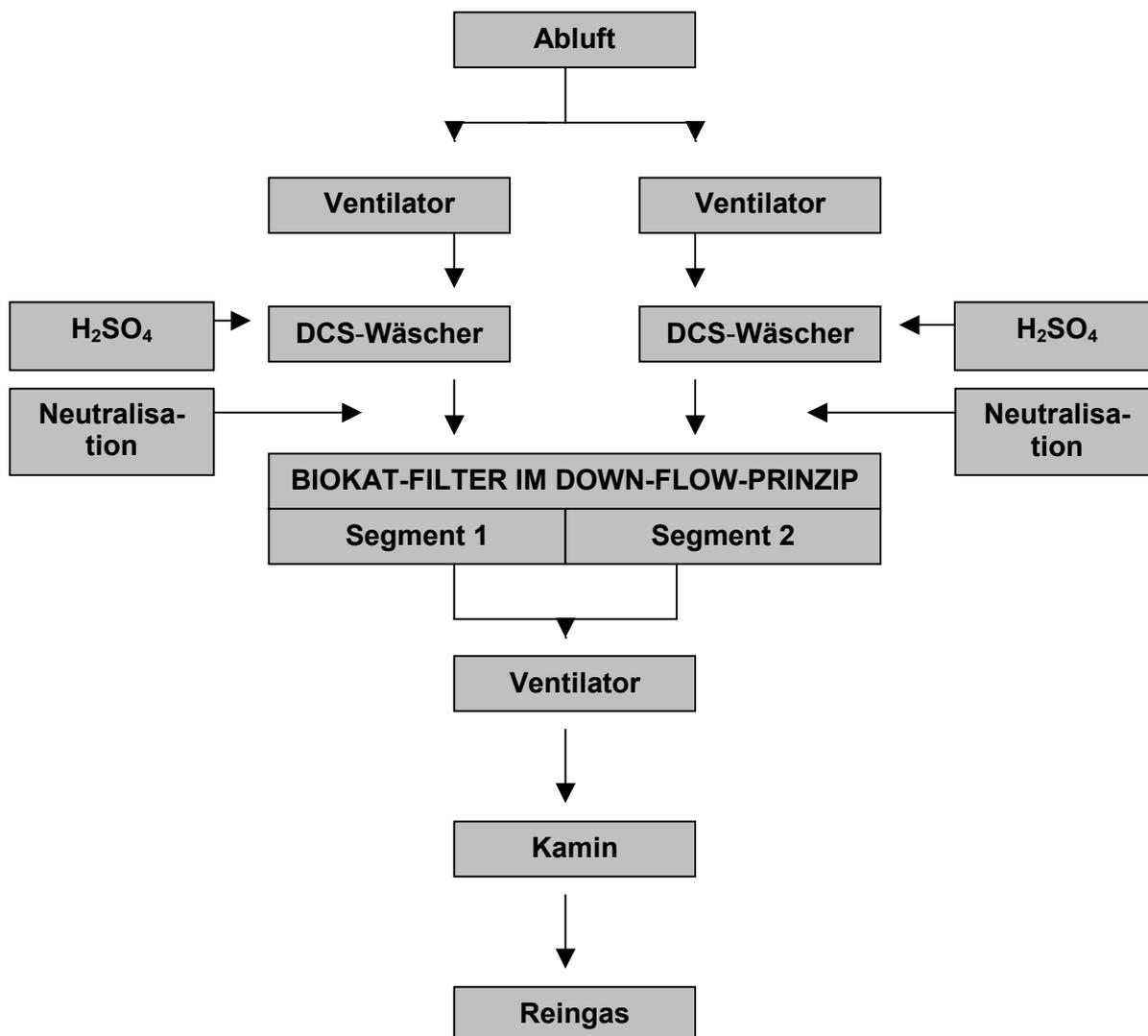
Die Geruchsstoffkonzentrationen unterscheiden sich je nach Betrieb der MBA stark. Hierbei sind die Kriterien z.B. Saug-/Druckbetrieb, Vergärungsmaterial sowie das Luftmanagement. Die Geruchskonzentrationen befinden sich üblicherweise in einer durchschnittlichen Spannweite von $1.000\text{ – }12.000 \text{ GE/m}^3$.

3 DAS BCO-VERFAHREN VON WESSEL-UMWELTTECHNIK

3.1 Verfahrenstechnik

Die BCO-Anlage ist eine Verfahrenskombination aus einem DCS-Wäscher (Direct-Chemical-Sorption) und einem geschlossenen BLOKAT-Filter im Down-Flow-Prinzip. Über einen Kamin erfolgt die Ableitung der gereinigten Luft.

Das BCO-Verfahren zeichnet sich durch eine effiziente chemische Sorption von Abluftinhaltsstoffen, speziell NH_3 , im DCS-Wäscher aus. Durch die Verfahrensgestaltung sowie die Zugabe von Katalysatoren und Nährstoffen erreicht das nachgeschaltete BLOKAT-Filter eine optimale Umsetzung von Schad- und Geruchsstoffen.



Die Erfordernis der zusätzlichen Abscheidung von NH_3 , neben der bisherigen reinen Luftbefeuchtung, resultiert aus der notwendigen Erhöhung der Wirkungsgrade für das nachgeschaltete BIOKAT-Filter. NH_3 führt zu einem ungünstigen C:N-Verhältnis im Biofilter und kann dadurch die Stoffwechselprozesse beeinflussen.

Die DCS-Wäscheranlage zur Abscheidung von Ammoniak ist mit einer pH-Dosierung zur Chemiesorption ausgestattet. Zur chemischen Absorption wird dem Waschwasser, über die pH-Dosierung mittels pH-Meßumformer und Magnetdosierpumpe, automatisch Schwefelsäure zugeführt. Nach Erreichen einer vorgewählten Säuremenge wird die Dosierung unterbrochen. Durch Abfrage eines voreingestellten pH-Grenzwertes wird der Austausch des Waschwassers (dann eine Ammoniumsulfatlösung) eingeleitet. Im Anschluß an die Entleerung wird automatisch Frischwasser aufgefüllt. Während des Wassertausches bleibt die Anlage vollautomatisch funktionsfähig. Der gesamt Prozeßablauf erfolgt über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

Im nachgeschalteten BLOKAT-Filter werden die Geruchs- und Schadstoffemissionen abgetrennt.

Das BLOKAT-Filter ist als geschlossenes System ausgeführt. Die Bauweise wird den Gegebenheiten vor Ort angepaßt und kann als:

- Filterhaus ein- und mehretagig bzw. Segmentbauweise
- Betonfilter mit Dachkonstruktion
- Containerbiofilter

ausgeführt werden.

Das Biokat-Filter ist mit speziell auf den Anwendungsfall zugeschnittenen Filtermaterial bestückt. Durch Zugabe von Biokatalysatoren über entsprechende vollautomatische Dosierstationen wird eine hohe biologische Aktivität und Umsetzung im Filtermaterial erreicht.

Die Abluft durchströmt das Filtermaterial von oben nach unten („Down-Flow-Prinzip“), dadurch wird eine sehr gleichmäßige Feuchteverteilung erzielt. Die geruchsintensiven Abluftinhaltsstoffe lagern sich beim Durchströmen im Filtermaterial ab und werden dort von angesiedelten Mikroorganismen zu CO₂ und H₂O verstoffwechselt.

Die gereinigte Luft wird anschließend in einem Sammelsystem zusammengefaßt und mit einem Ventilator über einen Kamin in die Atmosphäre abgegeben.

3.2 Systemmerkmale

- Bewährte System-Technologie mit sehr hohen kontinuierlichen Wirkungsgraden zur Geruchs-, Ammoniak- und Kohlenstoffreduzierung durch Einsatz von Absorbentien, Biokatalysatoren und adaptierten Mikroorganismen.
- Sichere Einhaltung der Geruchs-, Ammoniak- und NMVOC-Grenzwerte im Reingas.
- Geringe Investitionskosten u.a. durch kompakte und platzsparende Bauweise.
- Gewinnung eines Wertstoffes im DCS-Wäscher.
- Hohe Betriebssicherheit und Anlagenverfügbarkeit mit einem Minimum an Bedienungsaufwand durch kontinuierliche Überwachung der Anlagenparameter und Mehrstufigkeit des Anlagenkonzeptes.
- Kein Ausstoß von erhöhten Sekundäremissionen (NO_x, SO₂, Dioxine usw.) und von toxisch bedenklichen Stoffen, wie z.B. bei thermischen Verfahren.
- Effektive Abscheidung von Stäuben und Aerosolen.
- Separate Zu- oder Abschaltung der einzelnen Segmente des Biokat-Filters bei Wartungsarbeiten möglich.
- Keine sektionale Austrocknung der Filterschüttung im Inneren des Biokat-Filters und damit immer gleichbleibend hoher mikrobieller Stoffwechsel durch gleichmäßige Feuchteverteilung.
- Unabhängigkeit von Witterungseinflüssen, d.h. keine Vernässung durch Niederschläge und keine partielle Austrocknung durch Sonneneinstrahlung aus der Filtermaterialoberfläche, bedingt durch die Kapselung des Biokat-Filters.
- Durchströmung des Filtermaterials im Biokat-Filter mit Abluft von oben nach unten im sogenannten Down-Flow-Prinzip mit folgenden Vorteilen:
 - Gleichmäßige Feuchteverteilung in der Filterschicht
 - Keine Verklumpung des Filtermaterials
 - Keine Durchbruchkanäle („Durchbläser“) im Filtermaterial
 - Optimale Drainage nach unten.

- Optisches Anpassen der Biokat-Filters in den Gesamtkomplex möglich.
- Modularer Aufbau des Systems mit dem Vorteil, die Anlage auf veränderte Eingangsparameter schrittweise anpassen zu können.
- Gezielte Ableitung der Abluft über Kamin gegenüber diffuser Emissionsquellen wie bei offenflächigen Biofiltern.

3.3 Wirkungsgrade

Die erreichten Wirkungsgrade wurden an großtechnischen Abluftreinigungsanlagen nachgewiesen, die sich im langjährigen Dauerbetrieb für Müllbehandlungsanlagen bewährt haben.

Tab. 2: Auszug aus Referenzliste/Abfallentsorgung

Art der Abfallbehandlung	Verfahren	Baujahr der Anlage	V (m ³ /h)	Reduzierung (Geruch, org.C, etc.)	Beschreibung des abgesaugten Prod.-Bereiches
Kompostwerk	Wessel-2-stufige CSC-Biowäscheranlage	1992	1.500	Geruch TOC	Rottehalle
Vergärungsanlage	Wessel-BIOBEST-System	1993	11.000	Geruch	Anlieferung Produktionshallen Nachrotte
Kompostwerk	Container-Biofilter	1994	500	Geruch	offene Mieten
Kompostwerk	Wessel-BIOBEST-System	1995	1.000	Geruch	offene Mieten
Kompostwerk	Wessel-BIOBEST-System	1996	60.000	Geruch	Tunnelrotte
Kompostwerk	Wessel-BIOBEST-System	1996	46.000	Geruch	Rottehalle
MBR	Wessel-BCO-Verfahren	1997	100.000	Geruch	Rottehalle
Kompostwerk	Wessel-BIOKAT-Filter	1999	120.000	Geruch	Rottehalle
Müllsortieranlage	Wessel-Jet-Filter	1999	60.000	Staub	Produktionshalle
Müllsortier- und Pelletieranlage	Gutachten über eine vorhandene Anlage	1999	200.000	Geruch TOC Staub	Annahme Produktionshalle
Müllsortieranlage	Wessel-BIOKAT-Filter	2000	15.000	Geruch TOC	Produktionshalle

3.3.1 Geruch

Die allgemein vorgeschriebenen Grenzwerte von 150 – 400 GE/m³ werden mit dem BCO-Verfahren sicher eingehalten.

3.3.2 Staub

Die Mehrstufigkeit des BCO-Systems mit dem vorgeschalteten DCS-Wäscher garantiert eine sichere und wirkungsvolle Staubabscheidung. Die Staubkonzentrationen im Reingas lagen zum Teil deutlich unter 10 mg/m³.

3.3.3 NMVOC-Abscheidung

Die erzielten Reingaswerte für NMVOC halten die in der Diskussion stehenden Werte von 20 mgC/m³ bzw. 300 gC/A Abfall ein.

3.3.4 NH₃-Abscheidung

Die NH₃-Abscheidung ist durch die Einstellung des pH-Wertes im DCS-Wäscher regelbar. NH₃-Konzentrationen von 5 – 10 mg/m³ sind ohne großen Aufwand an Absorbentien erreichbar. Grundvoraussetzung für das Erreichen, ist die verfahrenstechnische Konzeptionierung des DCS-Wäschers. Dazu gehören Wahl der Einbauten, Strömungsführung, Verweilzeiten, Berieselungsdichten etc..

3.4 Druckverluste

Die BCO-Technologie verfügt durch die verfahrenstechnische Konzeption des DCS-Wäschers (Wahl der Einbauten, Luftführung), sowie durch die Auswahl des Filtermaterials des BLOKAT-Filters über sehr niedrige Druckverluste. Das Filtermaterial im BLOKAT-Filter kann je nach Bauform bis über 3 m hoch geschichtet werden. Die Gesamtdruckverluste betragen nach 3-jährigem Dauerbetrieb nur ca. 750 Pa – 1.500 Pa.

4 VERGLEICH MIT ALTERNATIVEN VERFAHREN

Zur Lösung der Aufgabenstellung für die Abluftreinigung im Abfallbereich stehen generell verschiedene Technologien zur Verfügung:

- Biologische Verfahren (Biowäscher, Biofilter auch Kombinationen)
- Absorptive Verfahren
- Thermische Verfahren
- Adsorptive Verfahren
- Oxidations-Verfahren
- Plasma-Verfahren

Für den alleinigen Einsatz im MBA-Bereich scheiden aus verfahrenstechnischen und kostengründen nachfolgend genannte Abluftreinigungstechnologien aus:

- Plasma- und Oxidationsverfahren, die technische Eignung konnte bisher noch nicht erbracht werden.
- Adsorptive Verfahren, durch die Beschaffenheit der Abluft (Feuchte- und Staubbiladung) nur bei vorheriger aufwendiger Aufbereitung der Abluft einsetzbar. Sehr hohe Betriebskosten für die Regeneration.
- Absorptive Verfahren sind nur in Kombination mit Biofilter einsetzbar, da zu viele schwer wasserlösliche Abluftinhaltsstoffe (Aromaten, Terpene etc.) vorhanden sind.

Grundsätzlich geeignet sind die biologischen und thermischen Verfahren. Bisher wurden vorrangig aus Kostengründen ausschließlich biologische Verfahren eingesetzt.

Der Vergleich von thermischen Verfahren, hier thermisch-regenerativ, mit dem vorgestellten BCO-Verfahren hat folgende Ergebnisse erbracht:

- Investitionskosten: Das BCO-Verfahren ist ca. um den Faktor 3-4 günstiger im Anschaffungspreis. Derzeitige Tendenzen einer Zentralisierung der MBA-Technologien führt dazu, daß relativ große Luftmengen bewegt werden, i.d.R. > 100.000 m³/h. Das hat zur Folge, daß die Kostenvorteile der BCO-Technologie noch stärker ausgeprägt sind.
- Betriebskosten: Die relativ geringen Schadstoffkonzentrationen in der Abluft (Ø 60-100 mgC/m³) und die vergleichsweise großen Luftmengen führen dazu, daß erheblich Mengen an Erdöl/Erdgas für den Betrieb von thermischen Verfahren benötigt werden. Ein autothermer Betrieb ist je nach Ausführung des thermischen Verfahrens ab Schadstoffkonzentrationen von ca. 2-5 gC/m³ möglich. Die aus den vorgenannten Gründen resultierende Kostenersparnis der BCO-Technologie im Vergleich zu einer thermisch regenerativen Abluftreinigung beträgt bis Faktor 10. Selbst durch eine Aufkonzentrierung der Schadstoffe, wie bei einer Kreislaufführung der Luft möglich (z.B. Herstellung von Trockenstabilat), lassen sich nur durchschnittliche Schadstoffkonzentrationen von ca. 160 mg/m³ im Rohgas erreichen. Ein autothermer Betrieb ist auch hierfür nicht möglich.
- CO₂-Emissionen: Durch den Einsatz der Sekundärbrennstoffe für die thermischen Verfahren werden in erheblichem Maße CO₂-Konzentrationen emittiert. Aus einer vom Gefährdungspotential unkritischen Abluft wird dadurch eine, gemäß den Klimakonventionen, kritische „Reinluft“. Gerade dieser Aspekt ist für eine biologische Abfallbehandlung nicht tolerierbar.
- Eigengeruch der thermischen Verfahren:
Hochwertige biologische Verfahren setzen ausschließlich vegetationsähnliche Gerüche frei (keine produktionspezifischen Gerüche) und werden länderspezifisch gemäß angewendeten Abstandsregelungen nicht für die Geruchsausbreitung berücksichtigt. Die erhöhte Konzentration an Eigengeruch der Verbrennungsanlagen führt dazu, daß die z.T. sehr anspruchsvollen Reingaseruchskonzentrationen nicht erreicht werden.

Der Einsatz von thermischen Abluftreinigungsverfahren im Vergleich zu dem BCO-Verfahren würde zu einer deutlichen Verteuerung der MBA-Technologie führen. Erste Bilanzierungen haben je nach Anlagenausführung abfallspezifische Mehrkosten von DM 30 – 50.--/Mg Input ergeben

Die TOC-Konzentrationen von 2 mg/m³ im Reingas, resultierend aus dem Vorschlag der Frachtbegrenzung auf 55 gC/mg, sind auch mit den thermischen Verfahren nicht gewährleistet.

5 AUSBLICK

Mit dem vorgestellten BCO-Verfahren werden die behördlichen und gesetzlichen Grenzwerte für

- Geruch
- Staub
- NH₃

sicher eingehalten.

Die BCO-Technologie gewährleistet NMVOC-Konzentrationen von 20 mgC/m³ (entsprechend 300 gC/mg,Input) im Reingas.

Das BCO-Verfahren hat sich für Anwendungsfälle im Abfallbereich im langjährigen großtechnischen Dauerbetrieb erfolgreich bewährt.

Die Wirtschaftlichkeit der MBA-Technologie ist bei Einsatz des BCO-Verfahrens weiterhin gewährleistet.

Die weitergehende Reduzierung der Emissionen im Reingas, speziell der TOC-Konzentrationen und –frachten, wird derzeit im Rahmen von Demonstrationsverfahren durch fortlaufende Optimierung der Verfahrenskombination untersucht. Diese Aufgabenstellung wird in enger Kooperation mit den maßgeblichen wissenschaftlichen Institutionen für den MBA-Bereich bearbeitet. Ein Teilbereich der Vorhaben ist die Untersuchung der Behandlung von Teilluftströmen (Intensivrottebereich). Ziel dieser Demonstrationsvorhaben ist es weiterhin, wie bisher durch das BCO-Verfahren gewährleistet, den ökonomischen Anforderungen dieses Wirtschaftszweiges gerecht zu werden.

6 LITERATUR

UBA III 4, (1999): Bericht zur „Ökologischen Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung. Umweltbundesamt III 4, Berlin.

Doedens, H./Cuhls, C./Collins, H.-J./Fricke, K. (1999): Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an die mechanisch-biologische Vorbehandlung (MBV) aufgrund der Emissionen von Stäuben, anorganischen und organischen Stoffen.

Wallmann, R. (1999): Ökologische Bewertung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung und der Müllverbrennung auf Basis von Energie- und Schadgasbilanzen. Heft 38 der Schriftenreihe des ANS e.V.; Mettmann.

Ketelsen, K./Cuhls, C. (1999): Emissionen bei der mechanisch-biologischen Behandlung von Restabfällen und deren Minimierung bei gekapselten MBA-Systemen. Vortrag bei 11. Kasseler Abfallforum, 1999, Kassel, 20.-22.02.1999 sowie veröff. in: Bio- und Restabfallbehandlung III (199), in der Reihe „Abfallwirtschaft – Neues aus Forschung und Praxis“, Baeza-Verlag, Witzenhausen, S. 461-482

Doedens, H. (1998): Stand der Technik MBA- geschlossene Anlagen. Vortrag und Manuskript bei „Deponietechnik '98“ 28./29.01.1998 in Hamburg.

LAI (Länderausschuß für Immissionsschutz (1996): Bewertungsschema zur Klassifizierung organischer Stoffe nach Nr. 3.1.7 TA-Luft. LAI-Schriftenreihe Band 13, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Anforderungen an die Ablufferfassung und Reinigung *aus Sicht der Entsorgungswirtschaft*

Gerhard Ganster // ASA Wiener Neustadt GmbH, Neunkirchnerstraße 119, A-2700 Wiener Neustadt

Anforderungen an die Ablufferfassung und Reinigung aus Sicht der Entsorgungswirtschaft

Gerhard Ganster // ASA Wiener Neustadt GmbH, Neunkirchnerstraße 119, A-2700 Wiener Neustadt

1 UMFELD FÜR DIE FORMULIERUNG VON ANFORDERUNGEN

Scheint die Formulierung von Anforderungen an die Ablufferfassung und -reinigung vordergründig eine rein technische Frage zu sein, so ist sie doch letztlich eine umweltpolitische. Verbirgt sich doch dahinter auch die Fragestellung hinsichtlich Verhältnismäßigkeit der wirtschaftlichen und ökologischen Aspekte, die erfahrungsgemäß ausschließlich politisch beurteilt werden.

Aus diesem Grund fordert seit jeher die Entsorgungswirtschaft eine umfassende Leitlinie für Umwelt und Abfallpolitik mit klaren umweltpolitischen und abfallwirtschaftlichen Zielsetzungen. Diese Leitlinie könnte uns davor bewahren technische Fragen, wie z.B. die nachhaltige Entsorgung mit MVA oder MBA, ständig mit politisch gefärbten Argumenten zu verwässern. Wenn die umweltpolitischen Fragen geklärt wären, müssten nicht konfliktrträgliche Vergleiche im Emissionsverhalten zwischen MBA und MVA gezogen werden.

1.1 Zum Stand der Technik

Bei der Formulierung der technischen Randbedingungen für MBA's sind wir, abgesehen von den weiter entwickelten analytischen Methoden und dem weiter fortgeschrittenen Erfahrungsstand hinsichtlich der stoffspezifischen Wirkungsweisen, ungefähr dort sind wo wir für die Müllverbrennungsanlagen vor 12 – 15 Jahren waren. Die überwiegende Zahl von bestehenden Anlagen ist mit einfachen End-Of-Pipe-Techniken im wesentlichen zum Zwecke der Geruchsminimierung im Abluftstrom ausgerüstet. Diese sind nicht auf spezifische Schadstoffminimierung hin optimiert. Wir wissen jedoch, dass der Betrieb unter Beachtung wesentlicher Faktoren wie z.B. fluid- und thermodynamischer Faktoren, C/N-Verhältnis etc. optimierbar ist. Die vorgelagerten Sättigungsstrecken sind ob ihres Potentials als Staub- und Ammoniaksenken nicht erkannt und ausgebaut.

Der Ablufferfassungseinrichtungen sind unterentwickelt und im wesentlichen auf der Erfassung der Abluft aus den Intensivrotte beschränkt. Die Notwendigkeit der Kapselung von anderen Bereichen wurde nur bei Geruchsbelästigung erkannt.

Hinsichtlich der Optimierung der bestehenden Systeme sind vor allem die Anlagenhersteller gefordert. Die Entwicklung würde durch politische Festlegungen wesentlichen Antrieb erhalten und überdies würde dann die mühsame Feststellung der Gleichwertigkeit und Ungleichwertigkeit von technischen Maßnahmen, vor allem wenn diese technische Maßnahmen aufgrund von fehlenden Daten noch nicht ausreichend begründet sind, in den Hintergrund treten.

1.2 Zu den Fragen der Wirtschaftlichkeit

Die Entsorgungswirtschaft betreibt mechanisch biologische Anlagen unter dem Aspekt der Effektivität, Ressourcenschonung und Kostenoptimierung und akzeptiert Regulierungen sofern sie nicht wettbewerbsverzerrend sind. Die ökonomische Existenzberechtigung ergibt sich durch das Vorgesagte. Die nichtökonomische aus dem Leitbild zur Umweltpolitik.

2 FORMULIERUNG VON KAPAZITÄTSABHÄNGIGEN ANFORDERUNGEN

Es ergeben sich, abhängig vom Leitbild der Umweltpolitik, unterschiedliche technische Anforderungen. Werden z.B. MBA's aus Ballungsräumen verbannt, dann sind kleinere Anlagenkonzepte gefragt die dezentral, logistisch optimiert sind. Die Quellstärken sind dann geringer, wir können uns im allgemeinen auf die klassischen Fragestellungen wie Geruchsbelastigung, Arbeitnehmerschutz und Sicherheit konzentrieren. Sonstige Fragen der Umwelthygiene sollten standortspezifisch geregelt werden. In diesen Anlagensegment < 100.000 Jahrestonnen gehen wir davon aus, dass wir mit optimierten klassischen Abluftreinigungssystemen (Biofilter/Wäscher) das Auslangen finden werden. Durch Kreislaufführung, d.h. ordnungsgemäßes Luftmanagement, Temperatur und Feuchterege lung forcierter Ammoniak-Vorabscheidung haben wir im System Wäscher-Biofilter ein brauchbares Abluftreinigungssystem.

Für Anlagen < 100.000 Jahrestonnen ist neben der Festschreibung einer Geruchsbegrenzung (wobei die Festschreibung von Abscheidewirkungsgraden der Formulierung eines absoluten Grenzwertes vorzuziehen ist) eine Staubkonzentrationsbegrenzung gegeben. Die Überwachung von Ammoniak und Methanemissionen können die Kontrollen des Filtersystems unterstützen. Eine Vorschreibung des TOC-Wertes als Emissionsgrenze ist nicht sinnvoll, weil daraus umweltrelevante Abluftinhaltsstoffe nicht ableitbar sind. Alle anderen Emissionen sind standortbezogen zu beurteilen. Dies kann über Ausbreitungsrechnung im Planfeststellungsverfahren beurteilt werden.

Für Anlagen > 100.000 Jahrestonnen sind Abluftgrenzwerte und Frachtbegrenzungen in sinnvollen Dimensionen hilfreich. Regulierungen sind hier aus Wettbewerbsgründen absolut notwendig. Das kann auch zur Erweiterung der End-Of-Pipe Verfahrenskette führen. Bestimmte Verfahren sollten jedoch nicht vorgeschrieben werden.

Für alle Anlagengrößen sehen wir die Erfassung der Abluftströme aus den Intensivrottebereichen schon aus Geruchsminimierungsgründen und Fragen des Arbeitnehmerschutz als notwendig an. Hinsichtlich Trennung und Zusammenführung von Abluftströmen sind weitere Diskussionen notwendig. Auch hier sollten abhängig von der Anlagengröße Lösungen erarbeitet werden.

3 ZUSAMMENFASSEND

Aus Sicht der Entsorgungswirtschaft wünschen wir uns aus Wettbewerbsgründen umso mehr Regulierung je größer die Anlagenkapazitäten um so geringer je kleiner die Anlagen sind. Die Erfüllung dieser Anforderungen erscheint sinnvoll und ausreichend, so ferne die Umweltpolitik sagt, MBA's soll es geben, und wir wollen sie nicht durch Lizitationspolitik unter dem Deckmäntelchen der technischen Argumentation verhindern.

Anforderungen an die Ablufferfassung / Reinigung

Karl Hagspiel // Hubert Häusle GmbH & Co KG, Sandgasse 22, A-6850 Dornbirn (für den Interessentenverband MBA)

Anforderungen an die Ablufferfassung / Reinigung

Karl Hagspiel // Hubert Häusle GmbH & Co KG, Sandgasse 22, A-6850 Dornbirn (für den Interessentenverband MBA)

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich bedanke mich bei den Veranstaltern für die Möglichkeit, hier einige Punkte aus der Sicht der Betreiber darzulegen. Ich freue mich, geschätztes Auditorium, für Ihr Interesse und sage Ihnen Dank für die aufgewendete Zeit.

Präambel

Mit jeder neuen oder erneut im abfallwirtschaftlichen Reigen der Behandlungstechnologie auftauchenden Methode, muß eine Diskussion über die Rahmenbedingungen geführt werden. Es müssen die Vorgaben für den Einsatz dieser Technologie festgelegt werden. Die berechnete Forderung nach Schutz unserer Umwelt muß gewährleistet sein. Oft mußten wir spät - teilweise zu spät - Versäumtes teuer und aufwendig nachholen oder Irreparables wohl oder übel akzeptieren.

Ich bekenne mich hier dazu, daß wir als Gesellschaft in der Lage sein müssen und es uns leisten können, eine geregelte Abfallwirtschaft oder noch besser ein Ressourcenmanagement zu betreiben. Die Zielvorgabe ist im AWG definiert.

Dazu gehören nach Ausschöpfen des Vermeidungspotentiales auch die (Wieder)Verwertung und Entsorgung von Abfällen. Diese wirtschaftlichen Aktivitäten sind durch klare, verbindliche Rahmenbedingungen so in das Gesamtgefüge einzubetten, daß unsere Umwelt vor schädlichen Belastungen geschützt ist. Ich bin für die Erstellung von Grenzen und anschließend für die rigorose Überprüfung der Einhaltung.

Ich bin aber auch ganz klar dagegen, daß einerseits Grenzwerte überhastet und rein fallbezogen erstellt werden und daß andererseits spezifische Parameter einer Technologie als Meßlatte für eine andere Technologie benutzt und vorgeschrieben werden.

Ich möchte hier auch hinzufügen, daß eine ökologische Bewertung stets mit einer ökonomischen Betrachtung einhergehen muß. Akzeptanz ist eine Voraussetzung für Erfolg.

Stand

MBA – mechanisch biologische Abfallbehandlung - ist explizit als Möglichkeit für die Abfallwirtschaft in Österreich als sinnvolle Ergänzung oder als Vorstufe zu den bisherigen Möglichkeiten **Deponie – Verbrennung** geschaffen oder vielerorts wieder entdeckt worden.

Und ich bin der festen Überzeugung, daß die mechanisch biologische Abfallbehandlung einen festen Platz in der österreichischen Abfallwirtschaft haben wird und diesen auch verdient. Es fehlt – und das ist eine persönlicher Gedanke - bei der Abkürzung das **T** für die thermische Verwertung. Dieses Bekenntnis steht auch ganz klar in den Zieldefinitionen bei der Gründung des Interessentenverbundes MBA (IV MBA). Ich hoffe mit meinen Kolleginnen und Kollegen, daß wir mit diesem ehrlichen Bekenntnis die kontraproduktive Energieverschwendung im Zuge der nur in **entweder/oder** geführten Diskussion über Deponie oder Thermik reduzieren können.

Wir produzieren den für die nachfolgenden Behandlungen bestens nutzbaren Rohstoff oder Reststoff. Für die stoffliche Verwertung, für die thermische Verwertung und für die Ablagerung in der Deponie.

Bei der mechanisch biologischen Abfallbehandlung – kurz MBA – ist natürlich die Emission eine grundlegende Frage. Die Erfassung, Charakterisierung und entsprechende Entfrachtung der entstehenden Abgasströme ist notwendig.

Im Bewußtsein dieser Notwendigkeit wurden in der BRD bereits enorme Summen für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet ausgegeben. Ich denke, wir in Österreich können viele Erkenntnisse übernehmen. Ich bin aber der Überzeugung, daß die Interpretation der Ergebnisse in Österreich hinterfragt werden darf. Es muß auch deutlich gemacht werden, daß in der BRD stark unterschiedliche Ansätze für die Genehmigung von MBA-Anlagen in den Bundesländern angewendet werden.

Die Abluft ist ein Vielstoffgemisch mit eine Reihe von Substanzen, die in der Natur nicht oder kaum vorkommen. Sie sind aber über den Umweg der Produktion, Nutzung oder Teilnutzung im Abfall gelandet und werden hier im Zuge der MBA mechanisch, physikalisch oder chemisch bearbeitet oder modifiziert. Es entstehen auch neue Stoffe als Intermediärprodukte beim mikrobiologischen Umbau während der Rotte.

Umfangreiche Untersuchungen in der BRD und teilweise auch in Österreich geben Aufschluß über die qualitative und quantitative Zusammensetzung. Dies ist im Bericht über das Verbundvorhaben mechanisch biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen nachzulesen.

Das Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie – falls es zum Zeitpunkt dieser Veranstaltung noch so heißt - ist intensiv mit der Thematik Abluft beschäftigt. Es werden in hochkarätig besetzten Arbeitsgruppen die Fragen der Stabilität auf der Deponie – welche hier und heute nicht unbedingt Thema ist. Auch die Frage der Abluft wird in einem anderen Arbeitskreis behandelt, wozu in österreichischen Verwertungsanlagen noch Untersuchungen durchgeführt werden, um eine fundierte Datenbasis für die kommende Festlegung der Grenzwerte oder der Frachtebegrenzung zu erhalten.

Ich möchte gerade hier nicht vorgreifen und auch nicht die Diskussion der einzeln genannten oder schon in Entwürfen stehenden Werte anführen und diskutieren.

Ich bin Betreiber und damit derjenige, der diese festgesetzten Werte einhalten muß. Damit fällt mir die Rolle zu, diese wissenschaftlichen Argumente, die auf seriösen Untersuchungen und Analysen beruhen, als solche zu akzeptieren.

Ich bin aber auch verpflichtet, diese wissenschaftlichen Daten in den Gesamtkontext zu stellen. Ich muß die Durchführbarkeit der anstehenden Methoden hinterfragen, ich muß auf der Basis meines Wissens die Aussagekraft der einzelnen Parameter darlegen und ich bin meinen Kunden bzw. wir unseren Kunden verpflichtet, auch die Kosten/Nutzen-Frage zu stellen. Ich kann hier nicht die Diskussion über monetären Wert von Gesundheit führen. Glauben Sie mir, ich möchte meine Gesundheit nicht aufs Spiel setzen. Aber man darf hinterfragen, ob die Erfassung eines Parameters, der zudem nicht die gewünschte Aussagekraft hat, zielführend ist. Ein Beispiel aus dem Bereich der Ablagerung ist hier der viel diskutierte obere Heizwert H_o oder die berühmten 5 % TOC. Beide Werte kommen nicht aus dem Bereich den sie beschreiben sollten und haben in Zusammenhang mit der Charakterisierung des abzulagernden Materials kaum Aussagekraft. Die Forderung nach „reaktionsarmer“ Deponie ist damit nicht zu charakterisieren.

Jede Analyse kostet Geld und diese Kosten haben Einfluß auf die Verwertung und/oder auf die Entsorgungspreise. Damit geht natürlich die Akzeptanz der Bevölkerung einher - und Akzeptanz ist eine Voraussetzung für Erfolg. Das bedeutet, daß wir das für optimales Ressourcenmanagement zur Verfügung stehende Geld dort einsetzen müssen, wo wir den größten Nutzen erzielen können.

Damit möchte ich nochmals betonen, daß für mich bei der Festlegung von Grenzwerten, von Frachten oder von Reduktionspotential darum geht, die Verhältnismäßigkeit zu bewahren. Ich bin auch fest davon überzeugt, daß Festlegung von Grenzwerten nie gleichbedeutend sein kann mit Vorschreibung von bestimmten Technologien oder definierten Konzepten ist. Es muß die Einhaltung von sinnvollen und praktikablen Rahmenbedingungen auch noch planerische, betriebstechnische und technologische Freiheiten und Spitzfindigkeiten zulassen.

Wir als Betreiber können nicht akzeptieren, daß über spezifische Grenzwertfestlegung Technologien ausgeschlossen werden bzw. der Zwang zu einer einzigen Technologie besteht.

Ich möchte hier zum Schluß nochmals bekräftigen, daß die Entsorgungswirtschaft und im besonderen die einzelnen Betreiber froh über klare Rahmenbedingungen sind. Diese helfen uns, bei neuen Vorhaben zielgerichtet und richtig zu investieren und somit die Kosten auf einem volkswirtschaftlich erträglichen Niveau zu halten. Wir können auch überzogene Forderungen einhalten – aber es kann nicht angehen, uns als Betreiber wegen der Preise verantwortlich zu machen und als Monopolisten in Mißkredit zu bringen. Monopol kann auch durch zu technologiespezifische Parameter erzeugt werden.

Mir stellt sich auch oft die Frage, ob wir noch immer in „End of pipe“-Manier denken und handeln können und damit viel Volksvermögen in die Behebung von Fehlern stecken - also reagieren. Ich gebe Ihnen zum Abschluß eine Mitteilung aus dem Bericht „Emissionen aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen (Cuhls C. und Dodens H. 1998) mit auf den Weg:

„Beispielhaft sei hier der signifikant erhöhte Austrag von 1,4-Dichlorbenzol im Reingas genannt; der z.B. auf „Toilettensteine“ im Abfall zurückgeführt werden könnte.“

Hier wird die beworbene Atlantikfrische aus dem WC plötzlich zum Problemstoff bei der Abfallbehandlung.

Anforderungen an eine kontinuierliche Abluftmessung – Übertragung auf eine zukünftige Anwendung bei mecha- nisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen

Uwe Düwel // ERGO Forschungsgesellschaft mbH, Geierstraße 1, D-22305 Hamburg

Anforderungen an eine kontinuierliche Abluftmessung – Übertragung auf eine zukünftige Anwendung bei mecha- nisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen

Uwe Düwel // ERGO Forschungsgesellschaft mbH, Geierstraße 1, D-22305 Hamburg

1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die in der TA-Siedlungsabfall festgelegte Anforderung, dass zukünftig nur vorbehandelte Abfälle in Deponien abgelagert werden dürfen, hat als Alternative zu den thermischen Behandlungsverfahren die Entwicklung der mechanisch-biologischen Verfahren gefördert [*Bericht des Umweltbundesamts Berlin (Juli 1999)*]. Da auch bei diesen Prozessen Abgase entstehen, wird diesbezüglich von dem Gesetz- bzw. Verordnungsgeber für die messtechnische Überwachung der Abgase eine Gleichbehandlung mit anderen Anlagen, die beispielsweise nach TA-Luft bzw. 17. BImSchV genehmigt wurden, zukünftig erwartet. Dies bedeutet für relevante Schadstoffparameter entweder eine Überwachung an Hand von Einzelmessungen oder auch die Installation von kontinuierlich arbeitenden Emissionsmess-Systemen. Um hier auf Dauer belastbare Messdaten zu erhalten, sind für den Betrieb solcher Emissionsmess-Systeme im Verlaufe von vielen Jahren Regelungen - meist auch auf gesetzlicher Basis - eingeführt worden, die Mindestanforderungen an die Messgeräte, Funktionsprüfungen und Kalibrierungen umfassen [*VDI 3950, 1994*]. Es ist zu erwarten, dass für Mess-Systeme an mechanisch-biologischen Anlagen im Anwendungsfall die gleichen Bedingungen gelten.

Der folgende Beitrag soll zeigen, welche Anforderungen und Aufwendungen mit dem Betrieb solcher Mess-Systeme verbunden sind, die auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom Gesetzgeber gefordert werden, wobei auf langjährige Erfahrungen im Bereich von Abfallverbrennungsanlagen, Großfeuerungsanlagen und der nach TA-Luft genehmigten Anlagen zurückgegriffen werden kann.

2 KONTINUIERLICHE MESSUNG IN ABGASEN MIT AUTOMATISCH REGISTRIERENDEN MESSGERÄTEN – ÜBERSICHT

Um eine kontinuierliche Messung von Abgasen durchführen zu können, ist die Installation und Wartung einer Reihe von Gerätekomponenten notwendig. Dazu gehören Einrichtungen zur Probenahme (diese entfällt bei sog. In-situ-Messverfahren, die die Messung direkt im Abgas durchführen), eine Gasaufbereitung, die eigentlichen Analytoren, die Überprüfung der Analytoren anhand von Prüfgasen und schließlich ein Auswerterechner, der die von den Analytoren ständig gelieferten Messsignale so aufbereitet, dass ein Vergleich der gemessenen Werte mit den Grenzwerten möglich wird. Eine Übersicht ist in der Abbildung 1 dargestellt.

2.1 Probenahme

Mit Hilfe der Probenahmeeinrichtung von automatisch registrierenden Geräten wird das Abgas aus dem Abgaskanal entnommen. Hierbei wie auch in den folgenden Schritten ist durch geeignete konzeptionelle und konstruktive Maßnahmen dafür zu sorgen, dass die Konzentration der zu messenden Stoffe dabei nicht verändert wird. Im Allgemeinen bedeutet dies, dass

die Probenahmeeinrichtung beheizt sein muss, um eine Kondensation von im Abgas befindlichem Wasserdampf zu verhindern. Darüber hinaus wird in dem Probenahmekopf in der Regel eine Filtration von Staub vorgenommen, um eine Verschmutzung der nachfolgenden Gaswege der Messeinrichtung zu verhindern. Bei ungeeigneter Probenahme kann es bereits in dieser Stufe zu erheblichen Verlusten der Messkomponente kommen.

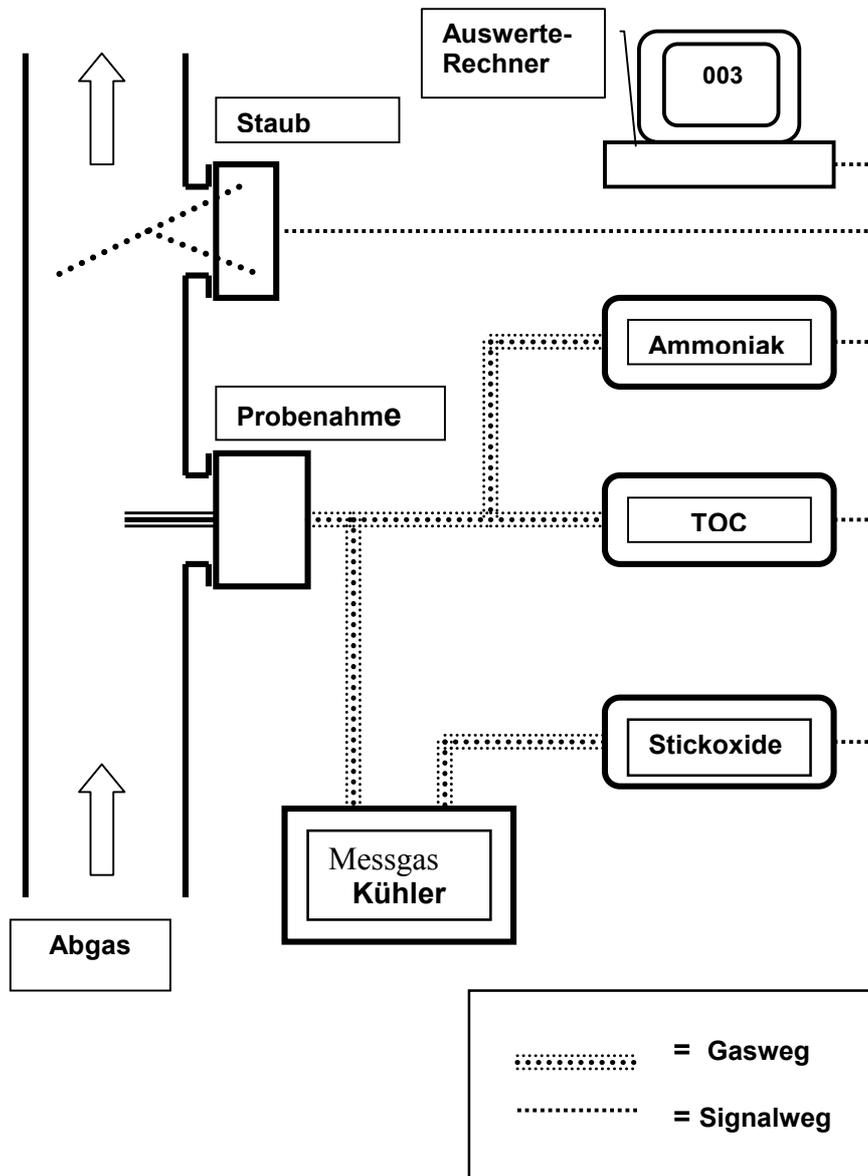


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau einer kontinuierlich arbeitenden Emissionsmessung

2.2 Gasaufbereitung

Die Gasaufbereitung besteht in der Regel aus einem sog. Messgaskühler, der durch Kühlung auf ca. 4°C die Entfernung des Wasserdampfes aus dem Proben gas bewirkt. Dies kann natürlich nur für die Komponenten vorgenommen werden, die wenig wasserlöslich sind, wie beispielsweise SO₂, NO_x, CO und Sauerstoff. Extrem gut wasserlösliche Komponenten wie beispielsweise HCL und NH₃ müssen ohne Entfernung von Wasserdampf aus dem Proben gas direkt gemessen werden.

2.3 Analytoren

In den Analytoren wird die eigentliche Messung der Konzentration vorgenommen. Es gibt sehr unterschiedliche Messprinzipien, abhängig von den Komponenten. Sehr verbreitet ist beispielsweise das Streulichtverfahren für die Messung von Staub, die Anwendung der Infrarot- und UV-Messtechnik für Gase und das Prinzip des Flammen-Ionisations-Detektors für die Messung von Gesamt-Kohlenstoff. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Tatsache, dass nur Analytoren eingesetzt werden dürfen, die auf Basis einer sogenannten „Eignungsprüfung“ für den jeweiligen Anlagentyp zugelassen worden sind, wobei dies sowohl den Analytoren als auch die dazugehörige Probenahmeeinrichtung betrifft.

2.4 Prüfgase

Die Analytoren müssen in regelmäßigen Abständen mit Hilfe von Prüfgasen überprüft bzw. eingestellt werden. Dazu werden die Geräte in festgelegten Intervallen (z.B. einmal in der Woche) mit Stickstoff, dem sog. Null-Gas, und mit Prüfgasen von einem genau bekannten Gehalt der zu messenden Komponente beaufschlagt. Bei Abweichungen vom Null-Punkt bzw. dem Referenzpunkt wird dann meist automatisch eine Korrektur vorgenommen.

2.5 Auswerterechner

Die kontinuierlich messenden Geräte liefern ein ständiges Signal über die Konzentration der Schadstoffe im Abgas. Damit ein Vergleich mit den Grenzwerten möglich wird, müssen diese Daten aufbereitet werden. So sind beispielsweise die Grenzwerte überwiegend auf einen Halbstunden-Mittelwert bezogen, das heißt nicht der momentan von den Geräten angezeigte Wert ist maßgeblich, sondern der Wert, den man durch Mittelung aller Einzelwerte über eine halbe Stunde erhält. Daneben gibt es auch den Bezug auf die 24 h eines Kalendertages, den sogenannten Tagesmittelwert.

Darüber hinaus besteht in den Regelwerken der TA-Luft und den anderen Verordnungen ein Bezug auf den Sauerstoffgehalt. Dies soll verhindern, dass Messwerte durch Verdünnung mit Luft erniedrigt werden. Für die mechanisch-biologischen Anlagen ist dies nach den derzeitigen Diskussionen durch einen Bezug auf die durchgesetzte Abfallmenge zu ersetzen, da im Verlaufe der Behandlung eine wesentliche Veränderung des Sauerstoffgehaltes nicht eintritt. Gesetzlich vorgeschriebene automatische Messeinrichtungen müssen in der Bundesrepublik Deutschland darüber hinaus funktionsgeprüft und kalibriert werden (siehe Kapitel 4). Die bei der Kalibrierung ermittelte Kalibrierkurve ist bei den Mittelwertbildungen laufend zu berücksichtigen.

Alle vorgenannten Korrektur- und Auswerteschritte werden in dem sog. Auswerterechner vorgenommen.

Der Auswerterechner übernimmt darüber hinaus die sogenannte Klassierung der Messwerte. Die im allgemeinen recht unübersichtliche Methode, Messwerte mit Hilfe von Linienschrei-

bern zu dokumentieren, wird bei der Klassierung durch die Bildung von Konzentrationsklassen ersetzt (im allgemeinen 20 Klassen im Bereich von Null bis zum Grenzwert). Im Rechner wird jeder $\frac{1}{2}$ h-Mittelwert der entsprechenden Konzentrationsklasse zugeordnet und in diese Klasse gezählt. Als Resultat erhält man für definierte Zeitabschnitte (z.B. für einen 24-h Tag und für ein 1 Kalenderjahr) eine Tabelle, aus der zu erkennen ist, in welcher der Konzentrationsklassen sich die meisten Werte befinden und ob es Grenzwert-Überschreitungen gab; wenn ja mit welcher Häufigkeit. Die Grenzwert-Überschreitungen werden im Gegensatz zu den unter dem Grenzwert liegenden Messwerten mit Datum und Uhrzeit dokumentiert.

3 DERZEIT IN DISKUSSION STEHENDE SCHADSTOFFE FÜR DIE KONTINUIERLICHE MESSUNG

Über eine Reihe von Untersuchungen wurde bereits festgestellt, welche Schadstoffe im Abgas einer MBA zu erwarten sind und welche relevant sind. Für die kontinuierliche Messung kann vom Gesetzgeber nur für die Schadstoffe die Installation entsprechender Messeinrichtungen gefordert werden, die vom Prinzip der technischen Anlage her eine Überschreitung von Grenzwerten möglich werden lassen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand [*Bericht des Umweltbundesamts Berlin (Juli 1999)*] handelt es sich hierbei um die Komponenten Staub, TOC (Gesamtkohlenstoff, Total Organic Carbon) sowie Ammoniak. Da Ammoniak nicht zu den Stoffen zählt, die in der TA-Luft bzw. den anderen Verordnungen als zu überwachende Schadstoffe genannt sind, stehen bei der folgenden Betrachtung im wesentlichen Staub und TOC im Vordergrund.

Für die Komponente TOC ergibt sich insofern eine Besonderheit, als dass mit dem üblichen Prinzip der Flammen-Ionisations-Messtechnik auch Methan erfasst wird, was gemäß TA-Luft keiner Emissionsbegrenzung unterliegt. Bei den MBA's liegt aber ein erheblicher Teil der organischen Belastung als Methan vor, die mit dem Flammen-Ionisationsprinzip auch erfasst wird. In Diskussion ist daher eine Messung des TOC ohne den Methananteil (NMTOC, Nicht Methan TOC).

3.1 Messprinzipien

Für die Überwachung der geringen Grenzwerte an Staub (zum Beispiel $10\text{mg}/\text{m}^3$) gibt es eine Reihe von Messverfahren, zum Beispiel das Streulichtverfahren, die Messung durch Beta-Absorption sowie die Differenzdruckmethode, wobei das Streulichtverfahren die weitaus größte Verbreitung erfahren hat. Das Prinzip kann anhand der Abbildung 2 erläutert werden. Das Gerät ist direkt am Abgaskanal installiert, wodurch eine gesonderte Probenahmeeinrichtung entfällt. Der Schutz des Gerätes und der optischen Schnittstellen zu dem Abgas wird durch Trennung mit Spülluft erreicht. Das Gerät sendet ständig einen Lichtstrahl unter einem bestimmten Winkel in das Abgas aus. Die im Abgas befindlichen Staubpartikel bewirken eine Streustrahlung, die von dem optischen System des Empfängers im Gerät aufgenommen wird. Je mehr Partikel sich im Abgas befinden, desto höher fällt die Intensität der Streustrahlung aus, so dass hier eine feste Beziehung besteht. Da die Intensität der Streustrahlung nicht nur von der Anzahl der Partikel, sondern auch von deren Farbe und Oberflächenstruktur abhängig ist, muss dieses Signal auf jeden Fall kalibriert werden. Dies bedeutet, dass beim Betrieb dieses Gerätes und der Aufzeichnung des Gerätesignals zeitgleich mit einem Referenzmessverfahren für die Staubmessung (zum Beispiel nach VDI 2066) [*VDI 2066, 1993*] Messungen durchgeführt werden, wobei die mit dem Referenzmessverfahren ermittelten Werte maßgeblich sind. Die daraus gebildete Kalibrierkurve wird im Auswerterechner abgelegt und bei der kontinuierlichen Messung laufend berücksichtigt.

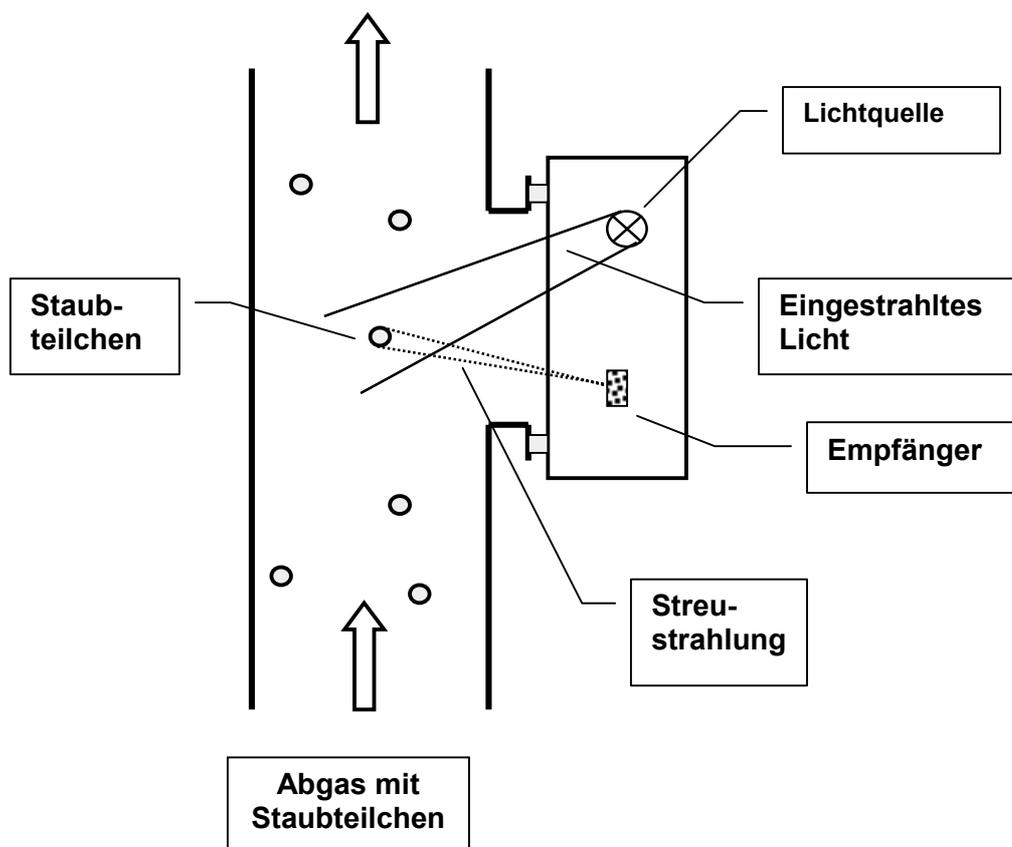


Abb. 2: Prinzip des Streulichtverfahrens

Eine etwas andere Anordnung ergibt sich, wenn das Abgas Wasser in Form von Wassertropfchen enthält. Diese würden bei dem Prinzip der Streustrahlung mit als Staub erfasst werden. In diesem Fall ist eine Teilstromentnahme aus dem Abgas notwendig, wobei der so entnommene Abgasteilstrom mit Hilfe beheizter Leitungen auf Temperaturen oberhalb des Wasserdampftaupunkts erhitzt wird.

Für die Messung des TOC bietet sich das Messprinzip des Flammen-Ionisations-Detektors (FID) an. Das Prinzip ist in der folgenden Abbildung erläutert. Die eigentliche Messzelle besteht aus einem kleinen Ofen, in dem eine sehr heiÙe Flamme aus Wasserstoff und Luft aufrechterhalten wird. Durch diese Flamme wird das Probengas geleitet, das in einer beheizten Leitung von der Probenahmesonde her zugeführt wird. In der Flamme werden die organischen Kohlenstoffverbindungen verbrannt, wobei eine Ionisation auftritt. Die entsprechende Ladung wird über Elektroden abgegriffen und am Gerät zur Anzeige gebracht. In erster Näherung ist die Geräteanzeige proportional zu der Anzahl der Kohlenstoffatome, aus denen die zugeführten organischen Verbindungen bestehen. Mit dem FID-Prinzip steht eine elegante Methode zur Verfügung, die gesamte Konzentration an organischen Verbindungen im Abgas zu messen, ohne eine Einzelstoffanalyse durchführen zu müssen, die im Gegensatz zu dem hier beschriebenen FID-Verfahren im allgemeinen außerordentlich aufwendig ist. Wie bereits erwähnt, wird aber mit dieser Methode auch das Methan voll erfasst, das ja in den entsprechenden Regelwerken wie der TA-Luft nicht als Schadstoff genannt ist. Soll das Methan nicht erfasst werden, ergibt sich eine kompliziertere Apparatur, die beispielsweise über eine Vorsäule nach dem Prinzip eines Gaschromatographen die Abtrennung des Methans

von den anderen organischen Stoffen vornimmt. Andere Messmethoden, die die Trennung von Methan über einen Katalysator vornehmen, sind am Markt erhältlich.

Es soll noch erwähnt werden, dass die TOC-Messung nach den beschriebenen Messprinzipien in jedem Fall im Probenahmesystem die Abtrennung des Staubes erforderlich macht. Organische Stoffe, die an Staub gebunden sind, werden daher von diesen System nicht erfasst.

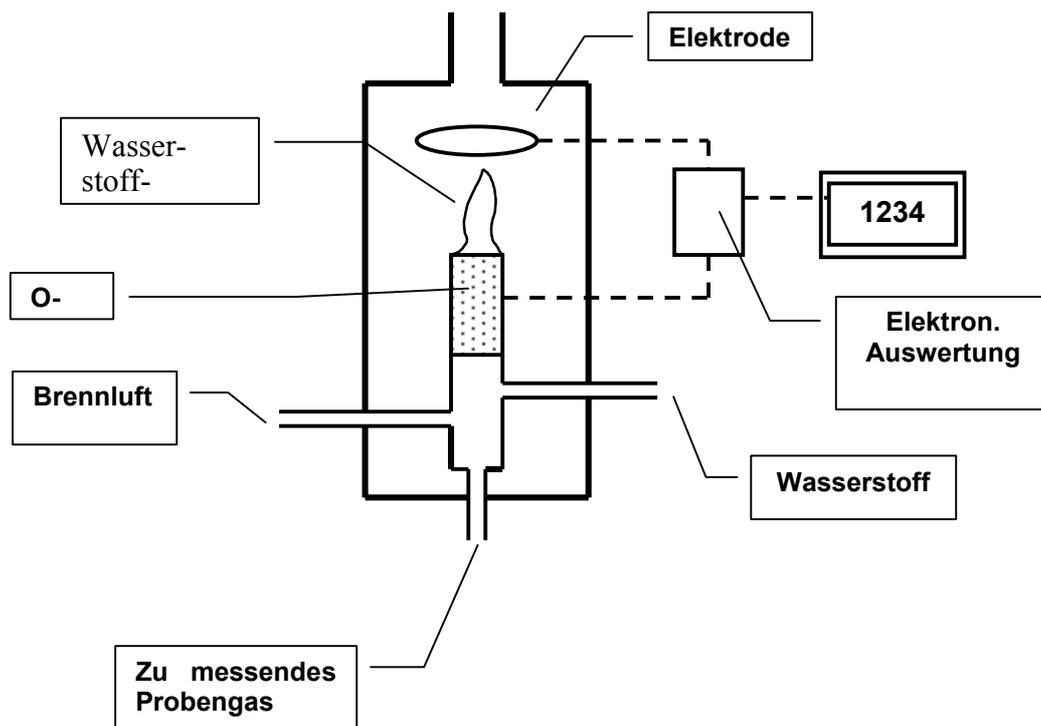


Abb. 3: Prinzip des Flammen-Ionisations-Detektors

4 FUNKTIONSPRÜFUNG UND KALIBRIERUNG

Auf Grund der Erfahrungen, die in Deutschland über lange Jahre mit dem Betrieb von automatisch registrierenden Messeinrichtungen gewonnen wurden, kamen die überwachenden Behörden zu dem Schluss, dass zur Ermittlung belastbarer Messwerte eine Überprüfung und Kalibrierung der Messeinrichtungen durch unabhängige Messinstitute notwendig ist. Für die auf emissionsschutzrechtlicher Basis betriebenen Messeinrichtungen ist daher durch eine nach § 26, 28 bekannt gegebene Messstelle jährlich eine Funktionsprüfung und alle drei Jahre eine Kalibrierung durchzuführen. Die Ergebnisse sind in einem entsprechenden Bericht zusammenzufassen, der von dem Messinstitut erstellt wird, und der üblicherweise vom Betreiber an die überwachende Behörde auszuhändigen ist.

4.1 Funktionsprüfung

Entsprechend der Bezeichnung dieser Prüfung wird die Funktionsfähigkeit der Messeinrichtungen überprüft. Dabei geht es um die Frage verstopfter Filter, der Richtigkeit der einge-

setzen Prüfgase, die richtig eingestellten Messbereiche sowie die richtige Signalübertragung zum Auswerterechner.

4.2 Kalibrierung

Wesentlich aufwendiger als die Funktionsprüfung ist die Kalibrierung der registrierenden Messgeräte, die alle drei Jahre durchzuführen ist. Das Prinzip der Kalibrierung besteht darin, dass möglichst bei unterschiedlichen Betriebszuständen Messungen mit Referenz-Messverfahren durchgeführt werden. Für Staub besteht beispielsweise das Referenz-Messverfahren in einer Probenahme mit Staub-Filtration nach der VDI-Richtlinie 2066. Hierbei wird die Staubkonzentration gravimetrisch bestimmt. Zeitgleich zur Anwendung des Referenz-Messverfahrens wird das elektrische Signal der registrierenden Messeinrichtung, zum Beispiel des Streulichtfotometers, aufgezeichnet. Beide Signale werden später in einem Koordinatensystem gegenüber gestellt und es wird eine Kalibrierkurve mit Hilfe der Regressionsrechnung ermittelt. Diese Kalibrierkurve wird als mathematische Funktion in dem Auswerterechner abgelegt. Bei den zukünftigen Messungen wird dann über diese Kalibrierkurve laufend das elektrische Signal des Staubmessgerätes in die gravimetrische Staubkonzentration, angegeben in mg/m^3 , umgerechnet.

Auch für die registrierende Messung der organischen Komponenten ist eine Kalibrierung durchzuführen. Als Referenz-Messverfahren kommen hier beispielsweise Messungen mit dem FID, mit der Silikagelmethode oder auch Einzelstoffmessungen in Frage.

Neben der Prüfung, ob die Konzentrationen richtig bestimmt werden, spielt bei der Kalibrierung auch die Prüfung der Repräsentativität der Messung im Abgas eine wesentliche Rolle. Probleme sind in diesem Bereich zu erwarten, wenn die Schadstoffe im Abgaskanal - beispielsweise auf Grund der Zusammenführung von Abgasströmen - nicht gleichmäßig verteilt sind.

4.3 Parametrierung des Auswerterechners

Die bei der Kalibrierung ermittelte Kalibrierkurve wird als Umkehrfunktion (Analysefunktion) im Auswerterechner abgelegt. Bei den zukünftigen Routinemessungen werden dann die elektrischen Signale der Analytoren entsprechend der Analysefunktion korrigiert. Die so ermittelten Werte werden zu Halbstunden- oder Tagesmittelwerten verrechnet und in dieser Form klassiert.

Wie bereits erwähnt, wird im Rahmen der Kalibrierung mit den Datenpaaren eine Regressionsrechnung durchgeführt. Darüber hinaus werden aus diesen Daten Kenngrößen für die Messunsicherheit, der sog. Vertrauensbereich und der Unsicherheitsbereich, ermittelt. Diese Bereiche spielen eine wesentliche Rolle bei der Frage, ob bei Werten knapp über dem Grenzwert bereits im juristischen Sinne eine Grenzwertüberschreitung besteht oder nicht. Dabei wird die bei der Kalibrierung ermittelte Messunsicherheit zugunsten des Betreibers berücksichtigt.

5 LITERATURVERZEICHNIS

Bericht des Umweltbundesamts Berlin (Juli 1999): „Ökologische Vertretbarkeit“ der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung.

DÜWEL, U. (2000): Kalibrierung automatischer Messeinrichtungen. In: Seminar des VDI-Bildungswerks.: Messtechnik bei Verbrennungsanlagen, 03. – 04. Februar 2000, Düsseldorf. (In Vorbereitung).

RdSchr.d.BMU vom 8.6.1998; Gemeinsames Ministerialblatt IG I 3 – 51 134 / 3)

VDI Handbuch Reinhaltung der Luft: VDI 2066, Blatt 7: Manuelle Messung in strömenden Gasen. Gravimetrische Bestimmung geringer Staubgehalte. Beuth Verlag, Berlin (Juli 1993).

VDI Handbuch Reinhaltung der Luft: VDI 3950, Blatt 1: Kalibrierung automatischer Emissionsmeseinrichtungen. Beuth Verlag, Berlin (Juli 1994).

On-line Analysatoren für Abluftmessungen

*J. Leonhardt, H. Bensch und R. Rudolph // IUT – Institut für Umwelttechnologie GmbH,
Rudower Chaussee 5, D-12489 Berlin-Adlershof*

On-line Analysatoren für Abluftmessungen

*J. Leonhardt, H. Bensch und R. Rudolph // IUT – Institut für Umwelttechnologie GmbH,
Rudower Chaussee 5, D-12489 Berlin-Adlershof*

1 EINFÜHRUNG

Erkennung, Nachweis und das Monitoring von Schadstoffen spielen eine große Rolle bei der Emissionskontrolle und der Prozessanalytik zur Gewährleistung der Sicherheit bei allen industriellen Prozessen, bei denen toxische Stoffe verarbeitet werden bzw. entstehen und freigesetzt werden können. Die zuverlässige Messung arbeitsplatz- und umweltrelevanter Grenzwerte sowie von Parametern für die Prozessführung und / oder -kontrolle ist oberstes Gebot moderner industrieller Aufbereitungsanlagen.

Für die schnelle vor-Ort-Identifizierung werden zunehmend mobile Analysensysteme mit hoher Empfindlichkeit und Spezifität bei möglichst geringem Bedienungsaufwand und robuster Konstruktion gefordert. Ortsunabhängig arbeitende Photoionisationsdetektoren (PID) mit gaschromatographischer Vortrennung (GC-PID) sowie Ionenmobilitätsspektrometer (IMS) ohne und mit speziellen Multikapillarsäulen erfüllen diese Anforderungen in hohem Maße und haben sich seit ca. 10 Jahren in der Praxis bestens bewährt.

GC-PID und IMS der I.U.T. GmbH Berlin zeichnen sich durch eine besonders hohe Empfindlichkeit aus. Nicht zuletzt aus diesem Grunde sind IUT-IMS z.B. zur Luftkontrolle im Reichstagsgebäude in Berlin eingebaut. Beide Gerätetypen sind robust gebaut und werden in mobiler, die IMS zusätzlich auch in stationärer Ausführung, angeboten. Entsprechend des Themas der Tagung und der Tatsache, daß in der MBA-Anlage Asslar der HERHOF Umwelttechnik GmbH ein GC-PID unserer GmbH eingesetzt ist, liegt der Schwerpunkt der folgenden Ausführungen bei diesem Gerätetyp.

2 GERÄTEVORSTELLUNG UND FUNKTIONSBESCHREIBUNG

2.1 Photoionisationsdetektor mit gaschromatographischer Vortrennung (GC-PID)

Der bei IUT entwickelte GC-PID dient zum selektiven Nachweis von organischen und einigen anorganischen Substanzen. Das Gerät mit den Abmessungen 400 x 500 x 150 mm³ hat ein Gewicht von ca. 6 kg (incl. Akku). Der GC-PID besteht im wesentlichen aus einer Samplingeinheit, der speziell angepaßten Vortrennung (kurze Kapillarsäule, z.B. SE 30 oder 54, Carbowax 20M u.a.) und dem eigentlichen PID mit UV-Lampen der Anregungsenergien 9,5 / 10,2 / 11,7 eV.

Als Trägergas für die GC-Vortrennung wird ausschließlich durch ein Kreislauffilter (Molsieb) getrocknete und gereinigte Luft verwendet, weitere Gase sind nicht erforderlich. Dies ist ein wesentlicher Vorteil dieser Technologie. Das Kreislauffilter ist für einen mindestens dreimonatigen Betrieb ausgelegt.

Das System arbeitet in einem geschlossenem Kreislauf. Zyklisch wird über das Sampling-system eine Probe aufgegeben und auf der Säule in ihre verschiedenen Komponenten aufgetrennt. Die so vorgetrennten Substanzen werden entsprechend ihrer Retentionszeit mit dem Trägergas zum Detektor transportiert und dort identifiziert.

Ansaugströmung durch die Probenschleife: 300 ml/min; Sampling: 500 µl; Strömung durch den Detektor: 35 ml/min; Innenvolumen PID: 100 µl.

Besonders hervorzuheben ist der geringe Zeitbedarf für eine Analyse. Die Retentionszeiten sind in der Regel kleiner als eine Minute.

Die Auswertung erfolgt mit Hilfe eines Notebooks und einer PCMCIA-Meßkarte. Eine spezielle Auswertesoftware, lauffähig unter WIN 95/98, wird von IUT angeboten. Ein Ausgang zum Anschluß eines Oszillografen ist vorhanden. Analoge Ausgangssignale 0 ... 10 V und Trigger TTL stehen zur Verfügung. Eine Weiterverarbeitung der vom GC-PID ausgegebenen Daten mit spezieller Software, z.B. MICROCAL® ORIGIN®, ist problemlos möglich.

Die nötige Betriebsspannung von 12 Volt DC wird über ein Netzteil oder den eingebauten Akku bereitgestellt. Dies, sowie die Möglichkeit zum Anschluß an eine Kfz.-Steckdose, gestattet einen ortsunabhängigen Einsatz, mit Akku für 3 bis max. 8 Stunden. Die Minimierung des Energieverbrauchs wird durch den isothermen Betrieb der Trennsäule, wahlweise mit 35, 55 oder 75 °C, gewährleistet. Mit einer samplingfreien Fahrweise bei 75°C läßt sich die Säule leicht reinigen.

2.2 Ionenmobilitätsspektrometer (IMS und GC-IMS)

Die IUT-IMS sind hinsichtlich Sampling, Gasführung, Träger- bzw. Betriebsgas sowie Stromversorgung ähnlich den PID-Systemen aufgebaut. Gleiches gilt für die Portable-Geräte hinsichtlich Abmessungen und Gewicht. Der wesentliche Unterschied besteht im Detektor und der Art der Ionisation der zu untersuchenden Stoffe. Gemessen wird die Driftzeit der von den zu untersuchenden Stoffen gebildeten Ionen als stoffspezifische Größe. Im Gegensatz zum Massenspektrometer arbeiten IMS bei Normaldruck.

Die Ionisation der über das Samplingsystem zugeführten Gasprobe erfolgt mit einer Tritiumquelle, abhängig von der geforderten Nachweisgenauigkeit und Empfindlichkeit mit Aktivitäten zwischen 5 MBq und 4,4 GBq. Es werden Nachweisempfindlichkeiten im ppm bis ppb-Bereich, z.T. bis zum ppt-Bereich, realisiert. Nach Durchlaufen der Driftzelle induzieren die Ionen einen elektrischen Impuls an der Sammelelektrode. Dieser wird verstärkt, gemessen und mit der zugehörigen Driftzeit registriert. Das so gewonnene Spektrum wird in einem internen 32-Bit Prozessor für die Ausgabe auf dem Display sowie für die externe Datenverarbeitung über eine serielle Schnittstelle RS 232 weiterverarbeitet. Analog zum PID besteht die Möglichkeit des Abgriffs für Oszillografen sowie die Ausgabe von Analogsignalen.

Da alle in der Probe enthaltenen Ionen gleichzeitig in die Driftzelle gelangen, kann dies zu Probleme führen, wenn neben leicht ionisierbaren Stoffen bevorzugt relativ inerte Stoffe empfindlich nachgewiesen werden müssen. Hierzu wird das Substanzgemisch ähnlich im GC-PID mittels einer Multikapillarsäule getrennt und damit jede Substanz abhängig von ihrer Retentionszeit in die Driftzelle gebracht. Durch Aufnahme der Retentionszeit in das Spektrum erhält man sehr aussagekräftige 3-dimensionale IMS-Spektren. Auf diese Weise lassen sich sogar Gemische aus Lösungsmittelabfällen empfindlich screenen. Die Multikapillar-Technik wurde für IUT patentiert.

3 APPLIKATIONSBEISPIELE

3.1 Abluftkontrolle in der MBA-Anlage Asslar mit GC-PID

In der MBA-Anlage der HERHOF Umwelttechnik GmbH, Asslar, erfolgt eine Abluftkontrolle als Bestandteil der Prozessanalytik mit einem mobilem GC-PID der IUT GmbH. Als Parameter für die Gasgüte werden im wesentlichen Limonen sowie die Aromaten Toluol, Ethylbenzol und Xylenisomere in Bereichen um 1 ppm gemessen. Beispiele für die in Asslar erfolgten Messungen sind in den Abbildungen 3.1.1 und 3.1.2 (Anlage) dargestellt.

3.2 Kontrolle Abgasreinigung bei der Leiterplattenfertigung mit GC-PID

Bei der Firma HEINE Spezialwiderstände, Dresden, erfolgt eine Reinigung der Prozessabluft aus der Leiterplattenbedruckung mit einem Plasmareaktor. Die erforderliche erfolgt mittels GC-PID. Abbildung 3.2 enthält eine Zeitreihe für die Rohgaszusammensetzung mit Schadstoffbelastungen im Bereich bis etwa 75 ppm (0,3Volt).

3.3 Kontrolle Abgasreinigung bei der Farbstoffherstellung mit GC-PID

Bei der Fa. Bollig & Kemper GmbH, Köln, waren orientierende Emissionsmessungen zum Nachweis organischer Schadstoffe zur Kontrolle der Abluftreinigungsanlage durchzuführen. In Abbildung 3.3 ist das GC-PID-Spektrum des Rohgases mit Kontaminationswerten zwischen 54 ppm (MIK) und 756 ppm (Xylen-Isomere) dargestellt.

3.4 Wesentliche Applikationen für den Einsatz von IMS und GC-IMS

- Arbeitsplatzmonitoring und Überwachung / Kontrolle MAK-Werte,
- Erkennung, Nachweis und Monitoring von hochtoxischen und gefährlichen Substanzen, wie chemische Kampfstoffe und Sprengstoffe u.a. militärchemischer Altlasten, Nachweisgrenzen zwischen $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VX) und $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Lewisit),
- Luftüberwachung in öffentlichen Gebäuden u.a. gefährdeten Bereichen,
- Prozesskontrolle in der chemischen und Halbleiterindustrie (Dotiergase),
- Erkennung und Nachweis von Drogen u.a. kontrollierten Substanzen,
- Erkennung und Unterscheidung von Aromastoffe enthaltenden Substanzen / Gemischen (z.B. Kaffee, Tee, Alkoholika).

4 ZUSAMMENFASSUNG

IUT-Gasspurenmonitore vom Typ GC-PID und IMS bzw. GC-IMS eignen sich sowohl zur Detektion der meisten im Arbeits- und Umweltschutz relevanten Gase und Dämpfe als auch zum zeitsparenden Screening unbekannter Abfallstoffe vor und während der Entsorgung und damit auch für die Prozesskontrolle.

IUT-Monitore sind robust aufgebaut, einfach zu bedienen, wartungsarm, netzunabhängig, portable und preiswert.

Sie haben extrem niedrige Nachweisgrenzen für die meisten bei Entsorgungs- und Altlastenproblemen relevanten Stoffe und eignen sich auch für die Prozessanalytik und -kontrolle. Größte Genauigkeit bieten die Systeme mit integrierter Vortrennung durch die patentierte Multikapillarsäulenteknik.

5 ANLAGEN

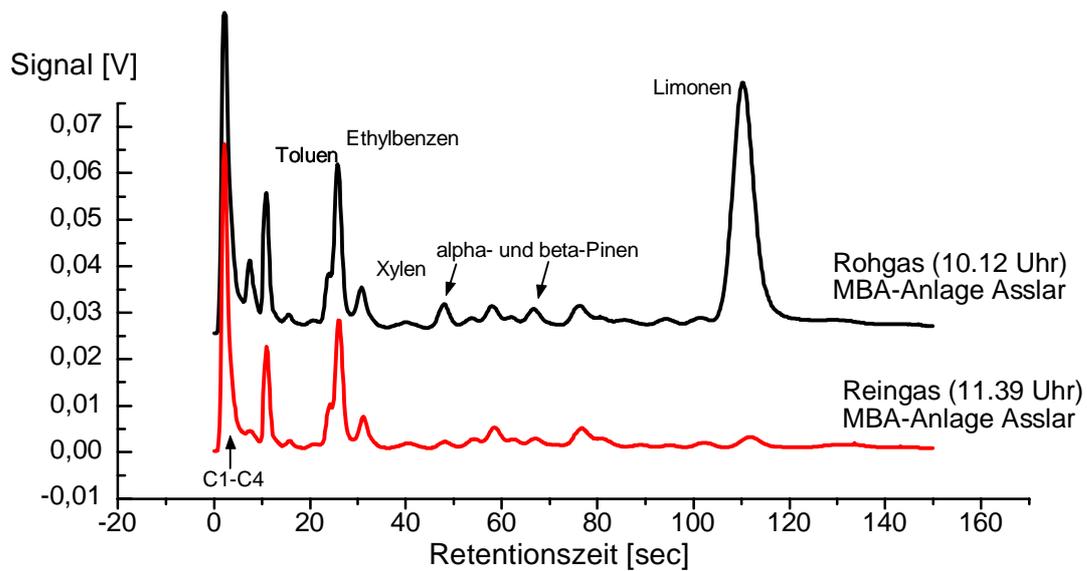


Abbildung 3.1.1: Abluftreinigung mit Plasma, Prozesskontrolle mit GC-PID

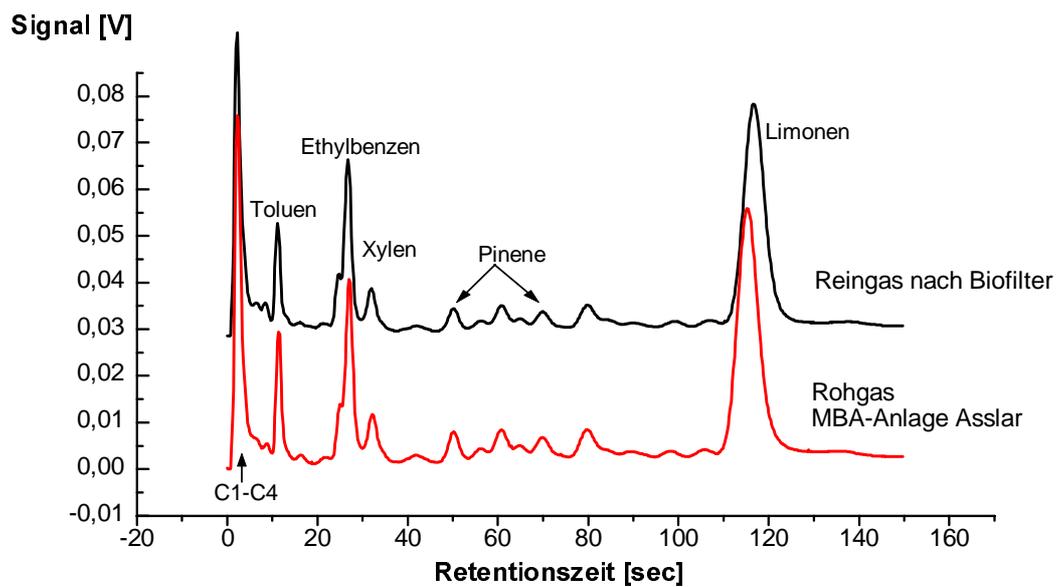


Abbildung 3.1.2: Reingas nach Biofilter, Prozesskontrolle mit GC-PID

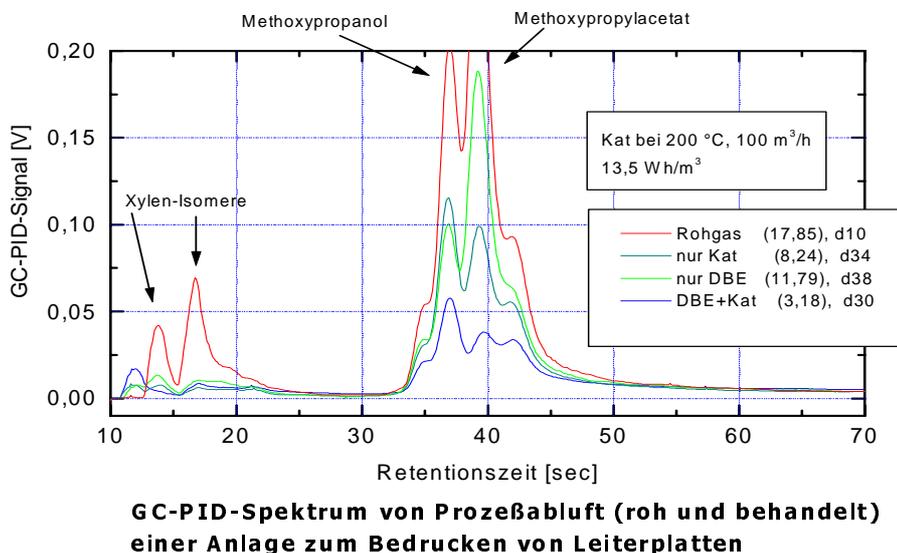


Abbildung 3.2: Leiterplattendruck, GC-PID-Spektrum von Prozessabluft

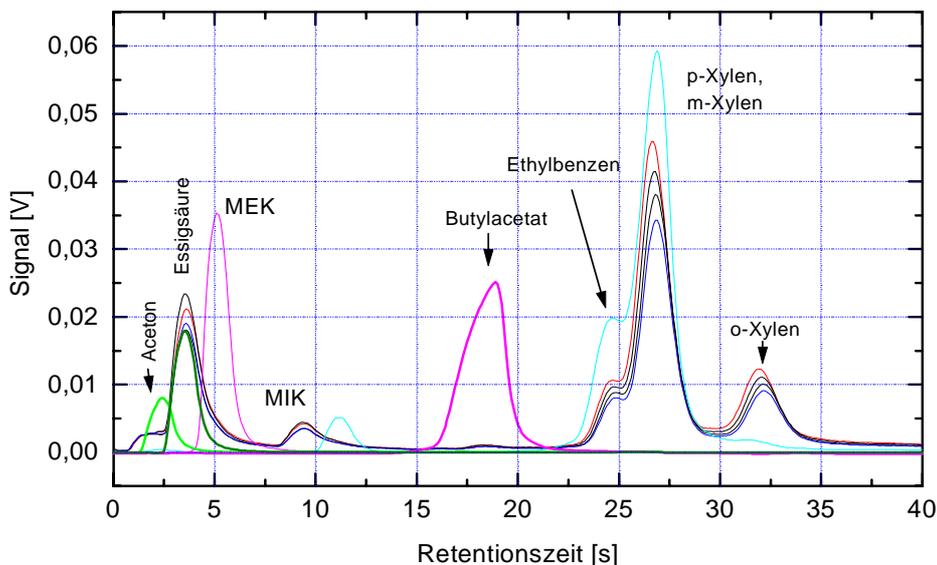


Abbildung 3.3: Farbstoffherstellung, GC-PID-Spektrum von Prozessabluft

Emissionsminderung mit dem HerHof- Abluftreinigungssystem am Beispiel der Trockenstabilat®- Anlage Rennerod

Kurt Wengenroth // HerHof-Umwelttechnik, Riemannstraße 1, D-35606 Solms-Niederbiehl

VÖEB
Verband österreichischer Entsorgungsbetriebe

**Emissionsminderung an
mechanisch-biologischen
Abfallbehandlungsanlagen**

Wien, den 24.02.2000

**Emissionsminderung mit dem
Herhof-Abluftreinigungssystem**

am Beispiel der Trockenstabilat®-Anlage Rennerod

von Dr. Kurt Wengenroth

Herhof-Umwelttechnik
Riemanstr. 1
35606 Solms-Niederbiehl



Inhalt

1 Emissions-Situation an der Trockenstabilat®-Anlage Ablar.....2

2 Leistungsfähigkeit des bislang verwendeten Abluftbehandlungssystem - Biofilter.....4

3 Anforderungen durch den Gesetzgeber.....5

4 Umsetzung der Anforderungen zur Emissionsbegrenzung.....7

5 Emissionsminderung von Gesamt-Kohlenstoff Emissionen durch thermisch regenerative Abluftbehandlung.....8

6 Das Herhof-Abluftbehandlungskonzept10

 6.1 Das Abluftmanagement..... 10

 6.2 Anlagen- und Verfahrensbeschreibung der Herhof-Abluftbehandlung..... 11

7 Erwartungswerte im Betrieb an Trockenstabilatanlagen13

8 Kosten der Herhof-Abluftbehandlung14

9 Zusammenfassung.....14

1 Emissions-Situation an der Trockenstabilat®-Anlage Ablar

Die Trockenstabilat®-Anlage in Ablar wurde Juli 1997 in Betrieb mit einer Durchsatzleistung von 120.000 Mg/a in Betrieb genommen. Derzeit wird die Kapazität erweitert auf 140.000 Mg/a. Im Rahmen der damit verbundenen Umbauarbeiten wird gleichzeitig die Aufnahme und Verarbeitung der aus der Anlage Rennerod entstehenden Inerstoffmengen ermöglicht.

Die Basis für das Verfahren stellt die biologische Trocknung des angelieferten und vorzerkleinerten Abfalls dar. Diese Trocknung erfolgt in den bewährten Herhof-Rotteboxen, die für die Anwendung im Restabfall in ihren Dimensionen angepaßt wurden. Die Belüftung dieser Rotteboxen erfolgt in Form einer CO₂-gesteuerten Umluftführung der Prozeßluft, wobei verschiedene Phasen mit maximalen Temperaturen von 50 – 60°C durchlaufen werden. Integraler Bestandteil dieser Umluftführung ist ein Luft-/Wasser-Wärmetauscher.

Durch die Umluftführung wird sichergestellt, daß einerseits die prozeßintern notwendigen großen spezifischen Luftmengen zur Verfügung gestellt werden können und andererseits nur ein Bruchteil dieser Luftmengen nach außen gelangen. So werden in der Trockenstabilatanlage Ablar bei einem Jahresdurchsatz von zukünftig 140.000 Mg/a nur 3.000 m³ prozeßrelevante Luft je Mg Input zur Abluftbehandlung auf das Biofilter geführt.

Diese Abluft ist mit Kohlenwasserstoffen angereichert, die in Abhängigkeit der Tagesanlieferungen einen typischen Tagesgang aufzeigen.

**TOC-Messungen Trockenstabilatanlage Ablar
vom 27.1.99**

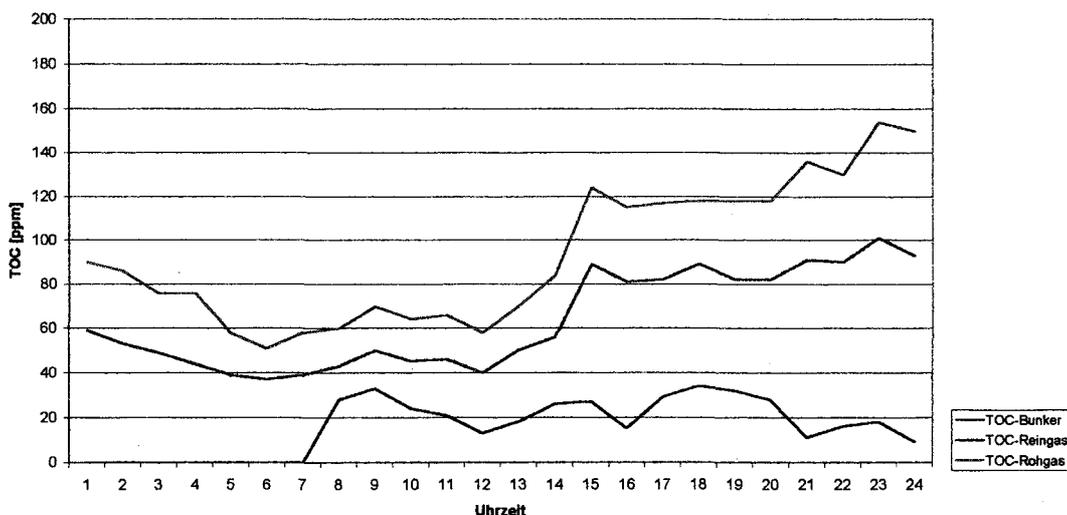


Abbildung 1 Typischer Tagesgang der TOC-Rohags-Konzentration in der Trockenstabilat®-Anlage Ablar

Die beschriebene Umluftführung führt konsequenterweise zu einer Aufkonzentrierung der Inhaltsstoffe, so daß in der Rohluft der Trockenstabilat®-Anlage vergleichsweise hohe Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen festzustellen sind.

		Sum- For-	Mittelwert mg/m ³	Geruchs- schwelle mg/m ³	Geruchs- eindruck
1	n-Propan	C ₃ H ₈	2,15		faulig
2	Dimethylether	C ₂ H ₆ O	7,11		
3	Iso-Butan	C ₄ H ₁₀	3,92		geruchlos
4	Methanol	CH ₃ O	14,21	5,430	stechend
5	Acetaldehyd	CH ₃ C	2,36	0,013	fruchtig, penetrant
6	n-Butan	C ₄ H ₁₀	8,07		
7	Ethanol	C ₂ H ₅ O	33,27	0,342	
8	Iso-Pentan	C ₅ H ₁₂	0,46		
9	Iso-Propanol	C ₃ H ₈ O	13,60		alkoholisch
10	Methylacetat	C ₃ H ₆ O	1,73		fruchtig
11	1-Propanol	C ₃ H ₇ O	0,40		
12	2-Methylpentan	C ₆ H ₁₄	0,34		
13	3-Methylpentan	C ₆ H ₁₄	0,20		
14	2-Butanol	C ₄ H ₁₀	0,75	0,360	streng
15	2-Butanon	C ₄ H ₈ O	2,78	6,438	scharf, mintartig
16	Ethylacetat	C ₄ H ₈ O	4,33	0,020	
17	Iso-Butanol	C ₄ H ₁₀	0,59	0,360	
18	1.1.1-Trichlorethan	C ₂ H ₃ Cl ₃	0,19	1000,000	
19	2-Methylhexan	C ₇ H ₁₆	0,28		
20	Cyclohexan	C ₆ H ₁₂	0,32	1,000	mild, süßlich
21	Benzol	C ₆ H ₆	0,15	41,846	Verdünnung
22	3-Methylhexan	C ₇ H ₁₆	0,37		
23	iso-Octan	C ₈ H ₁₈	0,18		
24	n-Heptan	C ₇ H ₁₆	0,71	200,000	
25	n-Propylacetat	C ₅ H ₁₀	2,76		mild, fruchtig
26	Methylcyclohexan	C ₇ H ₁₄	0,42		
27	2-Methylheptan	C ₈ H ₁₈	0,09		
28	3-Methylheptan	C ₈ H ₁₈	0,04		
29	Toluol	C ₇ H ₈	4,16	0,658	aromatisch
30	n-Octan	C ₈ H ₁₈	0,40		
31	n-Butylacetat	C ₆ H ₁₂	2,38		fruchtig
32	Chlorbenzol	C ₆ H ₅ Cl	0,66		mild aromatisch
33	Ethylbenzol	C ₈ H ₁₀	2,88		aromatisch
34	m,p-Xylol	C ₂₄ H ₃₀	8,72	0,348	aromatisch
35	n-Nonan	C ₉ H ₂₀	2,10		
36	o-Xylol	C ₂₄ H ₃₀	2,09	0,348	aromatisch
37	Cumol	C ₉ H ₁₂	0,38		scharf, penetrant
38	a-Pinen	C ₁₀ H ₁₆	1,08	0,016	
39	n-Propylbenzol	C ₉ H ₁₂	1,04		
40	m,p-Ethyltoluol	C ₉ H ₁₂	2,62		
41	1,3,5-	C ₉ H ₁₂	2,20		
42	b-Pinen	C ₁₀ H ₁₆	4,48		
43	o-Ethyltoluol	C ₉ H ₁₂	0,82		
44	1,2,4-	C ₉ H ₁₂	3,84		
45	Menthen	C ₁₀ H ₁₈	0,36		
46	Limonen	C ₁₀ H ₁₆	53,30	0,006	
47	1,2,3-	C ₉ H ₁₂	0,53		
48	Indan	C ₉ H ₁₀	0,28		
49					
50	n-Undecan	C ₁₁ H ₂₄	4,08		
51					
52	n-Dodecan	C ₁₂ H ₂₆	2,06		

Tabelle 1 Ergebnisse der GCMS-Screening-Analyse der Rohluft der Trockenstabilatanlage Ablar

Abbildung 1 zeigt einen Tagesgang der TOC-Gehalte von Rohluft und Bunkerabluft mit seinen typischen Schwankungen, während in Tabelle 1 das Spektrum der organischen Inhaltsstoffe aufgelistet ist, die mittels GCMS-Screening detektiert wurden. Es lassen sich drei typische Stoffgruppen feststellen:

- Abbauprodukte der organischen Zersetzung, wie sie auch aus der alkoholischen Gärung bekannt sind, mit den Vertretern Aceton, Acetaldehyd, Äthanol, Methanol, Butanol und anderen kurzkettigen Verbindungen
- Lösemittel, speziell Benzol, Toluol, Xylol
- Sehr geruchsintensive Terpene mit den Hauptvertretern Limonen, sowie alpha- und beta-Pinen

In Spuren sind weiterhin Vertreter der Mineralölkohlenwasserstoffe festzustellen.

Im Hinblick auf das Einsatzmaterial Restabfall scheint diese Charakterisierung plausibel zu sein, da sowohl Lösemittelreste als auch ölhaltige Behältnisse im Restabfall auftreten können.

Die Konzentrationen der Einzelkomponenten sind naturgemäß Schwankungen unterworfen, da durch die Umluftführung die Abluftströme der einzelnen Boxen zusammengefaßt werden.

2 Leistungsfähigkeit des bislang verwendeten Abluftbehandlungssystem - Biofilter

Die Frage der zukünftigen Abluftbehandlung von MBA-Anlagen erhitzt die Gemüter in Fachkreisen, insbesondere seitdem das deutsche Umweltbundesamt (UBA) seinen Bericht zur seinem Bericht zur „ökologischen Vertretbarkeit der MBA zur Vorbehandlung von Restabfällen“ vorgelegt hat. Hiermit wurde eine z.T. leidenschaftlich geführte Diskussion über die zukünftigen Grenzwerte in Gang gesetzt. Dabei spielt der Stand der Technik eine entscheidende Rolle. Dieser wird derzeit maßgeblich durch das Biofilter geprägt.

Die Leistungsfähigkeit des Biofiltersystems wurde in umfangreichen Untersuchungen von Doedens und Cuhls im Rahmen des BMBF-Vorhabens an verschiedenen Anlagen hinreichend untersucht. Dabei wurden die in folgender Tabelle aufgelisteten Parameter als Leitparameter für MBA-Emissionen ermittelt. Die Klassierung der Angaben erfolgte nach der Wirkungsklassen der TA-Luft /1/.

Wirk- Klasse	Parameter	MBA-Wiefels		MBA-Bassum		MBA-Düren		Wiefels	Bassum	Düren
		Konzentration		Konzentration		Konzentration		Wirkungs	Wirkungs	Wirkungs
		von	bis	von	bis	von	bis	grad	grad	grad
TA-		[µg/m ³]	[%]	[%]	[%]					
LUFT		von	Bis	Von	bis	von	bis	von / bis	von / bis	von / bis
1	Acetaldehyd	2.100	2.500	46	740	4.900	6.100	78 - 89	89 - 96	99
1	n-Butylacetat	150	425	30	120	170	980	97 - 99	83 - 96	73 - 99
2	Toluol	490	550	130	280	460	1.000	16 - 39		7 - 36
2	3/4Ethytoluol	480	640	70	260	230	1.000	23 - 45	38 - 96	48 - 77
2	2-Ethytoluol	180	220	25	105	80	270	33 - 41	14 - 89	25 - 55
2	Ethylbenzol	250	310	60	190	250	740	12 - 42	27 - 61	16 - 43
2	m/p Xylol	850	1.400	280	620	720	2.000	9 - 42	30 - 71	19 - 45
2	o-Xylol	260	290	60	150	160	650	23 - 41	7 - 63	20 - 45
2	Limonen	1.700	4.300	810	2.200	1.300	3.700	29 - 40	94 - 98	30 - 63
3	Ethanol	5.200	5.300	88	750	14.000	18.100	100	94 - 99	100
3	2-Butanon	960	2.800	80	770	370	11.000	99 - 100	94 - 99	95 - 100
3	Aceton	2.450	2.900	1.200	2.800	4.700	8.200	94 - 97	99 - 100	93 - 97
3	a-Pinen	370	700	280	790	560	930	8 - 44	53 - 83	5 - 39
3	b-Pinen	330	800	120	300	230	490	12 - 44	53 - 81	38 - 49

Tabelle 2: Konzentrationsbereiche von Leitparametern für MBA-Abluft und Rückhaltewirksamkeit von Biofiltern für diese Komponenten, aus /4/

Aus den Messungen von Doedens und Cuhls läßt sich folgendes feststellen:

- die Wirksamkeit des Biofilters bezogen auf Einzelstoffe muß als sehr heterogen eingestuft werden
- im Vergleich verschiedener Biofilter ergeben sich außerordentlich hohe Schwankungen in der Abbauleistung
- selbst bei der Betrachtung nur eines Biofilters treten außerordentlich hohe Schwankungen auf

Das heißt zusammenfassend, daß die bekannte Sensibilität des Biofilters auf äußere Einflüsse und damit seine schwankende Zuverlässigkeit im Bereich der MBA-Abluft noch weiter zunimmt. Im Hinblick auf ein sicheres Einhalten strenger Grenzwerte muß davon ausgegangen werden, daß das Biofiltersystem seine Leistungsgrenze erreicht hat, und das Aufzeigen neuer Alternativen gefordert ist.

3 Anforderungen durch den Gesetzgeber

Die inhaltliche Forderung des genannten Berichts der deutschen Umweltbundesamtes zur „ökologischen Vertretbarkeit der MBA zur Vorbehandlung von Restabfällen“ liegt im dem Vorschlag einer Frachtenbegrenzung des emittierten Gesamtkohlenstoffs (TOC), ausgedrückt durch 55 g Gesamtkohlenstoff in der Abluft von einer Tonne behandeltem Restabfall.

Damit soll verhindert werden, dass das niedrige Konzentrationswerte durch unzulässiges Verdünnungen erreicht werden.

Ungeachtet der derzeitigen Diskussion über die Höhe zukünftiger Grenzwerte im Hinblick auf die erwartete 29.BImSchV, die eine Begrenzung der MBA-Emissionen zum Ziel hat, liegen in den einzelnen Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland bereits Vorgaben für die Genehmigungsfähigkeit von MBA-Anlagen vor. In einem Entwurf zur Änderung der 4.BImSchV wurde im Februar 1998 erstmalig eine Konzentrationsbegrenzung von 20 mg C_{gesamt} / m^3 vorgeschlagen /2/. Dieser Grenzwert-Vorschlag wurde in Schleswig-Holstein aufgegriffen und liegt dort ebenfalls als Entwurf vor. In Sachsen gilt dieser Wert seit Juni 1999 in Sachsen als verbindlicher Erlaß.

Die folgende Tabelle zeigt zusammenfassend die in Sachsen zulässigen Emissionswerte gemäß Erlaß vom 10.6.99 des SMU-Dresden für MBA-Anlagen /12/ , die auch für die Genehmigung der Trockenstabilat®-Anlage Dresden maßgeblich sind.

• Gesamtstaub		10	mg/m ³
• Staubförmige anorganische Stoffe			
Cadmium und seine Verbindungen angegeben als Cd	insgesamt	0,05	mg/m ³
Thallium und seine Verbindungen angegeben als Tl	insgesamt	0,05	mg/m ³
Quecksilber und seine Verbindungen angegeben als Hg	insgesamt	0,05	mg/m ³
Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Cobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Vanadium, Zinn und ihre Verbindungen angegeben jeweils als Element	insgesamt	0,5	mg/m ³
• Ammoniak		20	mg/m ³
• organische Stoffe angeben als Gesamtkohlenstoff		20	mg/m ³
• Dioxine und Furane angegeben als Summenwert Gemäß Anhang 17.BImSchV		0,1	ng/m ³

Tabelle 3 Genehmigungsanforderungen für die BMA-Dresden gemäß Erlaß vom 10.6.99 des SMU-Dresden.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes lag der Entwurf der 29.BImSchV noch nicht vor. Es wird jedoch erwartet, dass sie die Werte des Sächsischen Erlasses weitgehend übernommen werden. Lediglich im Bereich der Begrenzung des Gesamtkohlenstoffwertes ist die Diskussion derzeit noch nicht abgeschlossen.

4 Umsetzung der Anforderungen zur Emissionsbegrenzung

Die Umsetzung der Forderungen des Gesetzgebers lassen sich in zwei große Aufgabengebiete trennen.

- Begrenzung von Stäuben und deren Inhaltsstoffen
- Begrenzung der Emissionen von Gesamt-Kohlenstoff

Untersuchungen an der Prozessluft der Trockenstabilat®-Anlage Ablar zeigen, dass die Staubgehalte in der feuchtegesättigten Abluft gering sind und bereits in der Rohluft die strengen Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV deutlich unterschreiten. Tabelle 4 zeigt hierzu die Ergebnisse von Staubmessungen, die in der Trockenstabilat®-Anlage Ablar durchgeführt wurden. Mit einem Mittelwert von $0,5 \text{ mg/m}^3$ werden die außerordentlich geringen Staubgehalte dokumentiert. Aufbauend auf diesen geringen Schwebstaubwerten ergeben sich auch sehr niedrige Gehalte an Schwermetallen, die in der Regel unter der Nachweisgrenze von $0,001 \text{ mg/m}^3$ lagen. Lediglich bei Quecksilber wurde eine leichte Erhöhung festgestellt, der Hg-Wert liegt jedoch mit einer mittleren Konzentration von $0,008 \text{ mg/m}^3$ in einem sehr niedrigen Bereich und unterschreitet bereits als Rohluftwert deutlich die Vorgaben der 17. BImSchV für Reinluftwerte ($0,03 \text{ mg/m}^3$ als Tagesmittelwert)

Tabelle 4 zeigt weiterhin, dass auch die strengen Vorgaben der 17. BImSchV zur Begrenzung der Dioxinkonzentrationen in der Trockenstabilat®-Anlage Ablar bereits in der Rohluft erfüllt werden. Mit einem Wert von $0,003 \text{ ng/m}^3$ liegt der Rohluftwert bei weniger als 1/30 der Vorgaben der 17. BImSchV für Reinluft ($0,1 \text{ ng/m}^3$).

		Grenzwerte					Mittelwert	
		17. BImSchV	Messung 1	Messung 2	Messung 3			
Gesamtstaub	mg/m^3	10	0,7	0,6	<0,2	0,5		
Cadmium	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Thallium	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Summe Cd + Tl	mg/m^3	0,05				<0,002		
Quecksilber - Summe	mg/m^3	0,03	0,006	0,008	0,011	0,008		
Blei	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Antimon	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Arsen	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Chrom	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Cobalt	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Kupfer	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Mangan	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Nickel	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Vanadium	mg/m^3		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		unter Nachweisgrenze
Zinn	mg/m^3		<0,0051	<0,0049	<0,0052	<0,005		unter Nachweisgrenze
Summe Sb, As, Pb, Cr, Cu	mg/m^3	0,5				<0,014		
Mn, Ni, V, Sn								
Dioxine	ng/m^3	0,1	0,002	0,003		0,003		

Tabelle 4 Ergebnisse der Staubmessungen vom 6.10.99– Prozessluft im Umluftkreislauf

Im Hinblick auf die derzeitige Diskussion zur emissionsseitigen Gleichbehandlung von MVA und MBA muss nach den vorliegenden Erkenntnissen festgestellt werden, dass die strengen Grenzwerte der 17.BImSchV bis auf den Gehalt an C_{gesamt} bereits in der Rohluft der Trockenstabilat®-Anlage eingehalten werden.

Eine zukünftige Abluftbehandlung an MBA-Anlagen wird sich somit maßgeblich mit der Begrenzung der C_{gesamt} -Konzentrationen auseinandersetzen müssen.

5 Emissionsminderung von Gesamt-Kohlenstoff Emissionen durch thermisch regenerative Abluftbehandlung

Wie bei der thermischen Nachverbrennung werden bei den thermisch regenerativen Verfahren die Kohlenwasserstoffe in einer Brennkammer zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert. Das thermisch-regenerative zeichnet sich durch eine hohe Betriebssicherheit und äußerste Effizienz bei der Entfernung von Kohlenwasserstoffen und Gerüchen aus.

Der verfahrenstechnische Ablauf sieht zunächst einen Aufheizvorgang der Rohluft durch Passieren von Keramik-Wärmetauschers vor. In der eigentlichen Brennkammer wird der Oxidationsvorgang durch Einsatz eines Brenners abgeschlossen. Die aufgeheizte Rohluft, deren organische Schadstoffe quantitativ oxidiert wurden, gibt nun ihre Wärmeenergie an ein 2.Wabenwärmetauscherbett ab und heizt dieses auf. Durch zyklisches Umschalten der Wärmetauscherbetten wird der Dauerbetrieb der Anlage sicher gestellt. Die Wärmerückgewinnungs-Wirkungsgrade liegen in der Regel bei 95%, so dass der effektive Energiebedarf lediglich bei 5% eigentlichen Heizleistung liegt. Die folgende Abbildung zeigt schematisch den Aufbau einer solchen 2-Kammer Anlage /13/

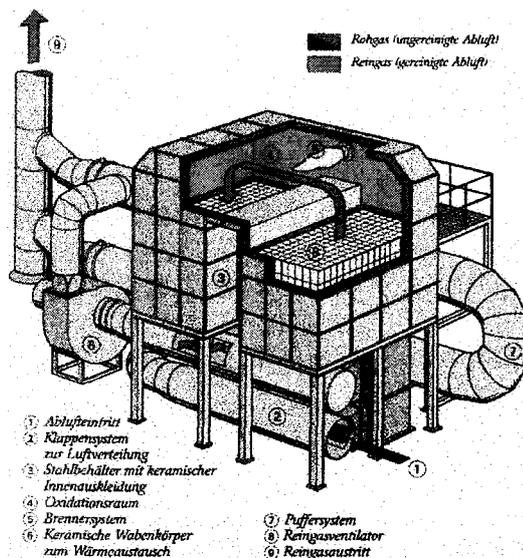


Abbildung 2 Schematischer Aufbau einer thermisch regenerativen Abluftbehandlung nach dem 2-Kammer Prinzip

Anlagen dieses Typs sind als sogenannte 2-Kammer Anlagen seit mehreren Jahren im industriellen Bereich im Einsatz. Sie sind für hohe Gesamt-Kohlenstoff Konzentrationen geeignet und erreichen niedrige Reingaswerte. Die Rohgaskonzentrationen liegen dabei häufig im Bereich $> 1.000 \text{ mg/m}^3$. Unter diesen Bedingungen lassen sich bei den genannten Wärmerückgewinnungs-Wirkungsgraden die Betriebskosten minimieren, da ein Großteil der benötigten Heizenergie bereits im Rohgas enthalten ist.

Problematisch erscheint der Einsatz jedoch für geruchsbeladene Abluft, wie sie speziell im Bereich der mechanisch biologischen Anlagen vorliegt. Das zyklische Umschalten der Strömungsrichtung zur Regenerierung der Wärmetauscherbetten drückt jeweils den Rohgasanteil des gerade beaufschlagten Keramikbettes, welches noch nicht oxidiert ist in die Reingasleitung. Die Folge ist ein Reingassignal mit zyklisch auftretenden Peaks, wie dies in der folgenden Abbildung veranschaulicht wird.

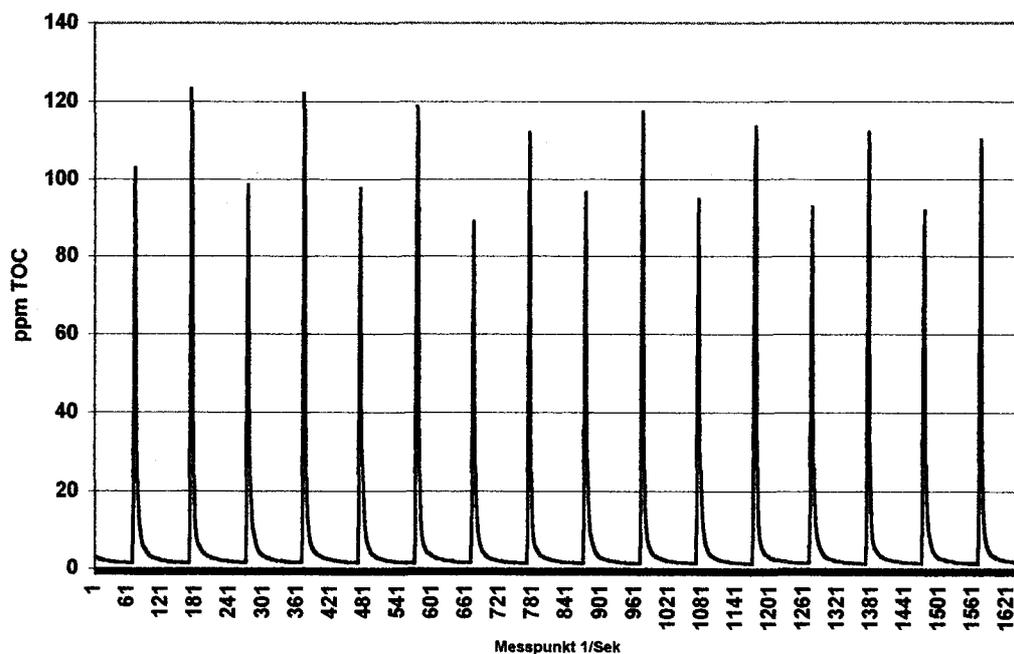


Abbildung 3 Umschaltpeaks einer 2-Kammer Anlage

Da die Umschaltvorgänge in der Regel in einem Turnus von 60 - 180 Sekunden erfolgen, treten in diesem zeitlichen Abstand jeweils kurze Emissionsspitzen auf, deren Höhe der Rohgaskonzentration entsprechen. Damit sind diese Peaks als geruchsrelevant anzusehen, da in der genannten Anhäufung pro Stunde die Akkumulation zu einer belästigungsrelevanten "Geruchsstunde" nicht ausgeschlossen werden kann.

Aus diesem Grunde und aufgrund der deutlich niedrigeren Gesamtkohlenstoff-Konzentrationen sind besondere Anforderungen für den Einsatz von thermisch-regenerativen Abluftbehandlungssystemen in MBA's zu treffen.

6 Das Herhof-Abluftbehandlungskonzept

6.1 Das Abluftmanagement

Die Basis für das Verfahren stellt das Abluftmanagement des Trockenstabilatverfahrens dar, welches auf einer CO₂-gesteuerten Umluftführung der Prozeßluft aufbaut. Integraler Bestandteil dieser Umluftführung ist ein Luft-/Wasser-Wärmetauscher.

Diese Umluftführung stellt sicher, daß einerseits die prozeßintern notwendigen großen spezifischen Luftmengen zur Verfügung gestellt werden können um das Inputmaterial mittels biologisch erzeugter Wärme zu trocknen und andererseits nur ein Bruchteil dieser Luftmengen nach außen gelangen. So werden in der Trockenstabilatanlage Ablar bei einem Jahresdurchsatz von zukünftig 140.000 Mg/a nur 3.000 m³ prozeßrelevante Luft je Mg Input zur Abluftbehandlung auf das Biofilter geführt.

Diese Abluftminimierung durch Umluftbetrieb führt konsequenterweise zu einer Aufkonzentrierung der Inhaltsstoffe, so daß in einer Trockenstabilatanlage höhere Konzentrationen an C_{Gesamt} feststellbar sind, als dies in vergleichbaren anderen Anlagen der Fall ist.

Auf diesen beiden wesentlichen Eckdaten:

- Minimierung des Abluftvolumenstroms
- Aufkonzentrierung der Konzentrationen an C_{Gesamt}

setzt das neu konzipierte Abluftbehandlungskonzept auf. Zum Einsatz kommt zukünftig ein thermisch regeneratives Verfahren, welches sich in der Praxis in zahlreichen Anwendungen durch hohe Betriebssicherheit und äußerste Effizienz bei der Entfernung von Kohlenwasserstoffen und Gerüchen bewährt hat.

Die C_{Gesamt}-Konzentration im Output ist dabei unabhängig von der Input-Konzentration. Hohe Gehalte von C_{Gesamt} bewirken lediglich eine Senkung des Verbrauchs an primären Energieträgern. Bei Konzentrationen wie sie in Trockenstabilatanlage Ablar gemessen wurden kann dies bis zu 30% der notwendigen Heizenergie betragen.

Hohe C_{Gesamt}-Gehalte wirken sich im Gegensatz zu herkömmlichen Filtersystemen positiv aus, ein Ansteigen der Reingaswerte wegen eines begrenzten Wirkungsgrades ist nicht festzustellen.

6.2 Anlagen- und Verfahrensbeschreibung der Herhof-Abluftbehandlung

Im Vergleich zur 2-Kammer Anlage wurden folgende verfahrenstechnischen Optimierungen sowie Anpassungen an die Problembereiche der Abfallwirtschaft realisiert:

- Um den Energieeinsatz und damit die Betriebskosten zu minimieren, wird die Abwärme über einen speziellen Wärmetauscher mit katalytischen Eigenschaften bis zu 98% zurückgewonnen, und zur Aufheizung der „kalten“ Rohluft wieder verwendet. Der eigentlich notwendige Energieeinsatz liegt somit bei nur 2% der zur Aufheizung notwendigen Energie.
- Zur Vermeidung von Umschaltpeaks, bei den geringe Rohluftmengen auf der Reinfluftseite entweichen können, ist eine Ausführung mit 3 Kammern vorgesehen. Dadurch ist die Integration von Spülzyklen möglich, ohne den Betrieb der Anlage zu unterbrechen. Durch Einbeziehung dieser separaten Spülzyklen mit gereinigter Abluft ist eine thermisch-regenerative Abluftbehandlungsanlagen in der Lage, Reinfluftgehalte von $10 \text{ mg C}_{\text{Gesamt}}/\text{m}^3$ Abluft sicher einzuhalten.
- Im Hinblick auf die sensible Anwendung in der Abfallwirtschaft hat Herhof eine spezielle Anpassung der thermisch-regenerativen Technologie auf die Belange der Abfallbehandlungsanlagen vorgenommen. Durch eine besondere Ausgestaltung der Brennkammer werden die Vorgaben der 17.BimSchV zur Verbrennung von Abfällen ebenfalls von der Abluftbehandlungsanlage erreicht:
 - Verweilzeiten von 2 Sekunden
 - Temperaturen von $850 \text{ }^\circ\text{C}$
 - Temperaturquench, der eine Abkühldauer von $< 1 \text{ Sekunde C}$ auf Reinflufttemperatur sicherstellt.

Obwohl die Grenzwerte der 17.BimSchV nachweislich bereits deutlich durch die Rohluft unterschritten werden, soll dieser verfahrenstechnische Schritt zusätzliche Sicherheit für den Betrieb der Anlage liefern.

Ammoniak, das in biologischen Rotteprozessen immer entstehen kann, und sehr geruchsaktiv ist, wirkt in dem thermischen Prozeß NO_x reduzierend und wird dadurch quantitativ abgebaut. Eine Abscheidung in einer Vorstufe, wie es beim Biofilter erforderlich ist, wird nicht notwendig.

Ein weitverbreitetes Anwendungsfeld von thermisch-regenerative Abluftbehandlungsanlagen liegt im Bereich der Geruchsbeseitigung. Da Geruchsstoffe im hohen Maße an organischen Kohlenstoff gebunden sind, führt eine vollständige Oxidation zu CO_2 und Wasser zu einem äußerst wirksamen Abbau von Geruchsstoffen. Aus dem Bereich der Lebensmittelindustrie liegen hierzu zahlreiche Anwendungsreferenzen vor.

Die Trockenstabilat®-Anlage Rennerod ist als erste mechanisch-biologische Anlage ohne Biofilter konzipiert und mit einer thermisch-regenerativen Abluftbehandlung ausgestattet. Die folgende Abbildung zeigt die Abluftbehandlung während der Montage.

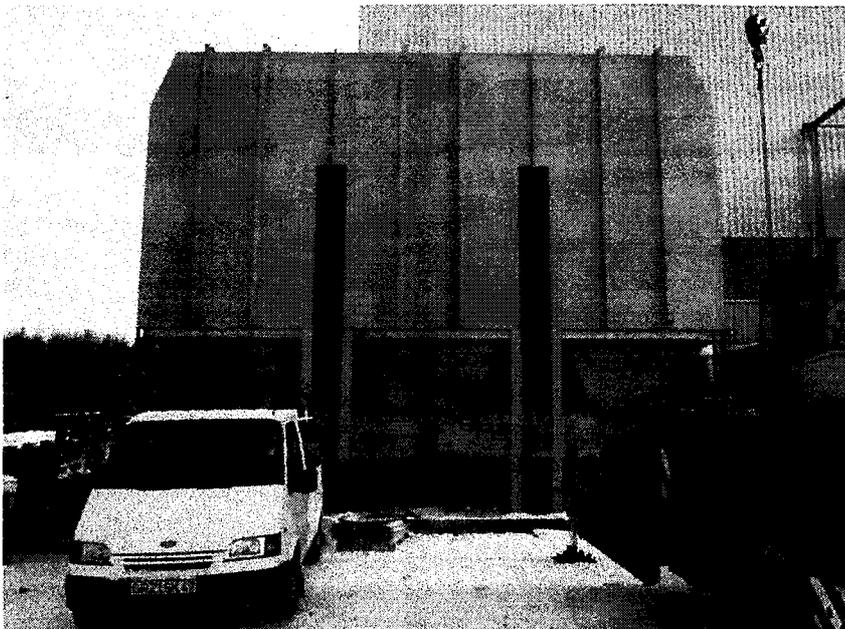


Abbildung 4

**Thermisch-regenerativen Abluftbehandlungsanlage
der Trockenstabilat®-Anlage Rennerod im Bau**



7 Erwartungswerte im Betrieb an Trockenstabilatanlagen

Auf der Basis der bisherigen Meßergebnisse der Rohluft der Trockenstabilat®-Anlage werden die Grenzwerte der 17.BImSchV bis auf den C_{gesamt} -Wert bereits von der Rohluft sicher eingehalten

Die Begrenzung des C_{Gesamt} – Gehaltes erfolgt über eine thermisch-regenerative Abluftbehandlung. Diese Technik hat sich seit mehreren Jahren im Betrieb bewährt. An MBA-Anlagen wurde sie noch nicht eingesetzt, dennoch sehen wir eine Übertragbarkeit der Ergebnisse als realistisch an, so daß wir durch den Einsatz der thermisch-regenerativen Abluftbehandlungsanlage im Betrieb der Trockenstabilatanlage folgende Erwartungswerte haben:

- Konzentrationen von Gesamtkohlenstoff von 10 mg/m^3

Eine Dioxin-Neubildung wird nicht erwartet, da die Vorgaben der 17.BImSchV

- Temperatur $850 \text{ }^\circ\text{C}$
- Verweilzeit 2 Sekunden
- Abkühlzeiten von 850°C auf Reinflufttemperatur in < 1 Sekunde

erfüllt werden

Damit ergeben sich in Summe für den Betrieb der Trockenstabilat®-Anlage folgende Erwartungswerte

- vollständige Einhaltung der Grenzwerte der 17.BImSchV
- vollständige Entkeimung der Abluft
- hocheffiziente Geruchsreduktion durch Oxidation aller C-getragenen Geruchsträger

Die Inbetriebnahme der ersten Anlage ist im Januar 2.000 erfolgt. Mit konkreten Messwerten ist im ersten Quartal 2000 zu rechnen

8 Kosten der Herhof-Abluftbehandlung

Investitionsvolumen und Betriebskosten der thermisch-regenerativen Abluftbehandlung richten sich maßgeblich nach dem Anlagenkonzept.

Im Hinblick auf die zukünftigen Anforderungen, die auch an Biofiltersysteme gestellt werden, mit vorgeschalteter Ammoniakwäsche, vollständiger Einhausung, „down-stream“-Belüftung und anschließender Ableitung über Kamin treten keine große Unterschiede zum Investitionsvolumen auf.

Die resultierenden Betriebskosten orientieren sich an der Umsetzung des beschriebenen Abluftmanagements. Für die ersten Anlagen, die zur Darstellung des gesetzten Zieles mit umfangreichen Sicherheitszuschlägen ausgelegt wurden, rechnen wir mit zusätzlichen Betriebskosten von ca. 5 DM /Mg Input.

Bei konsequenter Auftrennung von stark und schwach belasteter Abluft lassen sich jedoch Betriebskosten realisieren, die DM 1,- bis DM 2,- je Mg Input über denen eines gut gepflegten Biofilters liegen.

9 Zusammenfassung

- Mit dem für MBA-Anlagen neuartigen Herhof-Abluftreinigungskonzept wird gezeigt, daß die derzeit diskutierte strenge Begrenzungen des Gehaltes von C_{Gesamt} technisch machbar ist und durch den Betrieb keine unzumutbaren Kosten entstehen.
- Über die darüberhinaus gehende vollständige Entkeimung der Abluft wird ein neuer Standard in der Abluftbehandlung von MBA-Anlagen gesetzt.
- Als wichtigstes Merkmal des Systems ist die erheblich verbesserte Betriebssicherheit anzusehen. Die zu garantierenden Grenzwerte sind unabhängig von der C_{Gesamt} -Belastung der Abluft. Höhere C_{Gesamt} -Belastungen wirken sich lediglich durch geringere Betriebskosten aus, da ein mehr oder weniger großer Teil der benötigten Heizenergie aus der Verbrennung des organisch gebundenen Kohlenstoffs entnommen werden kann.
- Das Einhalten von Grenzwerten ist somit nicht länger eine Funktion des maximal möglichen Wirkungsgrades, der von zahlreichen Randparametern abhängig ist, und ggf. nur unter günstigsten Randbedingungen erzielt wird.
- Die erste Anlage wird im ersten Quartal 2.000 in Betrieb gehen.

Literatur:

- /1/ „Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft“, 1986
- /2/ „Entwurf zur 4. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes“ vom 18. Februar 1998
- /4/ Carsten Cuhls,
Heiko Doedens: „Emissionen aus mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen“ aus Restabfallbehandlung, Deponietechnik, Entsorgungsbau und Altlastenproblematik“, Verlag Balkema, Rotterdam, 1998
- /5/ Uwe Lahl: persönliche Mitteilung, 1999
- /6/ Barbara
Zeschmar-Lahl „MBA-Anlagen in Europa“, Blackwill-Wissenschaftsverlag, 1999
- /7/ Gamer: „Sachsen informiert über den Stand der Technik bei MBA-Anlagen“ Abfallwirtschaftlicher Informationsdienst, 17.9.99, Nr.4
- /8/ Umweltbundesamt „Ökologische Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung
- /9/ Heiko Doedens,
Carsten Cuhls,
Hans-Jürgen Collins,
Klaus Fricke „Immissionsschutzrechtliche Anforderungen an die mechanisch-biologische Vorbehandlung (MBV) aufgrund der Emissionen von Stäuben, anorganischen und organischen Stoffen“, Müll und Abfall 10, Erich-Schmidt Verlag, 1999
- /10/ Umweltbundesamt „Bericht zur ökologischen Vertretbarkeit der mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen einschließlich deren Ablagerung, Umweltbundesamt, Juli 1999
- /11/ Stellungnahme SVZ vom 9.11.99
- /12/ Erlaß des Sächsischen Umweltministerium vom 10.6.99
- /13/ Firmenprospekt LTG Mailänder GmbH