

Matthias Kühle-Weidemeier (Hrsg.)

Abfallforschungstage 2004

**Auf dem Weg in eine nachhaltige
Abfallwirtschaft**

Tagungsband

wasteconsult

INTERNATIONAL

Cuvillier Verlag

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2004

ISBN 3-86537-121-3

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2004

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2004

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-121-3

Inhalt

Über die Förderung der Abfallforschung durch das BMBF	1
<i>Dipl.-Ing. Uwe Wittmann, BMBF, Projektr. Jülich, Dr. Peter Sliwka, dt. Zentr. f. Luft- u. Raumfahrt, Projektr. des BMBF, Dr. Karl-Peter Knobel, Forschungszentr. Karlsruhe, Projektr. d. BMBF u. BMWa f. Wassertechn. u. Entsorgung</i>	
Internationale Wissensvernetzung im Abfallbereich	14
<i>Dipl.-Ing. Stefan Richter, Dipl.-Ing. Werner P. Bauer, Dr.-Ing. Lars Jörgens, B.A.U.M. Knowledge networking GmbH</i>	
Abfallwirtschaft in Entwicklungsländern	23
<i>Dr.-Ing. Abdallah Nassour, Universität Rostock</i>	
Beprobung von heizwertreichen Abfallfraktionen für die Qualitätssicherung bei der thermischen Verwertung. Erfahrungen aus der Anwendung der Normenentwürfe des CEN TC 292 bzw. TC 343	37
<i>Dipl.-Ing. Michael Prochaska, Dipl.-Ing. Michael Schelch, Dipl.-Ing. Claudia Hofer MAS. Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik, Montanuniversität Leoben</i>	
Charakterisierung von Abfallproben mit FTIR Spektroskopie und Thermogravimetrie	50
<i>Dr. Ena Smidt, Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien</i>	
Bestimmung von Atmungsaktivität und Gasbildungspotential – Neueste Erkenntnisse und mögliche Mißinterpretation.	63
<i>Dipl.-Ing. Erwin Binner, Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien.</i>	
Mechanische Eigenschaften von Siedlungsabfall: Entwicklung eines Klassifikationssystems	78
<i>Dipl.-Ing. Ulrich Langer, Dr. Neil Dixon, Loughborough University, England</i>	
Untersuchung und Modellierung des Einflusses von physikalisch-chemischen Parametern auf die Abbauprozesse in Hausmülldeponien	94
<i>Dipl.-Biotechnol. Hilke Heinke, Dipl.-Chem. Nelson Mora Naranjo, Dr. Jeanett Meima, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem. Andreas Haarstrick, Prof. Dr.-Ing. Dietmar C. Hempel, TU Braunschweig, Inst. f. Bioverfahrenstechnik</i>	
Sensitivitätsanalysen und Prognosen des Langzeitverhaltens von Deponien	106
<i>Dr. Jeannet A. Meima, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem. Andreas Haarstrick, Dipl.-Biotechnol. Hilke Heinke, Prof. Dr.-Ing. Dietmar C. Hempel. Institut für Bioverfahrenstechnik, Technische Universität Braunschweig</i>	
Emissionen mechanisch-biologisch behandelter Abfälle bei der Deponierung – eine Bilanz aus Langzeitversuchen	117
<i>Dr.-Ing. Anke Bockreis, IWAR TU-Darmstadt</i>	
Optimierungsversuche zur Gasproduktion / Entgasung bestehender Reaktordeponien mit dem Ziel der Inertisierung	128
<i>Dipl.-Ing. Pamela Holweg, Prof. Dr.-Ing. Klaus Cord-Landwehr, Dipl.-Ing. Myriam Müller, Chem.tech. Margot Seeber, Fachhochschule Nordost-Niedersachsen</i>	

Überblick über den Stand der Entwicklung einer Simulationssoftware zur Planung von Abfallbehandlungsanlagen am I.A.R., RWTH Aachen <i>Dipl.-Ing. Heiko Schieman, Prof.-Dr.-Ing. Thomas Pretz, IAR RWTH Aachen</i>	148
Mechanisch-biologische Verfahren zur stoffstromspezifischen Restabfallbehandlung – Perspektiven für dezentrale Entsorgungskonzepte <i>Dr. Martin Wittmaier, Institut für Kreislaufwirtschaft GmbH, Bremen</i>	153
Die Auswirkungen verschiedener mechanischer Vorbehandlungsmethoden auf die nachfolgenden biologischen Prozesse <i>Dipl.-Ing. Wolfgang Werning, Waste Energy GmbH</i>	170
Ansätze für die Optimierung der Bioabfallkompostierung <i>Dipl.-Ing. Andreas Neff, Prof. Dr.-Ing. Michael Nelles, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Fachgebiet Technischer Umweltschutz</i>	177
Das Dombelüftungsverfahren – ein vielseitig einsetzbares Belüftungsverfahren für offene Rottemieten auch nach 2005 <i>Dr. Joachim Brummack, TU Dresden, Institut für Verfahrenstechnik und Umwelttechnik</i>	194
Kurzzusammenfassung der Forschungsaktivitäten des Rhein-Lahn-Kreises in der MBA hinsichtlich der Einhaltung der rechtlichen Anforderungen der 30.BImSchV und AbfAbIV <i>Dipl.-Ing. Andreas Warnstedt, Abfallwirtschaft Rhein-Lahn-Kreis</i>	211
Nachrüstung von MBA-Altanlagen – Offene Nachrotte gemäß § 16 der 30. BImSchV <i>Dr. Rainer Wallmann, Ingenieurgesellschaft Witzhausen</i>	223
Offene Nachrotte nach der mechanisch-biologischen Intensivbehandlung. Emissionmessungen - Techniken der Emissionminderung - Planungsbeispiele - ökologische Bewertung - Kosten-Nutzen-Verhältnis <i>Dr.-Ing. Joachim Dach, Björnson Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz</i>	240
Anwendungsorientierte Modellierung der Verbrennung auf Rostsystemen - Einsatzbereiche, Modellvorstellung, Schwierigkeiten - <i>Dipl.-Ing. Torsten Reindorf, CUTEK - Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH</i>	255
Pyrolyse – Chancen und Grenzen der thermischen Stoffbehandlung <i>Dipl.-Ing. Hans-Joachim Gehrmann, CUTEK – Clausthaler Umwelttechnik Institut GmbH.</i>	273
Verwertungsmöglichkeiten von stickstoffhaltigem Waschwasser aus der Abluftreinigung bei MBA (Saure Wäsche) <i>Dr. Joachim Clemens, Dipl.-Ing. Maria Hogrebe, Dr. Carsten Cuhls, gewitra GmbH.</i>	284
Wasserstoffbildungspotential in MVA-Flugstäuben – Erste Ergebnisse <i>Dr. Gabriele Magel, CheMin, Augsburg</i>	289
Aufbereitung und Verwertung von Biomasse aus Bioabfällen zur energetischen Verwertung. <i>Dr.-Ing. Joachim Dach, Björnson Beratende Ingenieure GmbH, Koblenz</i>	306

Verwertung von Aschen aus der Biomasseverbrennung – Bioasche als Kalkersatz?	322
<i>Dipl.-Geoökol. Sarah Hottenroth, BlfA Bayerisches Institut für angewandte Umweltforschung und –technik GmbH, Augsburg</i>	
Zukunftsweisende Altreifenentsorgung	337
<i>Dipl.-Ing. Dr. Andreas Bartl, Dipl.-Ing. Andreas Hackl, Dipl.-Ing. Bettina Mihalyi, Univ.-Prof. Dr. Ingo Marini, Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Wien sowie Dipl.-Ing. Franz Neubacher, UV&P Umweltmanagement GmbH, Wien</i>	
Klasse 2 Deponievolumen und Abfallbehandlung angesichts des Auslaufs von Übergangsvorschriften 2005 und 2009	356
<i>Dr.-Ing. Matthias Kühle-Weidemeier, Wasteconsult international, Langenhagen</i>	
Aktueller Erkenntnisstand zur in situ Belüftung von Deponien am Beispiel des mehrjährigen Versuches auf der Altdeponie Kuhstedt	370
<i>Dipl.-Ing. Marco Ritzkowski, Arbeitsbereich Abfallwirtschaft, TU Hamburg-Harburg</i>	
Wasserstoffbildung in MV-Reststoffdeponien	392
<i>PD Dr. Soraya Heuss-Aßbichler, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Bereich Mineralogie, Universität München</i>	
Die Langzeitstabilität von Rauchgasreinigungsrückständen	402
<i>PD Dr. Soraya Heuss-Aßbichler, Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Bereich Mineralogie, Universität München</i>	
Deponierung von MBA-Abfällen	413
<i>Dr.-Ing. Matthias Kühle-Weidemeier, Wasteconsult international, Langenhagen</i>	
Passiv angeströmte Biofilter zur Entsorgung von Restgas-Emissionen	442
<i>Dipl.-Biol. Julia Gebert, Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg</i>	
CO₂ Emissionshandel für Deponie(schwach)gase	456
<i>Dipl.-Ing. Wolfgang H. Stachowitz, DAS – IB GmbH, Kiel</i>	
Deponieemissionen in Luft und Wasser im Rahmen des Europäischen Schadstoffemissionsregisters (EPER)	472
<i>Dr.-Ing. Carsten Cuhls, gewitra GmbH</i>	
Vor- und Nachteile bei der Verwendung von aufbereitetem Baggergut als Oberflächendichtmaterial	486
<i>Dr. Alexander Gröngroß, Institut für Bodenkunde, Universität Hamburg</i>	
Sicherung von kuppelartigen Oberflächenabdichtungen mit Hilfe von Geogittern; Besonderheiten bei der Bemessung	499
<i>Dipl.-Ing. Dirk Fischer, Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Umweltmanagement mbH Prof. Dr.-Ing. Salomo + Partner, Uelzen</i>	
Dichtungskontrollsysteme in Deponieoberflächenabdichtungen - Praxiserfahrungen und Grenzen der DKS	507
<i>Dipl.-Ing. Silke Schwöbken, SENSOR DEUTSCHLAND GmbH</i>	

Hinweis

Dieser Tagungsband wurde durch Wasteconsult international, Dr. Kühle-Weidemeier mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Fehler sind trotzdem nicht auszuschließen. Für die Richtigkeit der Angaben in diesem Buch wird von Wasteconsult und den Verfassern keinerlei Haftung oder Gewährleistung übernommen. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren selbst.

Die Beiträge befassen sich überwiegend mit dem Stand der Wissenschaft, eine Übertragung in die tägliche Praxis ist daher sorgfältig zu prüfen.

Sofern in den Beiträgen Markennamen verwendet wurden, bestehen dafür möglicherweise Schutzrechte, auch wenn darauf nicht ausdrücklich hingewiesen wird.

Über die Förderung der Abfallforschung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Uwe Wittmann, Peter Sliwka, Karl-Peter Knobel

1 Vorbemerkung

Im zurückliegenden Jahrzehnt wurden große Fortschritte bei der Verwertung und Entsorgung von Abfällen erreicht, die auch im internationalen Maßstab aufmerksam verfolgt werden und ein erhebliches Potential für den Technologietransfer darstellen.

Beispielsweise werden von den etwa 44 Mio Tonnen / Jahr an Hausmüll und hausmüllähnlichen Siedlungsabfällen rund 19 Mio Tonnen verwertet, ca. 10 Mio Tonnen behandelt (MVA, Müllverbrennungsanlagen oder MBA, mechanisch-biologische Restabfallbehandlungsanlagen) und etwa 15 Mio Tonnen ohne Vorbehandlung abgelagert. (UBA, Umweltdaten Deutschland 2002).

Die getrennt zur Verwertung eingesammelten Abfälle, d.h. kompostierbare Abfälle aus der Biotonne (ca. 3,3 Mio Tonnen) und sonstige Getrenntsammlungen wie Glas, Papier, Kunststoffe, Elektronikteile (ca. 11,9 Mio Tonnen) beliefen sich auf insgesamt ca. 15,2 Mio Tonnen (185 kg / Einwohner). Das bedeutet, dass ca. 43 % der Abfälle aus privaten Haushalten 1998 einer Verwertung zugeführt wurden. (UBA, Umweltdaten Deutschland 2002). Dieser Anteil ist in den letzten Jahren weiter angestiegen und betrug im Jahr 2000 erstmals ca. 50%. Bei Verpackungen wurde eine Verwertungsquote von mehr als 80% (Glas ca. 85%, Papier ca. 88%) und damit eine europäische Spitzenstellung erreicht (Abfallrecht aktuell, BMU, Stand Mai 2002). Verglichen mit der Verwertungsquote von ca. 25% anfangs der 90er Jahre zeigt sich bei den Abfällen aus privaten Haushalten deutlich, dass es zunehmend gelingt, die Verwertungsquote zu erhöhen und damit nachhaltig mit den vorhandenen Ressourcen zu wirtschaften.

Zu dieser insgesamt positiven Entwicklung hat das BMBF durch abfallwirtschaftliche Förderaktivitäten in erheblichem Umfang beigetragen, die mit Unterstützung der zuständigen Projektträger des BMBF für

□ Abfallwirtschaft und Altlastensanierung (bis 2000) im Umweltbundesamt Berlin,

- Umweltforschung und -technik im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V. Bonn,
- Wassertechnologie und Entsorgung im Forschungszentrum Karlsruhe GmbH sowie
- Umweltforschung im Forschungszentrum Jülich GmbH

verwirklicht wurden.

2 Ausgewählte Ergebnisse der BMBF-Förderung

Im Mittelpunkt der Forschungsförderung stand seit Mitte der 70er Jahre die Entwicklung von Strategien und Verfahren zur Abfallvermeidung und –verwertung, zur Abfallbehandlung und zur umweltverträglichen Abfallbeseitigung.

Aufgabe war es, in der Wirtschaft und den Kommunen den Stand der Umweltschutztechnik fortlaufend so voran zu bringen, dass entstandene Umweltprobleme (Müllnotstand) auf ökonomisch und ökologisch effiziente Weise gelöst werden können bzw. zukünftig zu erwartende Umweltprobleme vermieden werden können.

Mit dieser Zielsetzung wurden bis 2000 über 300 FuE-Vorhaben mit einer Gesamtzuwendung von ca. 350 Mio € gefördert. Pro Jahr setzte das BMBF für die Lösung der abfallwirtschaftlichen Fragestellungen zwischen 10 -15 % der insgesamt für die Umweltforschung bereitgestellten Mittel ein.

Unter Berücksichtigung der von den Forschungsnehmern zu erbringenden Eigenmittel kann man von insgesamt ca. 600 Mio € ausgehen, die in Deutschland mit Unterstützung des BMBF seit 1976 im Bereich der Abfallforschung eingesetzt wurden.

Dies hat zur Bündelung der Forschungskräfte in Deutschland sowie zur Entstehung einer leistungsfähigen Forschungslandschaft und Abfallwirtschaftsindustrie beigetragen und darauf aufbauend die Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltindustrie international gestärkt.

In der nachfolgenden Übersicht werden ausgewählte Förderaktivitäten und deren Ergebnisse dargestellt.

2.1 Umweltverträgliche Abfallablagerung / Deponietechnik

Die mit erheblichem Aufwand (1985-95, 15 Mio €) in den Bundesländern Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und auch in Hamburg geförderten Verbundvorhaben für die Sanierung von Deponien am Beispiel der Deponiestandorte **Münchehagen, Georgswerder und Gerolsheim** führten zu einer Vielzahl von praxisreifen Verfahren für die Immobilisierung von Schadstoffen, für die Verhinderung des Schadstoffaustritts durch den Einbau von Dichtwänden und Aufbringung von Oberflächenabdichtungen. Diese Techniken haben sich im Falle der Altdeponien bewährt und werden bei Bedarf eingesetzt. Zugleich wurden aber auch Erkenntnisse gewonnen, die Ausgangspunkt für neue Forschungsarbeiten waren.

Das Großverbundvorhaben „**Methoden zur Erkundung und Beschreibung des Untergrundes von Deponien und Altlasten**“ (1989 - 1997, 34 Einzelprojekte, ca. 12 Mio €) befasste sich mit der zuverlässigen und kostengünstigen Bestimmung der Barrierewirkung des Untergrundes. Auf 9 Referenzstandorten wurden hierfür geophysikalische, geochemische und hydrogeologische Verfahren erprobt und weiterentwickelt. Die als Kompendium beim Springer-Verlag publizierten Ergebnisse¹ dienen der wissenschaftlich begründeten Bewertung von Fragen der Deponiesicherung und Vorbereitung neuer Deponiestandorte im In- und zwischenzeitlich auch im Ausland, z.B. Thailand, China sowie Jordanien .

In dem Verbundvorhaben „**Deponiekörper**“ (1991 – 1997, 9 Einzelvorhaben, 3,3 Mio €) wurden das Schadstoff- und des Emissionspotential untersucht und wichtige Erkenntnisse zum Langzeitverhalten von Deponien ermittelt. Die Ergebnisse dieses Vorhabens sowie des Verbundprojektes „**Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen**“ (1990 – 1996, 27 Einzelvorhaben, 7,84 Mio €) flossen in die Bewertung und Weiterentwicklung technischer Abdichtungsmaßnahmen für Deponien ein.

In dem Themenkomplex „**Deponiesickerwasser**“ (1982-1995, 19 Projekte, Zuwendung ca. 6 Mio €) wurden leistungsfähige Reinigungsverfahren zur Sickerwasseraufbereitung entwickelt, der Stand der Technik voran gebracht und erfolgreich in die betriebliche Praxis umgesetzt. Ein Beispiel hierfür ist der erstmalige Einsatz des Umkehrosmoseverfahrens für die Deponiesickerwasserbehandlung im technischen Maßstab (50.000

¹ Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, ISBN 3-540-59140-0 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

m³/a) auf der Hausmülldeponie Gaggenau-Oberweier (Landkreis Rastatt). Die Umkehrosmosetechnik hat sich seither zum Teil in Kombination mit der Eindampfungstechnik in der Deponiesickerwasserbehandlung durchgesetzt und ist auf zahlreichen Deponien (über 60 Anlagen) in Betrieb.

Durch die im Zeitraum 1985 bis 1995 mit über 2 Mio € geförderten Forschungsarbeiten zur Thematik **„Deponiegasgewinnung und –verwertung“** wurden insbesondere auch Lösungen geschaffen, die eine zuverlässige Abdichtung von Deponien und eine effektive Fassung, Ableitung und Verwertung von Deponiegasen ermöglichen. Die Maßnahmen zur Deponiegasnutzung sind heute Stand der Technik und leisten damit auch Beiträge zum Klimaschutz durch Minderung der Methanemissionen (Anmerkung: der Beitrag von Methan zum Treibhauseffekt ist ca. 24 mal größer als der von Kohlendioxid).

Gegenstand des von Februar 1999 bis März 2003 mit über 1 Mio € geförderten Forschungsverbundes **„Mikrobielle Verminderung von Methanemissionen“** war die Untersuchung der Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von passiven und aktiven Biofiltersystemen anstelle von thermisch gesicherten Deponieentgasungsanlagen in der Nachsorgephase. Die im Labor, Technikum und den beiden großtechnischen Versuchsanlagen erzielten Ergebnisse bilden die Basis für eine kostengünstige Behandlung von Restgasemissionen.

Die Untersuchungen des 1999 beendeten Förderschwerpunktes **„Mechanisch-biologische Abfallbehandlung“** (20 Vorhaben, 7,5 Mio €) waren darauf gerichtet, Verfahren und Produkte zu analysieren und zu bewerten, die alternativ zur thermischen Vorbehandlung eine ökologisch unbedenkliche Ablagerung von Abfällen im Sinne der TASI ermöglichen.

Neben der Untersuchung von Verfahrenskombinationen war ein wesentlicher Teil der Forschungsarbeiten auf die Bestimmung der Ablagerungsfähigkeit und Langzeitstabilität der erzeugten Produkte sowie des Verbleibs der Schadstoffe gerichtet. Wichtig sind auch die gewonnenen Erkenntnisse für die optimale Prozessführung bei der aeroben Behandlung (Verrottung) von Restabfällen, die Sicherung einer ausreichenden Produktqualität und die Reduktion von Emissionen.

Durch den Forschungsverbund **„Erprobung der nichtkatalytischen thermischen Oxidation zur Behandlung von Abluft aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA)“** konnte nachgewiesen werden, dass das Verfahrensprinzip der rege-

nerativ thermischen Oxidation erfolgreich auch in MBA-Anlagen für die Begrenzung der Emissionen an organischen und geruchsintensiven Stoffen eingesetzt und die hierfür geltenden rechtlichen Regelungen eingehalten werden können. Der Verbund wurde vom August 2000 bis Juni 2002 durchgeführt und vom BMBF mit über 750 T € gefördert.

Über die genannten Verbünde hinaus wurden aber auch die Möglichkeiten des Deponierückbaus untersucht mit dem Ziel einer Weiternutzung von Deponiestandorten sowie der Erfahrungsgewinnung bei der Abfallentnahme, Volumenreduzierung und auch Wertstoffrückgewinnung. Hier ist beispielsweise das von 1990 bis 1994 durchgeführte Verbundprojekt **„Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien am Beispiel der Deponien Schöneiche und Schöneicher Plan“** zu nennen.

Hauptziel des im Jahr 1999 initiierten und 2003 abgeschlossenen Förderschwerpunktes **„Ideenwettbewerb zur Kosten-, Preis- und Gebührensenkung“** war es, Kostensenkungspotenziale bei der Ver- und Entsorgung zu erschließen und innovative Verfahren und Techniken zu fördern, um eine höhere Wirtschaftlichkeit bei Erhaltung der Leistungsfähigkeit in der kommunalen Ver- und Entsorgung zu erreichen.

In dem mit über 1 Mio € geförderten Verbund zur Ermittlung und Umsetzung von Kostensenkungspotenzialen / Effizienzverbesserungen bei der kommunalen Abfallentsorgung und Stadtreinigung waren 19 Betriebe unterschiedlicher Regionalität, Ortsgrößenklasse und Betriebsform eingebunden (vernetzte Struktur / Umsetzbarkeit der Ergebnisse eines Entsorgers auch in anderen Betrieben des Verbundes).

Durch Überlagerung verschiedener Optimierungsansätze im operativen Bereich (Personal und Fahrzeugkosten) wie z.B. bei der Tourenplanung, der Tourenauslastung und der Fahrzeugbesatzung konnten erhebliche Einsparpotenziale ermittelt und realisiert werden.

Die Verbundpartner schätzen das Kostensenkungspotenzial im Bereich der Entsorgungslogistik und Straßenreinigung hochgerechnet auf Deutschland auf mehrere 100 Mio €.

2.2 Untertägige Ablagerung gefährlicher Abfälle

Seit 1988 sind etwa 90 Forschungsvorhaben mit einem Finanzvolumen von rund 60 Mio. € zur untertägigen Ablagerung chemotoxischer Abfälle in Deutschland gefördert worden.

Wesentliche Ergebnisse betreffen das Verhalten des Abfallinventars unter den spezifischen unter Tage-Bedingungen und den langzeitsicheren Abschluss von Entsorgungseinrichtungen.

Darüber hinaus wurden innovative Messverfahren und Methoden entwickelt, die letztlich der Gewinnung und Absicherung von Daten für die sicherheitsanalytische Bewertung solcher Einrichtungen über sehr lange Zeiträume dienen.

Die Überführung der FuE-Ergebnisse und deren unmittelbare Anwendung in der Praxis wird durch die besonders an der Thematik Verschlussmaßnahmen interessierten Unternehmen sichergestellt.

Die im Förderschwerpunkt entwickelten Lösungen haben jedoch auch für andere Fragestellungen aus dem Bergbau Bedeutung, z.B. im Zuge von Verwahrungsaktivitäten. Darüber hinaus werden aus den wissenschaftlich verwandten Fördergebieten zur Ablagerung chemotoxischer Abfälle und Endlagerung radioaktiver Abfälle deutliche Synergieeffekte und Problemlösungen für bundeseigene Einrichtungen erwartet.

3 Abfallbehandlung und –verwertung

Auch in der **thermischen Abfallverwertung** ist ein beeindruckender Stand der Technik zu verzeichnen. Die Forschungsergebnisse (1985-1995, 10 Vorhaben, 11,2 Mio €) zur Optimierung der Verbrennungstechnik sowie der Rauchgasreinigung bei der thermischen Vorbehandlung und energetischen Verwertung von Abfällen mit dem Ziel der Beherrschung der Dioxinproblematik fanden Eingang in die Anlagentechnik zur Dioxinzerstörung und –vermeidung. Heute sind diese Erkenntnisse wichtiges Allgemeingut und spielen beim Technologietransfer eine erhebliche Rolle.

Im Mittelpunkt des 1998 abgeschlossenen Förderschwerpunktes „**Neue Techniken zur Kompostierung von biologischen Abfällen**“ (27 Vorhaben, 9 Mio €) stand die Entwicklung von Techniken, die auf höhere Durchsätze, differenzierte Verarbeitung biologisch abbaubarer Abfälle und die nutzungsbezogene Qualitätsverbesserung der erzeugten Komposte gerichtet sind.

Die Forschungsergebnisse haben dazu beigetragen, dass heute gesicherte Bemessungsgrößen für die Kompostierung vorliegen und ein hoher Qualitätsstandard bei Bodenhilfsstoffen und bodenverbessernden Mitteln für die Rekultivierung und Erhaltung eines guten ökologischen Zustandes der Umwelt erreicht ist.

Anwendungsreife Lösungen für die Vermeidung, Verwertung und stoffliche Nutzung von industriellen Reststoffen und Abfällen wurden aber auch im Rahmen des vom BMBF geförderten **Produktionsintegrierten Umweltschutz** erzielt. Wesentlicher Schwerpunkt war hierbei die Vermeidung und die betriebliche qualitative Aufbereitung von Produktionsreststoffen und Kuppelprodukten.

In verschiedenen Branchen der deutschen Wirtschaft (Verpackungsindustrie, Papierindustrie, Textilindustrie, Galvanik, Metallerzeugung, Gießereiindustrie) wurden in Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie Produktionsprozesse optimiert und neue technologische Verfahren zur Reststoffverwertung entwickelt. Hierzu zählen z.B. neue umweltschonendere lösungsmittelfreie Farben und Verfahren für den Verpackungstiefdruck, biologisch abbaubare Kunst- und Werkstoffe oder auch Verpackungen mit antimikrobiellen Eigenschaften, ferner auch neue Verfahren zum Recycling von gebrauchten Verpackungsmaterialien wie z.B. für Kunststofffolien oder PET Flaschen. In diesem Bereich wurden 66 Vorhaben mit 20 Mio. € gefördert.

Das Recycling von Altpapier konnte in der Vergangenheit vorangetrieben werden und ist nunmehr in der Wirtschaft etabliert. Hierzu wurden in der Vergangenheit für 36 Vorhaben 35 Mio. € zur Verfügung gestellt.

Aber auch innovative technologische Verfahren für spezielle Anwendungen und Problembereiche werden mittlerweile im Produktionsmaßstab angewandt, wie z.B. die infrarot-gestützte Detektion und Sortierung verschiedener Kunststoffe beim Altautorecycling.

Die Schließung von betrieblichen Stoffkreisläufen war ebenfalls ein Schwerpunkt dieses Programms. Beispielhaft zu erwähnen ist hier die Schließung von Wasserkreisläufen in der Galvanischen Industrie oder die Aufbereitung und Rückführung von Formsanden beim Metallguss

Fragen der **Klärschlammbehandlung, -verwertung und -entsorgung**, waren Gegenstand eines Förderschwerpunktes, in dessen Rahmen seit 1975 ca. 140 Forschungsvorhaben realisiert wurden. Insgesamt hat das BMBF die Schaffung neuer Lösungen mit ca. 50 Mio € unterstützt. Hierzu zählen u.a. die Klärschlammstabilisierung

zur Verbesserung der Klärschlammeigenschaften für eine landwirtschaftliche Verwertung und sichere Deponierung sowie die Weiterentwicklung der Fest / Flüssig-Trennung und Klärschlamm-trocknung, aber auch die Biogasproduktion aus Klärschlämmen und dessen energetische Verwertung.

4 Aktuelle Förderschwerpunkte im Bereich der Abfallwirtschaft

Gegenwärtig konzentriert sich die Forschungsförderung des BMBF auf die Lösung von Fragestellungen, die mit der stofflichen und energetischen Nutzung von Abfällen sowie den Vorbereitungsarbeiten für die Stilllegung und den geordneten Abschluss von Altdeponien in Verbindung stehen. Die hierfür bereitgestellte Fördersumme beträgt derzeit über 30 Mio €.

4.1 Abfallvermeidung und -verwertung

Im Rahmen des mit über 15 Mio € geförderten Förderschwerpunktes „**Verpackungsrecycling**“ werden ca. 50 Projekte mit dem Ziel einer qualitativ hochwertigen stofflichen Nutzung von Verpackungsmaterial durchgeführt. Ein Beispiel zeigt, dass es möglich ist, gebrauchte Kunststofftanks zu einem Kunststoffgranulat von gleicher Qualität wie das Ausgangsmaterial zu verarbeiten und wiederzuverwerten

Großes Engagement legt das BMBF in die produktionsintegrierte Vermeidung von industriellen Abfällen bzw. auf die **Weiterverwendung anfallender Industriestoffe**. Derzeit laufende Forschungsprojekte sind z.B. auf die Behandlung (Konditionierung) der bei der Stahlerzeugung anfallenden Hochofenschlacke zu einem qualitativ hochwertigen Produkt ausgerichtet. Dies soll dann im Straßen- und Wasserbau einsetzbar sein und natürliche Ressourcen und Deponieraum schonen.

Im Sinne der Vorsorge wird zur Bewertung der Grundwasserverträglichkeit schwachkontaminierter Abfälle und Recyclingprodukte vor ihrer Auf-/Einbringung auf oder in Böden der Förderschwerpunkt „**Sickerwasserprognose**“ (2000-2006, ca. 40 Projekte, ca. 11 Mio €) durchgeführt. Gegenstand der Untersuchungen sind feste, mineralische Abfälle zur Verwertung (Bauschutt, Verbrennungsrückstände, umzulagerndes Bodenmaterial). Im Vordergrund stehen die Quellstärkenermittlung der Materialien und die darauf aufbauende Transportprognose, d. h. die Voraussage, welche Veränderungen

das Sickerwasser hinsichtlich der betrachteten Schadstoffe auf seinem Weg zur Grundwasseroberfläche hin erfährt.

4.2 Deponiestabilisierung und Stilllegungskonzepte

Mit Hilfe des Projektes „**Beschleunigte aerobe in situ Stabilisierung der Altablagerung Kuhstedt zur Minderung des Kosten- und Nachsorgeaufwandes**“ sollen kostengünstige Lösungen für die Deponiestilllegung entwickelt werden. Die für viele Altdeponien interessante Beschleunigung des mikrobiellen Abbaus organischer Inhaltstoffe mit dem Ziel einer schnellstmöglichen Verfestigung und Inertisierung des Deponiekörpers wird mit über 900 T€ vom BMBF gefördert.

In Zusammenhang mit den Förderaktivitäten des BMBF für die **Rekultivierung der Folgelandschaften des Braunkohlenbergbaus** in den neuen Bundesländern wurde auch die besondere Problematik des Umgangs mit Altdeponien deutlich, die in Tagebaurestlöchern eingerichtet wurden und deren akkumulierten Schadstoffe bei Grundwasseranstieg ausgeschwemmt werden können. Hierfür sollen mit dem seit September 2002 bearbeiteten Vorhaben der AWH GmbH Halle-Lochau „**Untersuchungen für die nachhaltige Stilllegung von Deponien, die in Restlöchern des Braunkohlenbergbaus eingerichtet wurden, am Beispiel der Deponie Halle-Lochau**“ exemplarische Lösungen für die Gefahrenbewertung entwickelt und dem Stilllegungskonzept zugrunde gelegt werden. Das BMBF fördert das Vorhaben gemeinsam mit dem Land Sachsen-Anhalt und stellt hierfür über 400 T€ hierzu zur Verfügung.

Die angestrebte selbsttragende Lösung ist zugleich ein Teilschritt, um die zu erwartenden Aufwendungen für die Deponiestilllegung und Nachsorge erheblich zu reduzieren.

Ersten Abschätzungen zufolge ist von sehr langen, ca. 100 bis 200 Jahre andauenden Nachsorgephasen die Rede. In diesen Nachsorgephasen wären u.a. die teilweise lang anhaltenden Emissionen an Gas und Sickerwasser zu fassen und zu behandeln, Setzungen oder Verformungen des Deponiekörpers zu bestimmen, die Oberflächenabdichtung zu kontrollieren und ggf. zu reparieren sowie die Rekultivierung zu unterhalten.

Als ein weiterer Beitrag für solche notwendigen wartungsarme und dennoch ökologisch sichere Lösungen werden im Rahmen des Förderschwerpunktes KORA „**Kontrollierter natürlicher Rückhalt und Abbau von Schadstoffen bei der Sanierung kontaminierter Grundwässer und Böden**“ auch Untersuchungen über das Verhalten deponiebürtiger Schadstoffe im Grundwasserleiter durchgeführt.

Ziel ist es, die im Untergrund ablaufenden natürlichen Abbau- und Rückhalteprozesse besser zu verstehen, zu bewerten und z.B. im Rahmen der Gefahrenbeurteilung und Sanierung gezielt zu nutzen bzw. zu unterstützen.

Der Förderschwerpunkt KORA ist zunächst für den Zeitraum 2002 – 2007 angelegt. Seine Durchführung wird durch das BMBF mit Zuwendungen in Höhe von über 16 Mio. € bei Gesamtaufwendungen in Höhe von ca. 20 Mio. € gefördert.

Hiervon fließen über 2 Mio € in den Themenverbund 4 „Deponiestandorte“, in dessen Rahmen am Beispiel von 4 Altablagerungsstandorten (Berlin, Frankfurt/Main, Großkayna/Merseburg sowie Weiden/Oberpfalz) aufgezeigt werden soll, wie die natürlichen Selbstreinigungsprozesse bei der Gefahrenbewertung, der ggf. notwendigen Sicherung sowie der Nachsorge berücksichtigt werden können.

Hinsichtlich der jetzt neu diskutierten **Wertstoff- und Nährstoffrückgewinnung aus Klärschlämmen** bereiten BMU, BMBF und BMVEL derzeit die Ausschreibung eines Förderschwerpunktes vor.

Untersucht werden soll die Rückgewinnung von Phosphor (daneben ggf. Stickstoff, Kalium, Magnesium) aus

- ☐ Abwasser und Klärschlamm, Aschen der Klärschlammverbrennung
- ☐ Tiermehl, Knochenmehl, Fleischbrei, Schlachthofabfällen
- ☐ Überschussgülle, Hühnerkot, Stallmist
- ☐ Lebensmittelabfällen, Abfällen der Lebensmittelindustrie.

Gegenwärtig scheitert die Anwendung entsprechender Recyclingtechniken noch an den zu hohen Kosten der Recyclingprodukte im Vergleich zu den aktuellen Rohphosphatimporten. Ziel der Ausschreibung ist es, innovative Verfahren zu fördern und die für deren Verwirklichung notwendigen Rahmenbedingungen zu identifizieren.

5 Künftige Förderschwerpunkte

Die Aktivitäten der Abfallforschung ordnen sich in die weltweiten Anstrengungen für nachhaltige Produktion und Konsum ein. Auch Deutschland hat sich in Johannesburg auf dem Weltgipfel für Nachhaltigkeit diesem Themenfeld verpflichtet.

Dabei stehen auf der Suche nach Lösungen drei zentrale Fragen im Vordergrund:

1. Wie lassen sich ökologische Knappheiten effektiver als bisher in marktliche Preisbildungsmechanismen und staatliche Rahmenbedingungen integrieren?
2. Wie lassen sich systemische Lösungen für Wertschöpfungsketten und –netze mit einer wesentlich stärkeren Entkopplung von Wertschöpfung und Ressourcenverbrauch entwickeln?
3. **Wie lassen sich angesichts der steigenden Komplexität und Dynamik globaler Wertschöpfungsketten geeignete Strategien und Methoden für eine zukunftsfähige und risikobewusste Orientierung von Unternehmen entwickeln?**

Eine lineare Fortschreibung der bisherigen Förderschwerpunkte ist für die Beantwortung dieser Fragen nur in geringem Maß zielführend.

Daher wird seitens des BMBF derzeit über die Bekanntmachung von Förderschwerpunkten nachgedacht, die auf die Initiierung neuer Ansätze gerichtet sind, in deren Mittelpunkt die Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung in Wirtschaft und Gesellschaft steht.

Die Abfallforschung ist aufgefordert, sich an der Verwirklichung dieser Förderschwerpunkte zu beteiligen. Konkret bedeutet dies, durch branchenübergreifende Konzepte das Zusammenwirken zwischen Gesellschaft – Wissenschaft – Branchenakteuren zu intensivieren und Potenziale sowohl für die stoffliche und energetische Nutzung von Abfällen zu erschließen, aber auch das Entstehen von Abfällen zu vermeiden.

Künftige Themenschwerpunkte sind:

- Verbesserung der Kommunikation und Kooperation zwischen den Akteuren der Wertschöpfungsketten, aber auch zwischen Erzeugern und Verbrauchern zur Entwicklung nachhaltiger Produktsysteme und zur Stützung eines nachhaltigen Konsums
- Wissensvermittlung von bestverfügbaren Technologien und Spitzenlösungen für die Unternehmen aber auch für Bürger und Kommunen

- Identifizierung und Entwicklung neuer Wirkprinzipien und Produkte mit erheblichem Energie-, Material- sowie Hilfs- und Rohstoffeinsparungspotenzial als Grundlage für die Vorbereitung von nachhaltig wirksamen Neuinvestitionen
- Finanzierungsmodelle für fortschrittliche Lösungen mit hohem Risiko.

Insbesondere in den Bereichen der Landwirtschaft, der Lebensmittelverarbeitung, der Textil-, Leder-, Verpackungs- und Chemischen Industrie aber auch der Metallverarbeitung und Bauwirtschaft ist hierzu noch ein erhebliches Entwicklungspotenzial für die Erschließung von Umweltentlastungseffekten vorhanden. Hierzu sind jedoch branchenübergreifende Konzepte notwendig, deren integraler Bestandteil auch technische Einzellösungen sind, die auf einer stärkeren Vernetzung der betroffenen wirtschaftlichen/wissenschaftlichen Akteure basieren und so zu nachhaltig wirksamen Systemlösungen führen.

Durch Entwicklung und Verwirklichung der neuen Konzepte sollen:

- dauerhafte Umweltentlastungen (Senkung der CO₂-Emission, Reduzierung des Energie-, Wasser- und Rohstoffverbrauches und Verminderung der Flächeninanspruchnahme) erzielt
- technische und organisatorische Innovationen, die eine Schlüsselstellung für Nachhaltigkeit in der Wirtschaft besitzen, ausgebaut und genutzt
- neue Wirkprinzipien (u. a. Mehrfachnutzung, Verlängerung der Lebenszyklen, Bioabbaubarkeit neuer Materialien, Zusammenlegung von Verfahrensschritten) angewandt
- Verbrauchereinflüsse (Bedürfnisse, Modetrends, Materialien, Produktrücknahme) bei der Entwicklung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen stärker berücksichtigt und gefördert
- Arbeitsplätze durch innovative Produkte erhalten und geschaffen
- Beiträge zum Strukturwandel in Deutschland sowie zum nationalen und internationalen Technologietransfer aus der Wissenschaft in die Praxis geleistet und die
- Aus- und Weiterbildung für die und in der Industrie sowie Gesellschaft verbessert

werden.

Die neuen Förderschwerpunkte des BMBF zielen darauf ab, alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens noch wirksamer zu vernetzen. Sie sollen mit Blick darauf zusammengeführt werden, wie die Lebensqualität und der Wohlstand in den Regionen bei gleichzeitiger Verbesserung des ökologischen Zustandes der Umwelt und Natur als Basis für die gesellschaftliche Entwicklung erhalten und ausgebaut werden können.

Beabsichtigt ist es, nach Abstimmung mit den Bundesressorts die Förderschwerpunkte noch im Jahr 2004 bekannt zumachen und einzelne Förderaktivitäten zu initiieren.

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Ing. Uwe Wittmann,
Forschungszentrum Jülich GmbH,
Projekträger des BMBF ,
Abt. UMW,
Wallstr. 17 - 22,
10791 Berlin

Dr. Peter Sliwka
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. ,
Projekträger des BMBF,
Abt. UFT,
Godesberger Allee,
53175 Bonn

Dr. Karl-Peter Knobel,
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH,
Projekträger des BMBF und BMWA für Wassertechnologie und Entsorgung,
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1,
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Internationale Wissensvernetzung im Abfallbereich

Dr.-Ing. Lars Jörgens, Dipl.-Ing. Werner P. Bauer, Dipl.-Ing. Stefan Richter

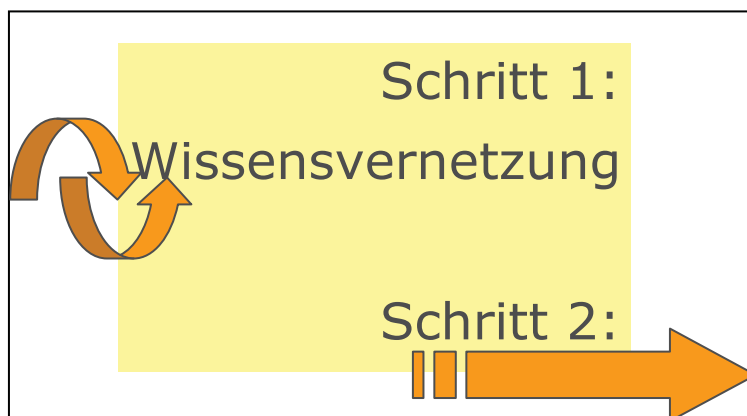
1 Ziele

Eine Wissensvernetzung im Bereich der Abfallwirtschaft zu erreichen ist das Ziel, um den partnerschaftlichen Austausch von strukturiertem Wissen von Kommune zu Kommune zu verstärken.

Ausgehend von bereits innerhalb der Kommunen des Wissensnetzwerkes ForumZ [ForumZ, 2004] abgewickelten Kosten-Leistungsvergleichen sollen „Best-Practice“-Lösungen auch im Bereich von einfachen Abfallanlagen identifiziert werden.

Diese so abgesicherten „Best-Practice“-Lösungen werden zu leicht verständlichen Wissensbausteinen aufbereitet, die den internationalen Ingenieuren eine Hilfe auf ihrer Suche nach abfallwirtschaftlichen Lösungen bieten sollen. Die Absicht einer erfolgreichen Markteinführung von „Wissen“ erfordert daher eine professionelle Aufbereitung und Bereitstellung der Wissensbausteine (Knowledge Assets), so dass deren Inhalte sehr fundiert und in einer völlig neuen Tiefe angeboten werden.

Die Arbeit der lokalen Ingenieure wird unterstützt und lässt eine deutlich raschere und kostengünstigere Erreichung der beispielsweise von der EU geforderten abfallwirtschaftlichen Ziele in den Beitrittsländer erwarten, da Aktivitäten auf bereits erfolgreich praktizierten Lösungen der Kommunen und deren kommerziellen Dienstleistern aufbauen.



Ziel ist es, dass vorhandene Wissen zu strukturieren und über einen partnerschaftlichen Austausch von Kommune zu Kommune die Wissensvernetzung innerhalb der Region zu verstärken und die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die mit den

Wissensbausteinen direkt verbunden sind über den Wissenstransfer zu fördern.

Abbildung 1: **Ziele: Wissensvernetzung - Wissenstransfer**

Am Beispiel der bayerischen Grenzregionen und Tschechien ist die graphisch in der folgenden Abbildung dargestellt. (Abb. 2).

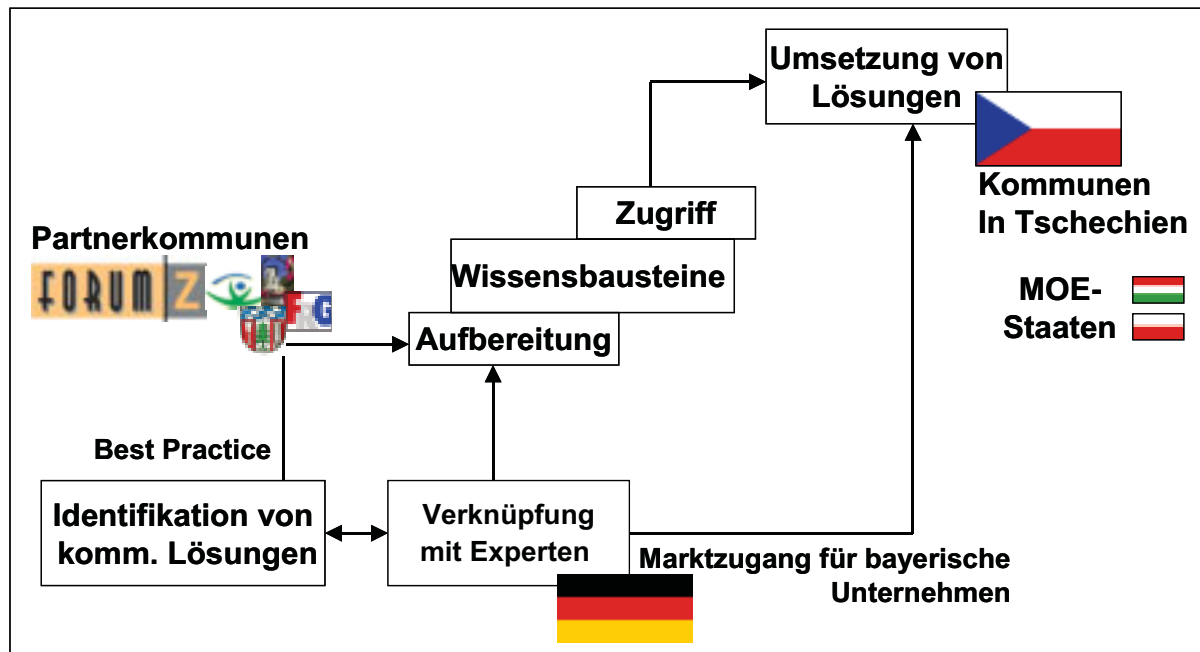


Abbildung 2: Strategie des Wissenstransfers

2 Stand der Wissensvernetzung

2.1 Allgemeines

Um die eingangs geschilderten Ziele zu erreichen, muss die regionale Vernetzung zwischen den Kommunen funktionieren. Die Bereitschaft der Kommunen sich mit Wissensmanagement auseinanderzusetzen ist nur dann gegeben, wenn ein direkter Nutzen bei den täglichen Entscheidungs- und Geschäftsprozessen für die mitwirkenden Partner vorhanden ist. Der vertrauensvolle Umgang mit eigenem und fremdem Wissen muss sich relativ kurzfristig ökonomisch auszahlen.

Internet ist mittlerweile bei Kommunalverwaltung ein weit verbreitetes Medium. Es erlaubt Ländern ohne herkömmliche Strukturen der Ablage von Wissen (Staatsbibliotheken) über große Entfernungen einen bisher nicht gekannten Zugang zu Informationen.

Es bietet sich deshalb an, für den Transfer von abfallwirtschaftlichem Wissen ebenso auf das Internet mit seinen weltweiten Zugangsmöglichkeiten zu setzen.

Als Wissen werden Informationen bezeichnet, die mit „Erfahrung, Kontext, Interpretation und Nachdenken kombiniert worden sind“; es beinhaltet somit beispielweise Planungen, Betriebsanweisungen oder Erfahrungsberichte in schriftlicher aber auch mündlicher Form [Davenport et al., 1997 aus Garcia Barrios, 2002].

3 Aufbereitung von Wissensbausteinen

Neben der Darstellung und Einrichtung eines direkten Zugangs zu vorhandenen Informationen werden in Zusammenarbeit mit den Partnerkommunen, herausragende lokale Lösungen der Abfallwirtschaft ermittelt. Unter Berücksichtigung der langjährigen praktischen Erfahrungen und vollzogenen Entwicklungsprozesse werden Best-Practice-Solutions aufbereitet und in Form von Wissensbausteinen dargestellt.

Als Wissensbausteine werden Wissenspakete oder -einheiten aus der Abfallwirtschaft verstanden, die leicht vermittelbar und verständlich (explizites Wissen) sein sollen. Hierzu muss das Wissen in den Köpfen (implizites Wissen) identifiziert und aufbereitet und strukturiert werden.

Einfachere Formen von Wissensbausteinen sind etwa Texte wie sie in Form eines Manuskriptes zu einer Veröffentlichung eingereicht werden. Oder Ausschreibungstexte, die bereits nach einer Anonymisierung leicht wiederverwendbar sind und dem späteren Nutzer eine wichtige Hilfe für dessen Arbeit darstellen.

Tabelle 1: **Wissensbausteine im Bereich der Abfallwirtschaft**

	Beispiele für Wissensbausteine	Anforderungen	Stand
	Nachrichten, Fachartikel aus der Abfallwirtschaft	Text im EDV-Format (MS-Word- / pdf- / txt-Datenformat).	Bereits vollzogen und demonstriert (vgl. ForumZ)
	Fotos für die Öffentlichkeitsarbeit	EDV-Format (tiff-, jpg-, bmp-Datei).	Bereits vollzogen und demonstriert (vgl. ForumZ)
	Leistungsverträge, Ausschreibungstexte, Satzungen (anonymisiert)	EDV-Format; Möglichkeit des Einfügens von Änderungen	Bereits vollzogen und demonstriert (vgl. ForumZ)
 Zunahme des Aufwands für Zusammenstellung und Aufbereitung	Planungselemente (Vorplanung von Anlagen, Maschinenteknik, Behandlungsverfahren, Konzeptionen, etc.)	EDV-Format, soweit möglich standardisiert auf verschiedene Größenordnungen; Möglichkeit der Weiterbearbeitung (z.B. Pläne im dxf-/dwg-Datenformat)	In Ansätzen in anderen Branchen etabliert [web2cad; 2004]; Demonstration im Rahmen des dargestellten Projektes.



Abbildung 3: Content-Partner im ForumZ

Das Wissensportal ForumZ bietet bereits ein vielfältiges Angebot an Wissensbausteinen, so können beispielsweise Fachartikel über das Presseportal (Abb. 3) recherchiert werden oder es stehen Ausschreibungs- und Vertragstexte sowie Planungselemente zur weiteren Nutzung zur Verfügung.

4 Markt für Wissen

4.1 Die Grundidee – Entwicklung eines Marktes für Wissen

Keiner will das „Wissens-„ Rad immer wieder neu erfinden; dennoch geschieht es tagtäglich wieder neu, da es keinen institutionellen Markt für Wissen gibt.

Insbesondere in den Kommunalverwaltungen mit den kleinen regionalen Strukturen bedeutet dies, dass Probleme in unmittelbarer lokaler Nähe parallel angegangen werden und zwar unabhängig davon, ob sie nicht bereits durch eine Nachbarkommune gelöst wurden. Die Weitergabe von Wissen ist eher zufällig.

Wenn positive Erfahrungen strukturiert weitergegeben werden sollen, funktioniert das letztlich nur wenn die Interessen aller Beteiligten gewahrt werden. Die Weitergabe von Wissen bedingt die sorgfältige Aufbereitung für den Wissenshandel und muss schon alleine deshalb kostenpflichtig sein. Die Grundidee für die Entwicklung eines Marktes für Wissen ist also Wissen als wertige Ware zu definieren.

4.2 Bedarfsorientierung

Wo ein Markt entstehen soll muss ein Kunde sein.

Das setzt zumindest grundsätzliches Interesse an den Produkten voraus.

Wer beispielsweise die offizielle Darstellung des Abfallkonzeptes beispielsweise für die Region Pilsen liest [Pilsen, 2003] und sich an die Ausgangssituation in Bayern erinnert, wird deutliche Analogien erkennen.

Bayern verfügt heute über ein nahezu flächendeckendes Netz mit 1.762 Wertstoffhöfen. Tschechien, hier am Beispiel der Region Pilsen, steht vor einer ähnlichen Aufgabe und könnte an den Erfahrungen in Bayern partizipieren.

In Bayern sind die Erfahrungen aus der Realisierung der Wertstoffhöfe bereits in einem umfangreichen Wettbewerb erhoben worden. Es gilt, sie nur noch für den Wissensmarkt aufzubereiten und das Wissen zu aktualisieren.

Bei der Ausarbeitung ist es entscheidend, dass für einen Wissensbaustein ein vielseitiges Anwendungsspektrum besteht oder er bei ähnlichen Problemstellungen mit lediglich geringen Modifikationen als Lösungsansatz dienen kann. Planungsdetails werden in standardisierter Form als CAD-Plan zur Verfügung gestellt; Erläuterungstexte als veränderbare Textdateien (z.B. MS-Word).

Dem Nutzer des Wissensbausteins muss es ermöglicht werden, die Planungselemente entweder vollständig oder auch in Teilen für seine Planungen zu verwenden. Die Möglichkeit der Änderung und Anpassung an die lokalen Rahmenbedingungen muss in einfacher und schneller Weise möglich sein.

4.3 Qualitätsorientierung

Für den Aufbau eines Wissensmarktes ist die Qualität der Wissenseinheiten eine wesentliche Voraussetzung. Nur bei nachweislich hoher Qualität der Ware „Wissen“ kann das Vertrauen des Kunden für den Kauf von „knowledge assets“ erwartet werden.

Folgende Möglichkeiten, Vertrauen aufzubauen bieten sich an:

- Best Practice aus Kosten-Leistungsvergleiche;
- Prämierte Planungen aus formalen Wettbewerben (wie hier beim Wettbewerb Wertstoffhöfe);
- Lösungen, die sich nachweislich durchgesetzt haben und vom Betreiber empfohlen werden;
- Realisierte Lösungen sind gegenüber auch guten Planungslösungen vorzuziehen, da Kostenangaben verifiziert und optische Details visualisiert werden können.

4.4 Wissenstransfer – Ausverkauf von Know-how oder Chance

Natürlich drängt sich beim betrachtenden Ingenieur die Frage auf, ob er mit der Offenlegung des eigenen Wissens, nicht etwa die Grundlage seines Unternehmens schwächt. Andererseits kann er sich Internet gestützt völlig neue Märkte erschließen, deren Markteintrittsbarrieren ansonsten zu teuer wären (Tab. 2). Letztlich wird die Struktur des Unternehmens den Ausschlag geben, ob es das aktuelle Wissen möglichst

rasch vermarktet oder eher in klassischer Manier, das Wissen als Referenz bei Einzelakquisitionen nutzt.

Bereits bei den hier dargestellten Beispielen für Wissensbausteinen werden die unterschiedlichen Beweggründe deutlich. Bei dem folgenden Beispiel der Vergärungsanlage sieht der Unternehmer sicher durch die rasche Verbreitung die Ergänzung seiner eigenen Marketingbemühungen, wohingegen bei dem Beispiel mit den Wertstoffhöfen dem Zweckverband eher der Gedanke nahe steht, benachbarte Kommunen zu unterstützen und dabei ein für ihn eher nachteiliges Gefälle an der Grenze zu reduzieren.

Tabelle 2: Vorbehalte und Hemmnisse eines Handels mit Wissensbausteinen

bestehende Vorbehalte und Hemmnisse	Lösungsansätze / Anmerkungen
“Weitergabe von Wissen” aus Sicht von Ingenieur- und Planungsbüros	Der Markt für Planungs- und Ingenieurbüros ist lokal begrenzt. Mit Wissensbausteine wird ein weitaus größerer Markt erschlossen, der keine Vorortbetreuung benötigt. Einmalige Aufbereitung ermöglicht beliebig häufigen Verkauf [Bauer, Jörgens 2002]. Zugriff auf Wissensbausteinen reduziert Aufwand für Aneignung des Wissens und mögliche Fehlerquellen [Jörgens, Bauer 2002].
“Weitergabe von Wissen” aus Sicht von Unternehmen die Produkte herstellen	Eindeutige Abgrenzung der Wissensbausteine zum Produkt. Möglichkeit zur Nutzung eines zusätzlichen Vertriebsweges. Vereinfachung und Strukturierung der Kundenbetreuung.

5 Zugriff auf die Wissensbausteine

Die Bereitstellung der Wissensbausteine erfolgt im Wissensportal ForumZ im Bereich des Marktplatzes „Shop & Share“ (Abb. 4), der als Austausch- und Handelsplattform für Wissen der Abfallwirtschaft dient [ForumZ; 2004]. Das bestehende Angebote wie Ausschreibungen, Mustersatzungen oder auch abfallwirtschaftliche Fotos für den Öffentlichkeitsarbeit durch die dargestellten Wissensbausteine aus dem Planungsbereich ergänzt, so dass erste Erfahrungen für den Aufbau eines Marktplatzes für Wissensbausteine bereits gesammelt werden konnten.

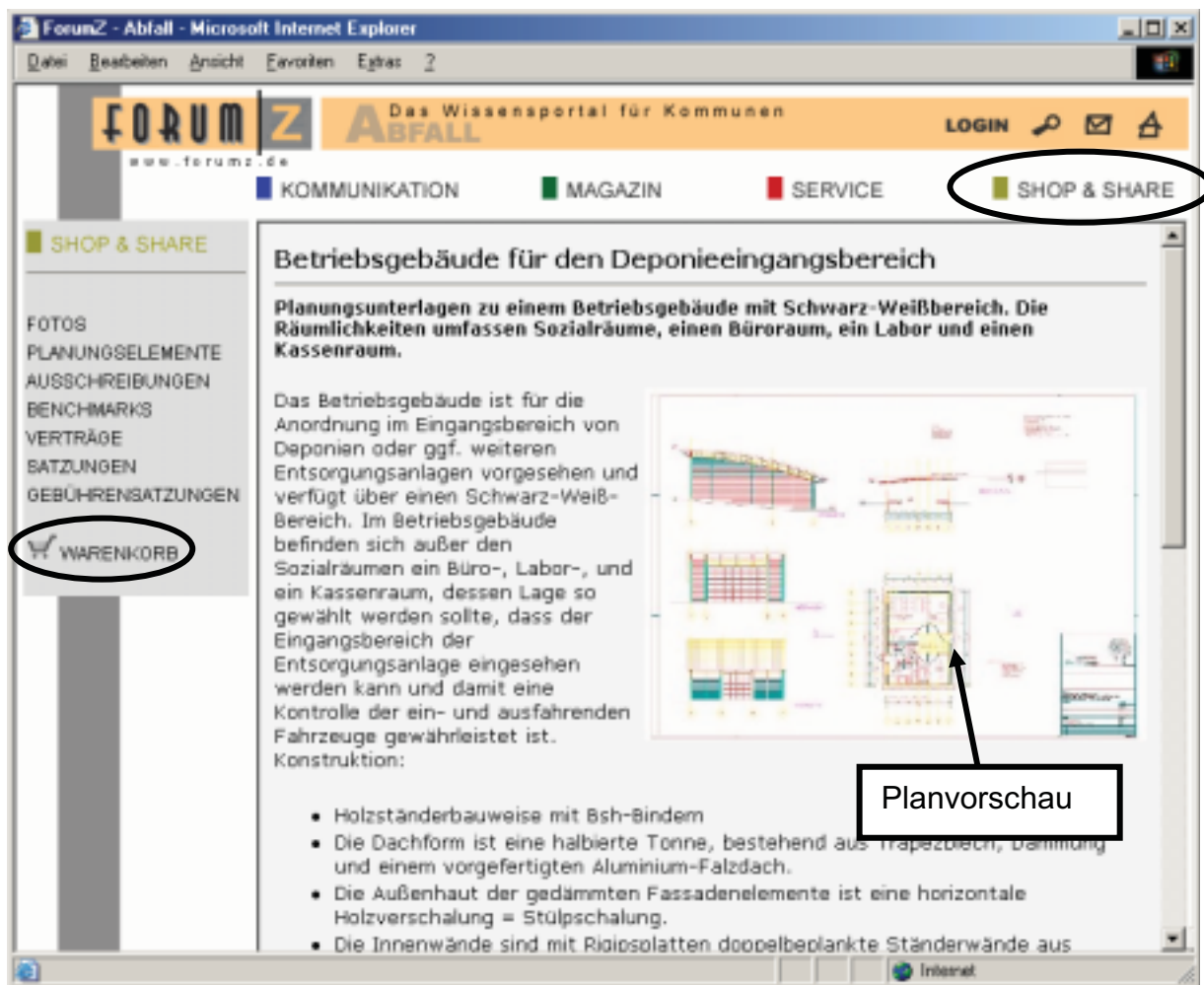


Abbildung 4: Darstellung von Wissensbausteinen im ForumZ

Der Zugriff auf einen spezifischen Wissensbaustein im Shop-Bereich erfolgt über ein Warenkorbsystem, über das Nutzer relevante Planungselemente direkt online bestellen können, die im Anschluss per Email oder bei einem hohen Datenumfang auf CD-Rom per Post zugestellt werden.

Die Wissensbausteine werden hierzu einer monetären Bewertung unterzogen, die sich am Wert der Zeitersparnis und dem Aufwand des Rechteinhabers des Wissensbausteins bei der erstmaligen Erstellung des jeweiligen Bausteins orientiert [Bauer, 2003].

Eine Nutzung der vollständigen Inhalte der Wissensbausteine erfolgt nach Beendigung des Bestellvorganges und Erhalt der Daten per Email oder CD-Rom. Folglich ist bei der Darstellung der Wissensbausteine im Shop-Bereich darauf zu achten, dass die Inhalte des jeweiligen Bausteines genauestens beschrieben und möglichst bildlich dargestellt werden. Dabei sind Anwendungsbeispiele und Einsatzmöglichkeiten zu benennen. Bei Planungen ist zudem eine Planvorschau eingebunden, bei dem die Pläne bis zu einem gewissen Detaillierungsgrad betrachtet, jedoch nicht weiterbearbeitet werden können. Hiermit wird es dem potenziellen Erwerber ermöglicht vor dem Erwerb zu prüfen, inwieweit der Wissensbaustein auf den spezifischen Fall angepasst werden kann. Ergänzend ist jeder Wissensbaustein mit dem Urheber verbunden, dessen Kontaktdaten mit angegeben werden, so dass spezifische Problemstellungen diskutiert und ergänzende Erläuterungen zur Anwendbarkeit des Wissensbausteines sowie dessen Grenzen geklärt werden können.

6 Ausblick - Nutzen

Die Ausarbeitungen und vielseitigen Gespräche verdeutlichen trotz der mit dieser Thematik verbundenen Vorbehalte und Hemmnisse ein enormes Potenzial.

Aktuell erfolgt die weitere Ausarbeitung der Wissensbausteine und Vorbereitung der Darstellung im Shop-Bereich der Wissensplattform ForumZ. Im Projektverlauf sind zudem vermehrt Anfragen und Anregungen aufgekommen, einen breiteren Zugang zu den Informationen und Wissensbausteinen zu ermöglichen. Es ist daher vorgesehen die Wissensbausteine soweit möglich in Englisch vorzuhalten, einen internationalen Zugang einzurichten und somit einem zusätzlichen Interessentenkreis die Vorteile einer raschen und kostengünstigen Planung auf Basis bereits bestehender Erfahrungen zu ermöglichen.

7 Literaturverzeichnis

[Bauer, 2003]: Bauer, W.P.: Neue Offenheit; Müllmagazin 3/2003.

[Bauer, Jörgens 2002]: Bauer, W.P.; Jörgens Bauer, W. P.; Jörgens, L.: Die Chance für deutsche Berater und Ingenieure per Internet - Fachinformations- und Contenthandel. Beitrag zur 6. Fachtagung Informations- und Kommunikationsmanagement in Umwelt- und Abfallwirtschaft, 23.-24.01.2002, Potsdam, Arbeitskreis für Datenmanagement in der Umwelt- und Abfallwirtschaft (AKDMAW), 2002.

[Davenport et al., 1997 aus Garcia Barrios, 2002]: Davenport T. H., Long D. W. D., Beers M.C.; Building Successful Knowledge Management Projects; Working Paper, Ernst & Young Center for Business Innovation, Januar 1997.

[ForumZ, 2004]: Im deutschsprachigen Raum verfolgt bereits heute das ForumZ die Zielrichtung des verstärkten Wissensaustausches. www.forumz.de dient aktuell knapp 80 Kommunen als Wissens- und Informationsplattform mit der Möglichkeit abfallwirtschaftliche Wissensbausteine untereinander auszutauschen. 'ForumZ' ist ein Produkt der B.A.U.M. Knowledge Networking GmbH, München. Siehe auch: Bauer, W. P.: Prozessorientiertes Benchmarking. Das Internetportal ForumZ ermöglicht Kommunen den Einstieg in das Wissensmanagement. In: Müllmagazin, 3/2001, 16 ff.

[Garcia Barrios, 2002]: Garcia Barrios, Viktor Manuel: Informationsaufbereitung und Wissensorganisation in transnationalen Konzernen; Institut für Informationsverarbeitung und Computergestützte neue Medien (IICM) Technische Universität Graz, Österreich August 2002; Begutachter: o.Univ-Prof. Dr. Dr.h.c.mult. Hermann Maurer, Betreuer: Dipl.-Ing. Christian Gütl

[Jörgens, Bauer 2002]: Jörgens, L.; Bauer, W. P.: Zukünftige Förderinstrumente und Möglichkeiten der Wissensbeschaffung für kleine und mittlere Unternehmen im Internet. Beitrag zum internationalen Workshop „Innovative Biotechnologien der Abfallwirtschaft – Rahmenbedingungen der EU und der EU-Beitrittskandidaten“ des Knoten Weimar und des ungarischen Kompostgütesicherungsverbandes, 11.-12.04.2002, Gödöllő, Ungarn, 2002.

Anschriften der Verfasser

Dr. Lars Jörgens ist Mitarbeiter der ia GmbH - Ingenieurbüro für Innovative Abfallwirtschaft.

Dipl.-Ing. Werner P. Bauer ist geschäftsführender Gesellschafter der B.A.U.M. Knowledge Networking GmbH und Geschäftsführer ia GmbH - Ingenieurbüro für Innovative Abfallwirtschaft.

Dipl.-Ing. Stefan Richter ist Mitarbeiter der B.A.U.M. Knowledge Networking GmbH

Adresse:

B.A.U.M. Knowledge Networking GmbH / ia GmbH - Ingenieurbüro für Innovative Abfallwirtschaft
Gotzinger Strasse 48/50, D-81371 München,
Tel: 089 / 189 35 – 0, Fax 189 35 – 199,
eMail: info@baumgroup.de, Internet: www.baumgroup.de.

Abfallwirtschaft in Entwicklungsländern

Abdallah Nassour

Universität Rostock, Lehrstuhl Abfallwirtschaft

1 Zusammenfassung

Das Thema Abfallwirtschaft beschäftigt z. Z. auch viele Entwicklungsländer und werden dringend angepasste kostengünstige Lösungen und Technologien gesucht. Es fehlen die Gesetze, das Know-how und die Finanzen, welche tatsächlich zum Aufbau eines nachhaltigen Abfallwirtschaftssystems notwendig sind. Die unsortierten Siedlungsabfälle und größten Teil der Sonderabfälle landen auf den unkontrollierten brennenden Deponien.

Das ist gut, dass dieses Thema auch in den Köpfen der Verantwortlichen ist. Viele Länder gründeten Umweltministerin oder Umweltämter und beschäftigen sich mit Aufbau von Organisationsstrukturen und Lösungskonzepte. Es wird bis jetzt in vielen Länder geglaubt, dass Abfallvorhaben über Verkauf der verwertbaren Fraktionen wirtschaftlich sind. Dafür muss noch viele Überzeugungsarbeiten geleistet werden, um diese falsche Theorie nachzuweisen.

Es gibt einen positiven Trend, die Zusammenarbeit mit der Privatwirtschaft insbesondere bei der Sammlung und Transport zu verstärken. Einige Städte haben dies mit Erfolg umgesetzt und dadurch bis 30 % Kosten gespart. Es wird erwartet, dass in Zukunft noch mehr wird, da die lokale Wirtschaft dieses Geschäftsfeld entdeckt hat und entsprechend der verfügbaren finanziellen Möglichkeiten bereit zu investieren. Die Beteiligung internationaler Firmen wird gesamte Sache noch mehr beschleunigen und bessere Qualitäten bringen.

Bei der Abfallverarbeitung ist es noch sehr viel Nachholbedarf, da die Gesetze und die Finanzen dazu fehlen. Bekannte Verfahren und Prozesse sind Handsortierung der Wertstoffe aus den Sammelbehälter oder Abkippstationen, Abkippen und zünden. Einige Länder haben durch Gelder der Hilfsorganisationen Sortier- und Kompostierungsanlagen und Deponien gebaut. Über Abfallgebühren kann man fast überall nicht reden auch nicht bei den Politikern „z. B. Ein Haushalt in Syrien bezahlt 3 €/a für die Abfallentsorgung“. Aber die Stadt Damaskus mit ca. 3 Mio. Einwohner bezahlt für die Abfallentsorgung im Jahr ca. 11 Mio. €. Teil der Städte in Ägypten sammeln z. Z. Teil der Abfallgebühren über Stromrechnung.

Fakt ist, es werden demnächst in den Entwicklungsländern viele einfache Deponien, Sortieranlagen, einfache Kompostierungsanlagen, Sonderabfallbehandlungsanlagen

gebaut. Die theoretische und praktische Bildung ist auch sehr aktuelles Thema und kann Deutschland einen Beitrag leisten.

2 Auswertung zum Stand der Abfallwirtschaft in den Entwicklungsländern

2-1 Literatúrauswertung

Anhand von verschiedenen Diplom- und Promotionsarbeiten wurde Ist-Stand der Abfallwirtschaft in ausgewählten Städten untersucht. Weiterhin erfolgte eine ausführliche Literatúrauswertung, um einen gesamten Überblick zu schaffen. Die wichtigsten Ergebnisse sind in den folgenden Gesichtspunkten dargestellt:

- Die vorherrschende Methode für Abfallbeseitigung in Afrika ist unkontrolliertes offenes Abladen. Südafrika war 1994 die einzige afrikanische Nation mit Bestimmungen, die Ablagerung von festem Abfall regulierten (Johannessen und Boyer 1999). Südafrikas Minimalerfordernisse setzen korrektes Sickerwassermanagement und die Wichtigkeit der Standortauswahl als Schwerpunkte. Nur Deponien in nassen klimatischen Regionen sind mit Basisabdichtung ausgerüstet und praktizieren Sickerwassersammlung und -behandlung.
- Die meisten Deponien in Afrika gehören der kommunalen Regierung und werden von privaten Auftragnehmern gebaut und betrieben. Nur die Deponien in Südafrika verlangten Kippgebühren (Johannessen and Boyer 1999).
- Fast alle Deponiestandorte in Asien besitzen undurchlässige Basisabdichtungen. Es erfolgt Sickerwassersammlung und -behandlung in irgendeiner Form (z.B. Durchlüftung, Verdunstung, Kreislaufführung) (Johannessen and Boyer 1999). Die Deponiebetreiber besitzen keine entsprechende Ausbildung oder ausreichende Gelder, um die Ausrüstung zu betreiben. Die Deponien in Asien gehören der lokalen oder regionalen Regierung, wobei zunehmend private Gesellschaften die Deponien betreiben unter kurzfristigen Verträgen (1-5 Jahre). Die Wirkungen der Abfallbeseitigung auf die Umwelt werden selten von den kommunalen Verwaltungen überwacht (Johannessen und Boyer 1999). Niedrige Preise und Schwierigkeiten mit vertraglichen Vereinbarungen mit Stromgesellschaften verhindern die Ausnutzung des Deponiegases für Elektrizitätserzeugung (Johannessen und Boyer 1999).

- In Lateinamerika wurde die Wichtigkeit korrekter Abfallbeseitigung erkannt, aber viele Länder in der Region haben unzureichende Gesetze, Bestimmungen und Richtlinien. Sickerwasserbehandlungsmethoden reichen von fortschrittlicher physiko-chemischer und biologischer Behandlung in Argentinien und Brasilien bis zu Teichbehandlung und verbesserten Verdunstungsmethoden in Chile. Sickerwasserkreislaufführung ist ebenfalls eine verbreitete Praxis überall in der Region. Die meisten Bestimmungen in Lateinamerika erfordern passive Entlüftung der Deponiegase mittels Schächten, die sich im Abfallkörper befinden. Chile hat die erfolgreichsten Beispiele für Verwendung des Deponiegases. Kommunale Verwaltungen überwachen sowohl öffentlich als auch privat betriebene Deponien. Zunehmend wird der private Sektor in Lateinamerika mit Abfallbeseitigungsverantwortungen verbunden. Private Firmen betreiben Deponien üblicherweise unter Konzession von 10-30 Jahren (Johannessen and Boyer 1999).
- In Indien wird der Siedlungsabfall in Städten von den Gemeindeverwaltungen gesammelt und zu bestimmten Entsorgungsstandorten in tiefgelegenen Bereichen an den Stadträndern transportiert. Die jährliche feste Abfallerzeugung in indischen Städten ist von 6 Millionen Tonnen im Jahr 1947 bis auf 48 Millionen Tonnen im Jahr 1997 gestiegen. Bis 2047 wird eine Zunahme auf 300 Millionen Tonnen pro Jahr erwartet (CPCB 2000). Die Sammlung, der Transport und die Entsorgung von Siedlungsabfällen in Indien sind chaotisch. Unkontrolliertes Abladen von Abfall an Stadträndern hat überlaufende Dumps geschaffen, welche ernste Umweltauswirkungen in bezug auf Bodenwasserverschmutzung haben und zum Treibhauseffekt beitragen. Unkontrolliert brennende Müllhaufen führen auch zu schwerer Luftverschmutzung in den Städten. Gegenwärtig existieren keine hygienischen Deponien, der meiste Abfall, ob kommunal oder aus Krankenhäusern, wird in offenen Bereichen abgelagert ohne jegliche Vorsorge für Basisabdichtung, Sickerwassersammelungs- und Behandlungssysteme oder Gassammlungssysteme (Gupta et al. 1998).
- Über 50 % des kommunalen festen Abfalls einer durchschnittlichen Entwicklungsländerstadt könnten ohne weiteres kompostiert werden. Trotz der relativen Einfachheit von Kompostierung, ihrer Eignung für Entwicklungsländer und ihres zwingenden ökonomischen und Umweltnutzens ist die Kompostierung in Entwicklungsländern nicht weit verbreitet (Hoorweg et al. 1999). Die meisten der in Afrika, Asien und dem Nahen Osten in den 1970er und 1980er installierten gro-

ßen mechanischen Kompostieranlagen blieben jedoch nicht mehr als einige Jahre erhalten (Furedy 2002). Viele Projekte, die in den letzten Jahrzehnten initiiert wurden, schlugen aufgrund von unpassender Technologie, Qualitätsmängeln der Zufuhrmaterialien, Mangel an Personalschulung und Ausbildung, Instandhaltungsmängeln, hohen Betriebskosten, offensiver Geruchsbildung, unzulänglicher Krankheitserreger- und Unkrautunterdrückung, schlechtem Marketing für das Endprodukt und Mangel an Kooperation von öffentlichen und kommunalen Regierungen fehl (UNEP Anonym 2000a). Eine Beurteilung von kleinmaßstäblichen Kompostierungsprojekten in Entwicklungsländern zeigte, dass Kompostierung eine wichtige Reduzierung von Siedlungsabfällen erreichen und zur Nachbarschaftsumgebung beitragen kann (Hoornweg et al. 1999).

- Der hohe organische Gehalt im Siedlungsabfall von Entwicklungsländern ist für die Kompostierung ideal. Jedoch enthält der kommunale Abfallstrom auch Glas, Plastik, Metalle und gefährliche Materialien, die den fertigen Kompost kontaminieren können. Verunreinigende Stoffe vom Rohstoff am Kompostierungsstandort zu trennen, ist ineffizient, da zusätzlicher Arbeitsaufwand, Platz und Zeit erforderlich sind. Zudem ist es wahrscheinlich, dass viel von der Verschmutzung den organischen Anteil schon beeinflusst hat.
- Schätzkosten für Sammlung (US\$3.6/Tonne), Umschlag (US\$3.6-4.2/Tonne), Entsorgung (US\$2.4-3.6/Tonne) und Gesamtkosten (**US\$9.6-11.4/Tonne**) (Johannessen und Boyer 1999)
- In vielen Entwicklungsländern ist gegenwärtig die Kostendeckung sehr schwach (oft <10%). Die Kippgebühren decken nur einen Teil der Kosten, die durch die Abfallbeseitigung verursacht werden. Die vollen Kosten sind normalerweise den Ortsbehörden unbekannt (Johannessen und Boyer 1999). Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Kippgebühren in Entwicklungsländern:

Tab. 1 Kippgebühren in Entwicklungsländern Daten 1994 (Johannessen & Boyer 1999)

Land	Kippgebühren \$/Tonne	Land	Kippgebühren \$/Tonne
Argentinien	5-18	Mexiko	4-17
Chile	5-17	Südafrika	12
Brasilien	5-18	Peru	5
Kolumbien	11	Indonesien	9

2-2 Abfallwirtschaft der Stadt Damaskus in Syrien

Sie hat eine geschätzte Bevölkerungszahl von 2,5 Millionen, weitere 1.5 bis 2.5 Millionen Menschen leben im Großraum Damaskus. Die Regierung ist der hauptsächliche Arbeitgeber in Syrien, ungefähr eine Millionen Personen in Syrien und 200.000 Personen in Damaskus werden von der Regierung beschäftigt. Über 97% dieser Angestellten werden mit weniger als 154 € pro Monat entlohnt. Kommunale Steuern hängen ab von der ökonomischen Situation des Stadtviertels (Bobzin 2002).

Zur Zeit ist das Governorate Damaskus das einzige Governorate in Syrien welches ein separates Direktorat für Stadtreinigung unterhält, ca. 3.500 Menschen werden von diesem Direktorat beschäftigt. Ca. 2.500 dieser Personen sind als Straßenreiniger beschäftigt. Das Direktorat ist verantwortlich für das gesamte Abfallmanagement vom Anfallpunkt bis zur Deponierung der Abfälle (Straßenreinigung, Abfallsammlung, Transport des Abfalls und anschließende Entsorgung). Das Direktorat für Fahrzeuge ist verantwortlich für alle Fahrzeuge des Governorates, einschließlich der Müllsammelfahrzeuge und der Straßenreinigungsfahrzeuge.

- Abfallmengen und -zusammensetzung

Es wird geschätzt, dass die 2,5 Millionen Bewohner des Governorates Damaskus Stadt ca. 1000 bis 1200 t an Hausmüll und hausmüllähnlichem Gewerbeabfall pro Tag erzeugen. Dies entspricht einer Menge von 0,4 bis 0,5 kg pro Einwohner und Tag. Der Siedlungsabfall enthält normalerweise Geschäftsabfälle plus einige landwirtschaftliche und kleinindustrielle Abfälle aus. Die gesamte Abfallmenge der Stadt Damaskus wird mit ca. 400.000 Mg im Jahr eingeschätzt, deren Zusammensetzung ist im folgenden Diagramm veranschaulicht.

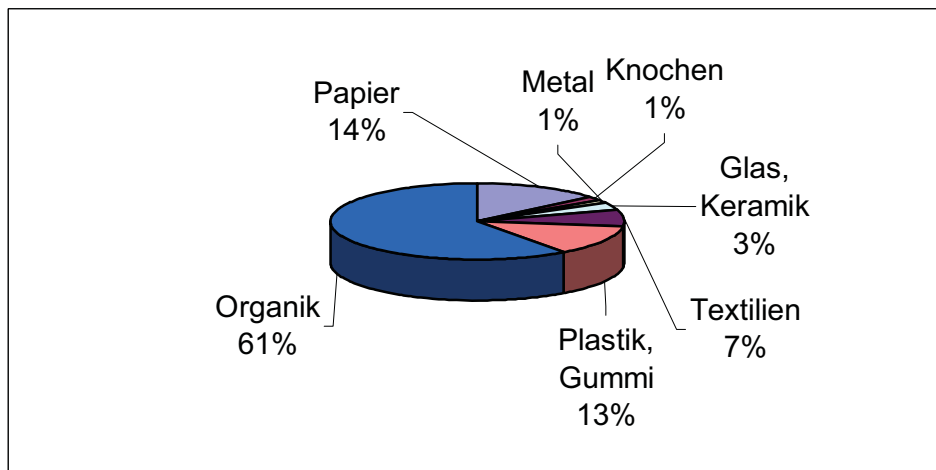


Abb. 1 Zusammensetzung der Abfälle der Stadt Damaskus

Die Kommunen in Syrien geben nur sehr wenig für Abfallmanagement aus, normalerweise nur die Sammelkosten. Das Governorate von Damaskus Stadt gibt verhältnismäßig viel aus, ein entsprechenden Service inklusive einer Hausmülldeponie wird angeboten, aber selbst diese Kosten sind mit ungefähr 4 EUR pro Person und Jahr im internationalen Vergleich sehr gering.

- Abfallsammlung und -transport

Wegen der großen Distanz der Deponie und Abfallbehandlungsanlage zur Stadt betreibt die Stadtreinigung eine Transferstation seit mehr als zehn Jahren. Die Gemeinden des Governorate Damaskus Rif haben für die Deponierung von Abfällen auf der städtischen Deponie 0,8 € pro m³ zu bezahlen. Auf der Transferstation wird der Abfall auf 25m³ Trucks umgeladen. Diese Trucks gehören einem privaten Unternehmer, der für den Transport jährlich 700.000€ (1,74€/t) jährlich erhält.

- Abfallbehandlungsanlage und Deponie

Die Abfallbehandlungsanlage und die angeschlossene Deponie sind ca. 35 km im Südosten der Stadt angesiedelt. Diese Anlagen befinden sich im Governorate Damaskus Rif. Die Deponie wird seit 20 Jahren betrieben. Sie hat eine geschätzte Fläche von 55 ha. Der abgelagerte Abfall wird täglich mit Bodenmaterial abgedeckt. Abfälle aus Großindustrie und Schlachthäusern wird normalerweise direkt zur Deponie durch privatbetriebene Fahrzeuge transportiert. Es werden keine Problemabfälle vor der Deponierung von den Abfällen getrennt. Neben der Hausmülldeponie betreibt das Direktorate eine Boden- und Bauschuttdeponie seit ca. 20 Jahren. Diese Deponie befindet sich im Nor-

den von Damaskus auf den Qassyun Bergen. Die Benutzung dieser Deponie ist kostenfrei.

Plastik und Metalle werden auf der Deponie von privaten Sammlern von den abgelagerten Abfällen getrennt. Etwa die Hälfte des häuslichen Abfalls wird auf der Deponie ohne jegliche Behandlung deponiert, die andere Hälfte wird in der Abfallbehandlungsanlage behandelt.

Die Abfallbehandlungsanlage hat eine Kapazität von ca. 700 t/d, zur Zeit werden allerdings nur ca. 500 t/d behandelt. Wegen des Transportes der Abfälle über die Transferstation zur Abfallbehandlungsanlage ist eine Differenzierung des Eingangsmaterials für die Abfallbehandlungsanlage nicht möglich. Daher werden die ersten 500 t die bei diesen Anlagen ankommen in der Abfallbehandlungsanlage behandelt. Die Abfallbehandlungsanlage wurde im Jahr 1991 von der Schweizer Firma Bühler errichtet. Die Abfallbehandlungsanlage wird an sechs Tagen in die Woche im Einschichtbetrieb betrieben.

Ca. 1,5 % des Eingangsmaterials bestehen aus Eisenmetallen. Dieses Material wird im Stahlwerk in Hama eingesetzt. Im Tausch hierzu erhält die Abfallbehandlungsanlage Bewehrungsstahl. Dieser Stahl wird für die Herstellung der Belüftungsböden eingesetzt.

Die Fraktion größer 60 mm wird gepresst und auf der Deponie entsorgt.

Die Fraktion kleiner 60 mm wird für 36 Tage kompostiert. Dieses Material wird mit zwei Austragsbändern auf vier Mieten verteilt. Die Länge dieser Mieten beträgt ca. 200m. Jeden sechsten Tag werden diese Mieten mittels Mietenwender gewendet. Nach 6 Wendungen (entsprechend 36 Tagen) wird das kompostierte Material auf drei Förderbänder verbracht und durch diese zur Endbehandlung transportiert. Während des Kompostierungsprozesses ist es möglich das Material zu belüften und zu bewässern. Die Belüftung des Materials über die Belüftungsböden erfolgt nur innerhalb der Winterzeit zur Trocknung des Materials. Die Bewässerung des Materials erfolgt sobald der Feuchtegehalt des Materials unter 36% fällt. In der abschließenden Behandlung wird der Kompost gesiebt. Die Fraktion kleiner 20mm wird für 4 € pro m³ für landwirtschaftliche Zwecke verkauft. Die Fraktion größer 20 mm wird auf der Deponie entsorgt. Im Anschluss an die Kompostierung erfolgt eine einmonatige Nachbehandlung des Komposts. Ca. 40% des Eingangsmaterials wird so zu Kompost. Die anderen 60% sind Rotteverlust, Feuchtigkeitsverlust Eisenmetalle und deponierter Restmüll. Die Abfallbehandlungsanlage produziert ca. 82.000 t Kompost pro Jahr und 40.000 t an Eisenschrott pro Jahr.

Die Deponie ist im Vergleich zum Stand der Deponien in den Entwicklungsländern sehr gut, da ausreichende Deponietechnik vorhanden sind und die Deponieleitung sehr engagiert ist und verfügt über gutes Fachwissen. Die Abfälle werden jeden Tag mit Sand abgedeckt und komprimiert. Die Stadt plant die Deponiegasnutzung mit Sickerwasserkreislauf und Errichtung einer Sortieranlage, um organische Fraktionen zur Herstellung vom Kompost sowie recycelbare zu sortieren und vermarkten.

- Recycling von sortierten Abfälle in Damaskus

Gesammelte Materialien sind Papier und Pappe, Plastik, Glas, Brot und Metalle. Verschiedene Arten der Sammlung können in Damaskus beobachtet werden. Vom Department für Stadtreinigung wurde das Recht auf Sammlung von recycelbaren Materialien auf der Hausmülldeponie an eine private Unternehmung verkauft. Die Firma bezahlt ca. 1.400€ pro Monat. Die Firma beschäftigt 25 Personen, die mit der Sammlung von verschiedenen Sorten zum Recycling, beschäftigt sind. Neben Arbeitssicherheitsproblemen gibt es Probleme mit der Effizienz und der Systematik der Sammlung. Neben der offiziell akzeptierten Sammlung von recycelbaren Materialien, können weitere Methoden beobachtet werden.

- Sammlung von altem Brot zur Fütterung von Tieren
- Sammlung von Aluminiumdosen in der Cafeteria der Universität
- Sammlung durch Straßenreiniger und das Personal der Müllsammelfahrzeuge
- Sammlung durch kleine Fahrzeuge und Kinder mit Sackkarren (Papier und Pappen)
- Sammlung durch Fahrradfahrer die von Müllcontainer zu Müllcontainer fahren um recycelbare Materialien zu sammeln
- Sammlung von Metallen und Abgabe an spezielle Metallverwerter
- Sammlung von Altreifen für die Herstellung von Körben für Früchte, Nüsse und Obst

Exakte Daten über die Mengen der privat gesammelten Materialien sind nicht erhältlich, aber es ist zu erwarten, dass diese Sammlungen einen gewissen Einfluss auf die Zusammensetzung des Hausmülls haben. Während eisenhaltige Metalle zur einzigen syrischen Stahlfabrik nach Hama verkauft werden, werden Nichteisenmetalle an private Hochöfen verkauft, die sich über ganz Syrien verteilen. Plastik wird sortiert, gereinigt und granuliert. Das granuliert Plastik wird verwendet für die Produktion von Bewässerungsrohren, Schuhen, Schuhsolen und anderen minderwertigen Produkten. Glas wird

in den privat betriebenen Glasmanufakturen verwendet. Diese Manufakturen bezahlen bis zu 20 €/to für das Rohmaterial. Etwa 10 solcher Glasschmelzen werden im Großraum Damaskus betrieben. Die größte hat eine Kapazität von ca. 2,5t/d. Während gebrauchtes Glas in den Staatsbetrieben nicht zum Einsatz kommt, wird in den privat betriebenen Glasschmelzen ausschließlich gebrauchtes Glas eingesetzt. Papier und Pappe wird in Papierfabriken zur Herstellung von Pappen und zur Produktion von Eierkartons eingesetzt. In der Vergangenheit musste gebrauchtes Papier aus dem Ausland (insbesondere Italien und Libanon) importiert werden um den Bedarf der syrischen Papierhersteller zu decken. Um diese teuren Importe zu vermeiden hat die Papierfabrik in Aleppo, Sammelzentren überall in Syrien eingerichtet. Die Fabrik bezahlt bis zu 80 € pro Tonne für gebrauchtes Papier, in Abhängigkeit von der Distanz zur Papierfabrik. Die Papierfabrik wurde im Jahre 1989 mit einer Kapazität von 20 Tonnen pro Tag errichtet. Die Kapazität wurde seitdem auf 100 Tonnen pro Tag erweitert. Ca. 40 Papierfabriken befinden sich zur Zeit in Syrien, mit einer Gesamtleistung von ca. 150 t Pappe pro Tag.

- Abfallgebühren und Kosten

Als Beispiel zur Verdeutlichung eines Vergleiches der Abfallgebühren zwischen der Stadt Damaskus in Syrien, die tatsächlich viel Geld zur Stadtreinigung und Abfallentsorgung investiert, ist die nachfolgende Gegenüberstellung erarbeitet.

Tab.2: Vergleich Abfallgebühren Freistaat Sachsen und Stadt Damaskus in Syrien

	Freistaat Sachsen	Damaskus
Einkommen einer 4 Personenfamilie im Jahr (brutto) in €	24000	1600
Gebühren für Abfall je Haushalt und Jahr	200	3
Abfallgebühren/Einkommen	0,0083	0,00187
Anzahl der Haushalte (2,5 Mio. / 4 Personen)	625.000 Haushalte	

Die Bürger in Freistaat Sachsen bezahlen für die Abfallgebühren ca. 4,4 fach mehr als Bürger in Damaskus im Vergleich zum Jahresaufkommen. Wenn die Bürger in Damaskus die gleichen Prozente wie in Deutschland bezahlen würden, würde die Kosten für

Stadtreinigung und Abfallsammlung und –transport nicht gedeckt. Abbildung zeigt die Finanzierungssituation der Abfallwirtschaft in der Stadt Damaskus.

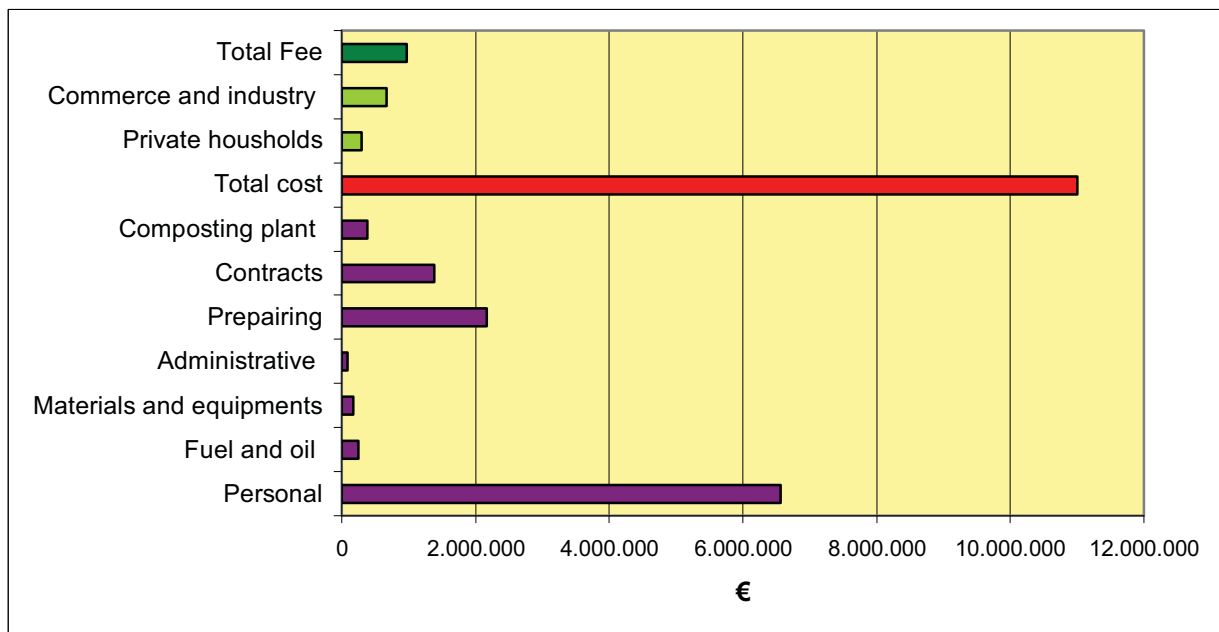


Abb. 2 Kostenstruktur der Abfallwirtschaft in der Stadt Damaskus (Beu 2004)

3 Reform der Abfallwirtschaft in den Entwicklungsländern

Ein nachhaltiges Abfallwirtschaftssystem dient der Verbesserung der Umweltsituation, dem Schutz der Naturressourcen und der Minderung der Gesundheitsgefährdung. Die wissenschaftlichen Grundlagen aus den durchgeführten Forschungsarbeiten, unter unterschiedlichen klimatischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingen, und die gewonnenen praktische Erfahrungen durch Pilotprojekte oder realisierte Abfallwirtschaftssysteme, können die Grundsätze für Reformen der Abfallwirtschaft in den Entwicklungsländern sein. Die Abbildung 3 stellt die Hauptelemente zur Erreichung und Aufbau eines umweltgerechten und langfristigen und Abfallwirtschaftssystems. Die wesentlichen Bausteine und Grundlagen sind:

- Abfallvermeidung ist das oberste Ziel eines umweltgerechten Abfallwirtschaftskonzeptes. Die zu transportierende und zu deponierende Restabfallmengen sollen gering wie möglich sein. Durch eine getrennte Sammlung verwertbarer Stoffe können die Abfallmengen reduzieren und die Erfassungsquote von Wertstoffen erhöht werden.

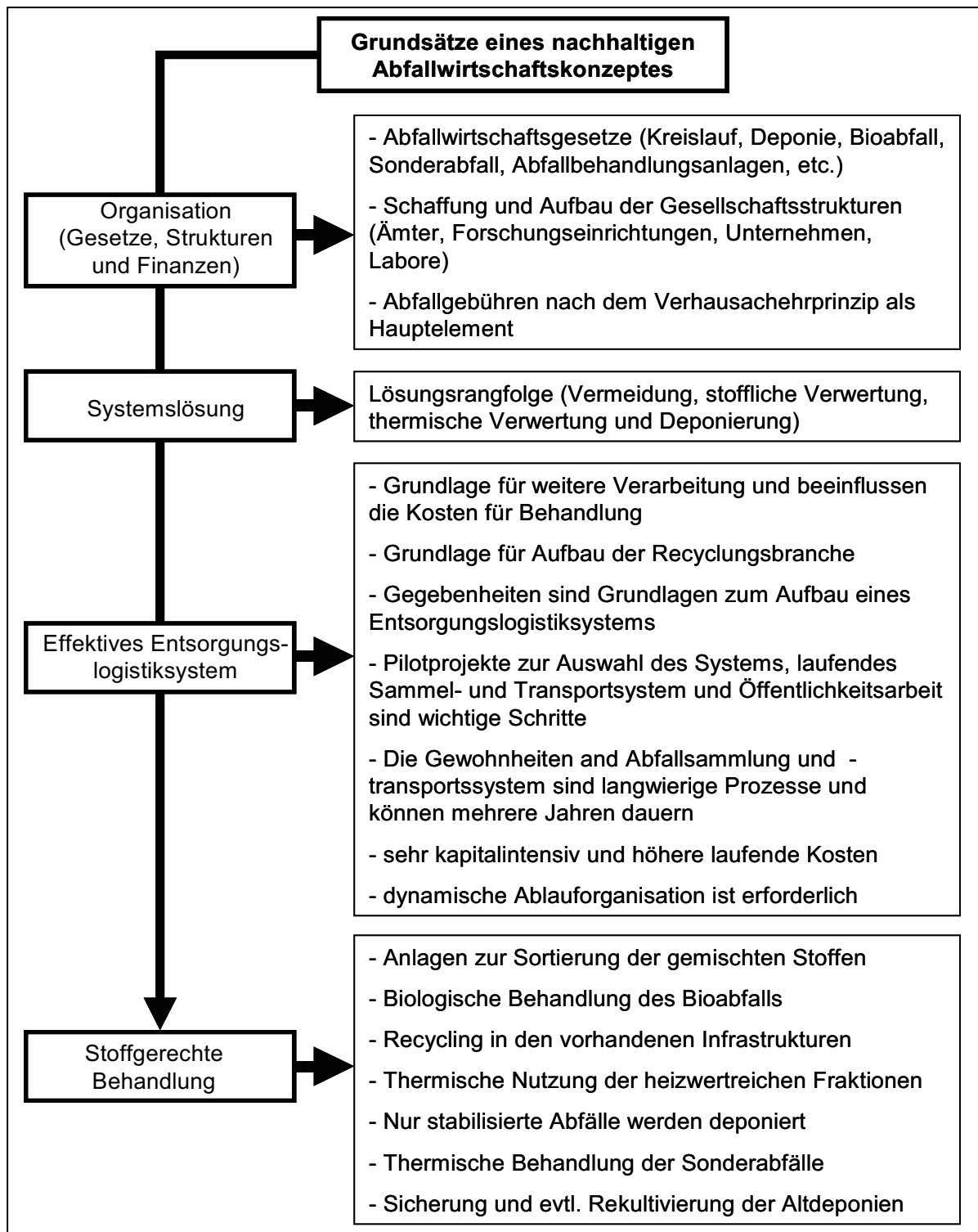


Abb.3 Grundsätze eines nachhaltigen Abfallwirtschaftssystems (Nassour 2004)

Die EU-Deponieverordnung schreibt vor, dass alle Abfälle vor der Deponierung zu behandeln sind. Weiterhin ist der Anteil der im Abfall enthaltenen Organik schrittweise zu reduzieren. Damit sollen die zu deponierenden Abfallmengen, die Gasbildung und die Sickerwasserkonzentrationen reduziert werden. Bei einer weitgehenden Abtrennung der Organik bzw. einer Stabilisierung des Abfalls kann der Aufwand für Deponieentgasung und Sickerwasserbehandlung deutlich reduziert werden. Einfache Systeme wie Methanoxidationsschichten oder Pflanzenkläranlagen können dann eingesetzt werden. Für die Reduzierung des biologisch abbaubaren Anteils im zu deponierenden Restabfall wird die Trennung und Behandlung in Mechanisch-Biologische Restabfallbehandlung vorgeschlagen.

- Eine Nutzung des im Restabfalls enthaltenen energetischen Potentials wird angestrebt. Die zu deponierenden Restabfallmengen können weiter reduziert werden, wenn heizwertreiche Fraktionen abgetrennt und in örtlichen Industrieanlagen (z.B. in Zementwerken, Kraftwerken oder spezielle Verbrennungsanlagen) energetisch genutzt werden.
- Nach den Erfahrungen in Deutschland können bis ca. 60 – 80 % der Kosten eines Abfallwirtschaftskonzeptes in der Entsorgungslogistik anfallen. Deshalb ist die Entwicklung eines bezahlbaren und effektiven Entsorgungslogistiksystems von großer Bedeutung. Es soll je nach Stadtgebiet, Landgebiet, Entfernung und Straßengegebenheiten die optimale realisierbare Variante durchgeführt werden.
- Das Thema Deponierückbau gewinnt in Westeuropa aufgrund der unkontrollierbaren Umweltprobleme und der langfristigen Betriebs- und Nachsorgekosten zunehmend an Bedeutung. Trotz der Maßnahmen Abfallvermeidung, Verwertung und Behandlung bleibt die Deponie aber ein wichtiger Bestandteil der Abfallwirtschaft. Eine zukunftsfähige Deponietechnik unterscheidet sich jedoch von der heutigen Praxis. Das biologisch abbaubare Potential und der Anteil verwertbarer Fraktionen soll gesenkt werden.
- Das Konzept soll die Entsorgungswirtschaft sichern und die dringenden Probleme lösen. Lösungen, welche speziell bestimmte Zeiten und Erfahrungen benötigen, können durch Modellprojekte getestet und langsam eingeführt werden.

Vorschläge für Lösungsansätze sind:

- Gesetze, Organisation, Verantwortung
- Einführung der Abfallgebühren und Regelung der Finanzen
- Stoffstromorientierte und finanzgerechte Entsorgungslogistik
 - Einführung der getrennten Sammlung nach dem Prinzip „Nass oder Trocken“,
 - Nicht Umladestation sondern Sortieranlagen zur Steuerung der verwertbaren und nicht verwertbaren Stoffgruppen,
 - Optimierung, Anpassung und Auswahl eines geeigneten Entsorgungssystems durch Pilot- und Testvorhaben für relevante Teilstädte,
 - Integration der Privatwirtschaft aus finanziellen und organisatorischen Aspekten,
 - Angepasste Systeme für den ländlichen Raum,
 - Unterstützung des Rückgabesystems für ausgewählte Wertstoffe (Glas, PET-Flaschen, Metalle, Papier, etc.),
- Errichtung der stofflichen und thermischen Verwertungsanlagen
- Errichtung einer geordneten Deponie
- Ausbildung und Öffentlichkeitsarbeit
- Errichtung der Sonderabfallbehandlungsanlagen

3 Literatur

- | | | |
|------------------------------|-------------|--|
| Hoornweg, D., et. Al | 1999 | Composting and its Applicability in Developing Countries". Urban and local Government Working Paper Series #5, World bank, Washington, DC |
| Gupta s et. Al. | 1998 | Solid Waste management in India: Options and Opportunities Resources, Conservation and Recycling 24(2): pp. 137-154 |
| Johannessen and Boyer | 1999 | Observations of solid Waste Landfills in Developing Countries: Africa, Asia and Latin America". Urban and Local Government Working Paper Series #3, world Bank, Washington, DC |

- | | | |
|-------------------------|-------------|--|
| CPCB | 2000 | Management of Municipal Solid Waste. Delhi: Central Pollution Control Board |
| Furedy, C. | 2002 | Urban Waste and Rural Farmers: Enabling Low-Cost Organic Waste Reuse In Developing Countries. Published by City Farmer, Canada's Office of urban Agriculture |
| UNEP Anonym | 2000 | Newsletter and Technical Publications "Municipal Solid Waste Management" Solid Waste Management Sourcebook/1.4.4 Example of sound practice. Available from the UNEP Homepage:
http://www.unep.or.jp/ietc/EST |
| Lars Bobzin | 2002 | Lösungsansätze für die Abfallwirtschaft in Damaskus, Universität Rostock, Lehrstuhl Abfallwirtschaft, Diplomarbeit |
| Johannes Beu | 2004 | Kennzahlen der Abfallwirtschaft in Damaskus, Universität Rostock, Lehrstuhl Abfallwirtschaft, Projektarbeit |
| Abdallah Nassour | 2004 | Abfallwirtschaft in Entwicklungsländer, Universität Rostock, Lehrstuhl Abfallwirtschaft, Habilitationsmanuskript |

Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Abdallah Nassour
 Universität Rostock, Lehrstuhl Abfallwirtschaft
 Justus von Liebig Weg
 18051 Rostock
 Telefon (0381 498 2156)
 Email: abdallah.nassour@auf.uni-rostock.de
 Website: www.uni-rostock.de

Beprobung von heizwertreichen Fraktionen für die Qualitätssicherung bei der thermischen Verwertung

Erfahrungen aus der Anwendung der Normenentwürfe CEN TC 292 bzw. TC 343

Prochaska Michael*, Schelch Michael, Claudia Hofer**

*Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik (IAE),
Montanuniversität Leoben, Österreich

**pro aqua Diamantelektroden Produktion GmbH, Niklasdorf, Österreich

1 Rahmenbedingungen

In Österreich ist mit 1.1.2004 die Deponieverordnung von 1996 (geändert 2004) mit dem Verbot der Deponierung von Siedlungsabfällen mit einem oberen Heizwert >6.000 kJ/kg TS in Kraft getreten. Trotz des Aufbaues zusätzlicher Anlagen zur thermischen Verwertung von Siedlungsabfällen, heizwertreichen Fraktionen aus der mechanischen und der mechanisch-biologischen Abfallaufbreitung sowie Reststoffen wird nach wie vor ein hoher Anteil in der Mitverbrennung (Zement u. Holzindustrie) eingesetzt.

Durch das breite Spektrum an Produktionsabfällen und heizwertreichen Fraktionen aus der MA/MBA kommt der Qualitätssicherung als Mittel auf dem Weg zur passenden Verwertungsschiene entscheidende Bedeutung zu, da die Schadstoffentfrachtung bisher nur durch Metallabscheidung und Abfallauswahl durchgeführt werden kann.

Einige nationale Umweltministerien und Interessensverbände haben Listen für die Beschränkung der Gehalte in Sekundärbrennstoffen (SBS) veröffentlicht, einige mit niedrigen Schwermetallgehalten und andere mit für Sekundärbrennstoff aus Siedlungsabfall erreichbaren (Zeschmar-Lahl, 2003). Der Nachweis für Chargen wird durch Qualitätssicherung mit teilw. automatisierter Probenahme und Analyse erbracht. Dabei warten die meisten Länder bei der Normung auf eine internationale Norm der CEN, insbesondere des Technischen Komitees (TC) 343 für „Solid Recovered Fuels“. Dieses baut in seiner Arbeit auf die des TC 292 auf, welche die Normung der die Probenahme von festen und pastösen Abfällen und Schlämmen bereits vor 3 Jahren in Angriff genommen hat. Mit verschiedenen Materialien (Mischkunststoff aus Haussammlung „gelbe Tonne“, Siebüberlauf MA/MBA, Flotat Altpapieraufbereitung, synthetische Kunststoffmischung) wurde die Anwendung der Norm der TC 292 für die Probenahme- und -planung von SBS verwendet und die abgeschätzten Probenahmefehler mit den erreichten Standardabweichungen verglichen.

Die österreichische Abfallwirtschaft strebt ein weiter verbessertes Management der Stoffströme an. Für die Schaffung einer verlässlichen Datenbasis dafür wird im Bereich

der Deponierung ab Herbst 2004 eine novellierte Deponieverordnung mit Bezugnahme auf die CEN TC 292 in Kraft treten. Letztere ist für die grundlegende Charakterisierung bereits in die österr. Norm zur Beprobung von Abfällen eingeflossen (ÖNORM S2123). Sekundärbrennstoffe sind damit noch nicht direkt einer derartigen Qualitätssicherung unterworfen, die Zeichen der Zeit und die Auflagen letzten genehmigten Anlagen lassen aber Ähnliches auch für die Kontrolle der Stoffströme bei der Mitverbrennung erwarten. Dabei ist zu beobachten, dass der Probenahmeaufwand steigt, aber der Analyseaufwand, zumindest gegenüber der Behörde, sinkt. Jedoch kommt es zu einer stärkeren Reglementierung der Probenahme selbst.

Nachfolgend werden zum Problemkreis der Probenahme nach CEN TC 292 einzelne Untersuchungen herausgegriffen und die Ergebnisse vorgestellt.

2 Untersuchungsziele

- ☐ Vergleich von mit CEN berechneten und erreichten Standardabweichungen für Sekundärbrennstoffe (Papierflotat, MA/MBA-Siedlungsabfall, Folien aus der Baustellenabfallsortierung)
- ☐ Test von zwei Probenverjüngungsmethoden (Aufhäufen und Vierteln vs. Fraktionales Schaufeln (modifiziert))
- ☐ Erreichte Standardabweichungen im Ringversuch der ÖG-SET
- ☐ Verbrennungsversuch: Vergleich der Ergebnisse der produktionsbegleitenden Probenahme von Sekundärbrennstoff aus Siedlungsabfall mit den Ergebnissen der Stoffbilanz bei der Verbrennung

3 Grundlagen

3.1 Grundlage - Die Normenvorschläge der CEN TC 292 und 343

Bei dem von der CEN TC 292 und 343 verwendeten Ansatz handelt es sich um die idealisierte Betrachtung von binomial verteilten Charakteristika, wobei angenommen wird, dass die Messergebnisse bei wiederholten Bestimmungen Standardnormal verteilt sind. Nachstehend werden die zentralen Formeln kurz dargestellt.

3.1.1 Mindestmengen der Stichproben

Wenn das Größtkorn mehr als 3 mm beträgt, wird folgende Formel angewandt:

$$M_{inc} = 2,7 \cdot 10^{-8} \cdot \rho \cdot D_{95}^3$$

M_{inc}	Mindestmenge der Stichproben in kg
D_{95}	Größtkorn (definiert als 95%-Perzentil) in mm
ρ	Schüttdichte des Materials in kg/m ³

3.1.2 2.4 Mindestmenge der Sammelproben

Für die Ermittlung der Mindestmenge der Sammelprobe wird folgende Formel angewandt:

$$M_{sam} = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot D_{95}^3 \cdot \rho \cdot g \cdot \frac{1-p}{CV^2 \cdot p}$$

M_{sam}	Mindestmenge der Sammelprobe in g
D_{95}	Größtkorn (definiert als 95%-Perzentil) in cm
ρ^1	Schüttdichte des Materials in kg/m ³
g	Korrekturfaktor für die Korngrößenverteilung; da die Korngrößenverteilung des Materials nicht bekannt ist, wird hier üblicherweise von einem Richtwert ausgegangen
p	Anteil der Partikel, welche die zu untersuchende Charakteristik aufweisen. Da dieser Wert nicht bekannt ist, wird hier üblicherweise von einem Richtwert ausgegangen
CV	angestrebter Variationskoeffizient von p in der Probe ausgedrückt als Bruch von 1

3.1.3 Anzahl der Sammelproben

Für die Ermittlung der Anzahl der zu nehmenden Sammelproben wird folgende Formel angewandt:

$$n = \left(\frac{u_p}{d} \right)^2 \cdot \underbrace{\left(\frac{\sigma_w^2}{m} + \sigma_b^2 + \sigma_a^2 \right)}_{\text{Gesamtstandardabweichung}}$$

Gesamtstandardabweichung

¹ Die CEN TC 292 verwendet hier die Dichte der Partikel. Da diese bei den betrachteten SRF nicht einheitlich ist, wurde die Schüttdichte verwendet. Die CEN TC 343 setzt an dieser Stelle s bzw. f (shape factor, form factor, Wert meist zw. 1 und 0,01) und die Partikeldichte ein. Partikeldichten für SRF sind 0.8-1.8, Schüttdichten zw. 0.08-0.3 g/cm³.

n	Anzahl der zu nehmenden Sammelproben
u_p	Perzentil der Standardnormalverteilung mit der Wahrscheinlichkeit p; p ist dabei gegeben durch: $p = 0,5 + C/200$ bei zweiseitiger Teststatistik
C	gewünschte statistische Sicherheit in %
d	gewünschte Genauigkeit in Konzentrationseinheiten
σ_w	Standardabweichung innerhalb einer qualifizierten Stichprobe in Konzentrationseinheiten
σ_b	Standardabweichung zwischen den qualifizierten Stichproben in Konzentrationseinheiten
σ_a	Standardabweichung der Analyse in Konzentrationseinheiten
m	Anzahl der Stichproben pro Sammelprobe

Nachstehend ist grafisch dargestellt (Abb. 1), wie sich dieser Zusammenhang auswirkt. So sind bei einer durch Probenahme, Probenaufbereitung und Analyse erreichten Standardabweichung von 2.000 mg Cl/kg TS n=10 Proben nötig, um den Gehalt des Brennstoffs auf 1.000 mg Cl/kg TS präzise anzugeben. Weil Heizwert, Aschegehalt aber oft auch der Chlorgehalt eine Abrechnungsgröße für Sekundärbrennstoffe darstellen, ist dies für die Qualitätssicherung der Sekundärbrennstoffe, neben der Einhaltung von Schwermetallgrenzwerten, entscheidend.

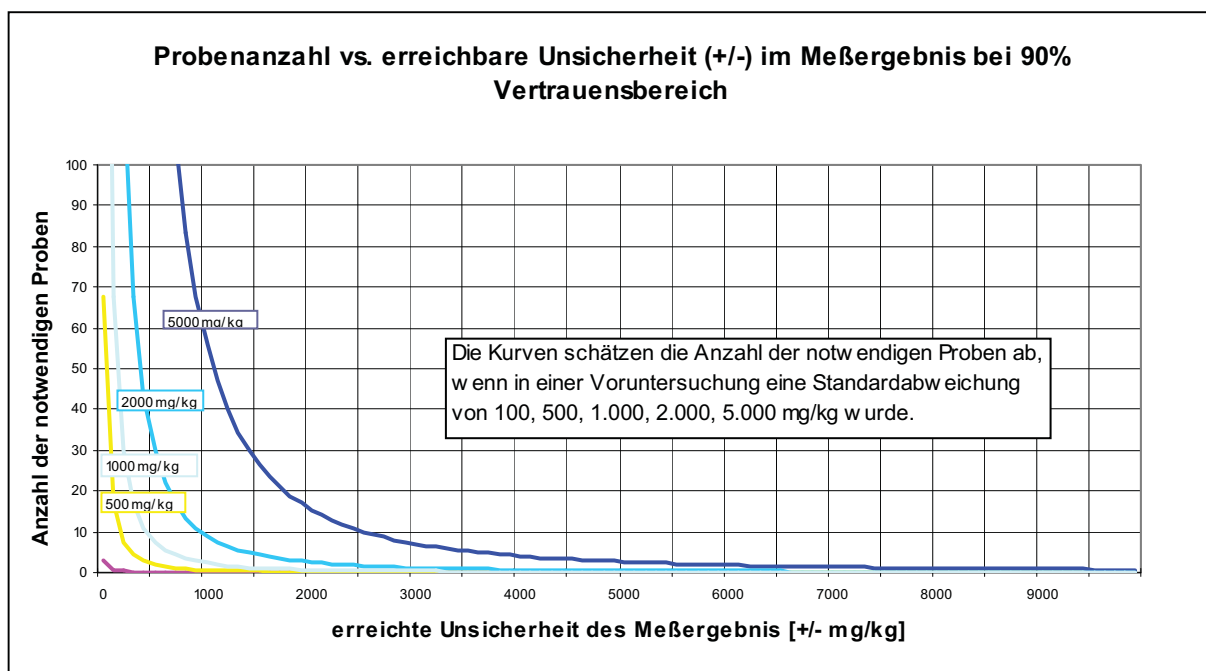


Abbildung 1: Anzahl der notwendigen Proben für eine gewünschte Präzision

4 Vergleich Abschätzung und Analyse

4.1 Abschätzung des Probenahmefehlers

Mit der Korngröße des Materials, einer Abschätzung der Korngrößenverteilung, dem Gehalt je Parameter, den Probemengen und den Aufbereitungsschritten sowie einer Abschätzung des Anteils an Teilchen mit dem Analyten in der Matrix wurde der Probenahmefehler nach dem CEN TC 292 Entwurf für jeden Aufbereitungs- und Auswahl-schritt berechnet. Es handelt sich bei MA1 um den Siebschnitt einer mechanisch-biologischen Aufbereitungsanlage von 18-50mm nach 1 Woche Belüftung. Dieser wird einer Verwertung in einer Wirbelschicht zugeführt.

Tabelle 1: Vorgaben und Annahmen für die Berechnung des Probenahmefehlers MA1

statistischer Parameter	Siedlungsabfall vorzerkleinert 18-50mm	Zerkleinerung Doppelwellen zerkleierer	Probenaufb. Schneidmühle
Vorgaben bzw. Annahmen:	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3
durchschnittliches Größtkorn (95-Perzentil) in mm	50	30	1
durchschnittliche Schüttdichte in kg/m ³	300	300	150
Korrekturfaktor für Korngrößenverteilung	0,5	0,25	0,25
Anteil der Teilchen mit dem Analyten (Richtwert)	0,02	0,02	0,02
gewählte Menge Sammelprobe in Liter	200	10	hängt von der Analyse ab
Anteil der Teilchen mit dem Analyten (abgeschätzt) Chlor	1,09%	1,09%	1,09%
Anteil der Teilchen mit dem Analyten (abgeschätzt) Kupfer	0,06%	0,06%	0,06%
Anteil der Teilchen mit dem Analyten (abgeschätzt) Cadmium	0,04%	0,04%	0,04%
Anteil der Teilchen mit dem Analyten (abgeschätzt) GV	44,7%	44,7%	44,7%
Anteil der Teilchen mit dem Analyten (abgeschätzt) HW o	28,3%	28,3%	28,3%

Für die einzelnen Aufbereitungsschritte stellt sich die Berechnung wie folgt dar:

Siedlungsabfall vorzerkleinert 18-50mm Größtkorn (95% Perzentil): 50 mm gewählte Menge der Sammelprobe: 200 Liter relative Standardabweichung durch diesen Teilschritt: 2,0 % für Heizwert 1,4 % für GV 12 % für Chlor 53 % für Kupfer 67 % für Cadmium	relative Standardabweichung für alle Schritte:
Zerkleinerung Doppelwellen zerkleierer Größtkorn (95% Perzentil): 30 mm gewählte Menge der Sammelprobe: 10 Liter relative Standardabweichung durch diesen Teilschritt: 3,0 % für Heizwert 2,1 % für GV 18 % für Chlor 78 % für Kupfer 98 % für Cadmium	
Entnahme von Analysenproben: Größtkorn: 1 mm gewählte aufzubereitende Menge: abhängig vom Parameter (Cl 1 g, Cu + Cd 0,2 g) relative Standardabweichung durch diesen Teilschritt: 0,04 % für Heizwert 0,49 % für GV 4 % für Chlor 41 % für Kupfer 52 % für Cadmium	
	3,6 % für Heizwert 2,6 % für GV 22 % für Chlor 103 % für Kupfer 129 % für Cadmium

Abbildung 2: Berechnung des Probenahmefehlers für alle Probenahmeschritte

Der kritische Schritt (Engpass) bei den durchgeführten Probenahmen ist die Beschränkung bei der Entnahme von Feldproben mit 10 l bei 30mm max. Korngröße. Abhilfe schafft hier nur die Entnahme einer größeren Feldprobe (20-30l) oder der Einsatz eines Shredders mit kleinerem Produkt (10-15mm).

4.2 Analyseergebnisse

Für die unten gezeigte Serie wurde eine Grundgesamtheit von vorabgesiebt 100t Siedlungsabfall (<50mm) bei 18 mm abgesiebt und vom Bandabwurf Tagesmischproben gebildet. Aus dieser (4m³) wurden durch fraktionales Schaufeln 15 Einzelproben (ca. 250l) gewonnen, die weiter zerkleinert (30mm) und dann zur Hälfte mit Viertelteilung und Fraktionalem Schaufeln geteilt wurden. Durch die so erfolgte Verringerung der Heterogenität vor dem Zeitpunkt, ab dem die Proben unabhängig weitergeführt wurden sollten möglichst gleiche Gehalte in den Proben erzielt werden. Die mit dem CEN Ansatz geplanten Standardabweichungen werden in Tab. 2 mit den erreichten verglichen.

Tabelle 2: erreichte und berechnete Standardabweichung für MA1

Parameter	Mittelwert 18-50mm mg/kg TS	Standard- abweichung mg/kg TS	rel. Standard- abweichung [%]	rel. Fundamentalfehler der Probenahme berechnet [%]
Oberer Heizwert	11.300 kJ/kg	1.040 kJ/kg	9,2	3,6
Glühverlust	44,7%	3,5%	7,9	2,6
Chlor	6.210	1.120	18	22
Cadmium	1,1	1,3	117	129
Kupfer	575	1.280	223	103

Dies zeigt eine Übereinstimmung der Abschätzung und der erreichten Werte für Cl und Cd, für Heizwert und Glühverlust werden die Standardabweichungen meist unterschätzt, für Kupfer aufgrund des Nuggeteffekts (vgl. Cencic u. Skutan, 2002) bei der Analyseneinwaage immer. Für Cd kommt es meist ebenfalls zu einer Unterschätzung. Generell wird die Arbeit mit absoluten Standardabweichungen bei der Gestaltung eines Probenahmeplans zielführender sein, die relativen lassen jedoch den Vergleich zwischen Kampagnen zu. (Prochaska et al., 2004)

4.3 Abschätzung von p-Werten bei der Probenahmeplanung

Über physikalische Annahmen lassen sich p-Werte für die untersuchten Sekundärbrennstoffe aus mechanisch/mechanisch-biologisch behandelten Siedlungsabfällen abschätzen. Aus den min./max. Gehalten der SBS und der max. Konzentration des Analyten in den Teilchen wurden die p-Werte berechnet.

Tabelle 3: Abschätzung der p-Werte

Parameter	geschätzter p-Wert min.	geschätzter p-Wert max.	geschätzte Konz. in den Teilchen
Chlor	0,01	0,02	56 %
Cadmium	0,0004	0,0013	0,3 %
Kupfer	0,0013	0,0025	100 %
Glühverlust	0,55	0,80	100 %
o. Heizwert	0,30	0,53	40.000 kJ/kg

Für die Probenahme von Sekundärbrennstoffen befindet sich im TC 343 eine weitere Norm in Vorbereitung. Dabei wird als Vorgabe mit einem p (Anteil der Teilchen mit dem Analyten) von 0,1 statt wie in der TC292 mit 0,02 gerechnet. Für den Parameter Chlor würde dies zu nicht normal verteilten Analysewerten führen. Für einige thermische Verwerter ist der Chlorgehalt der Einsatzstoffe aber von hohem Interesse für die Betriebs- und Produktführung. Aus den dargestellten Probenahmekampagnen zeigt sich, dass die rechnerische Abschätzung der Probenahmepläne für Chlor Ergebnisse mit Angabe der Präzision möglich sind und, wo immer dies gewünscht wird, auch eingesetzt werden kann.

5 Ringversuch zu Probenaufbereitung und Analyse von Sekundärbrennstoffen

Im Ringversuch wurden mit 13 teilnehmenden Laboratorien die Probenaufbereitung und Analyse getestet. Die Probenahme wurde durch das IAE durchgeführt. Zur Verfügung wurden folgende 4 Materialien gestellt: ein wenig inhomogenes Papierschlammflotat, eine inhomogenere Mischkunststofffraktion, eine synthetische Folienmischung aus PE, PVC und mit Schwermetallsalzen dotierten Folien sowie Kupferlitzen als Störstoff. Letztere wurde zerkleinert und unzerkleinert versendet. Dabei wurden jedem Labor je 3 Proben zur Verfügung gestellt. Die Aufbereitungsvorschrift sah die Aufbereitung von 8l auf 4mm bzw. 0,5l auf <1mm vor. Die Auswertung wurde nach DIN 38402 Teil 42 durchgeführt.

Auch bei der Planung des Ringversuchs wurde die Probenahme zuvor mit der CEN TC 292 (Entwurf Feb. 2001) abgeschätzt. Ausgelegt war die Probenahme und Aufbereitung auf eine Standardabweichung bei Chlor von ca. 2.000 mg/kg bzw. relativ von 0,18 %. Hier zeigt sich, im Gegensatz zu den Ergebnissen bei MA1, eine wesentlich höhere Standardabweichung im Vergleich zur Planung. Der Gründe dafür liegen in teilweise nicht eingehaltenen Aufbereitungsmengen der einzelnen Labors, aber auch den unterschiedlichen systematischen Fehlerquellen. Der Engpass tritt auch hier bei der Aufbereitung von 20 mm auf 4 mm ein und nicht, wie ev. angenommen, bei der Einwaage zur Analyse.

Tabelle 4: Erreichte Vergleichsstandardabweichung im Ringversuch, 13 Labors, je 3 Proben

Parameter Vergleichs- standardabweichung und -variationskoeffizient	Einheit	Synthetische Probe, <1mm	Synthetische Probe, <20mm	Misch- kunststoff- fraktion	Flotat Altpapier
Oberer Heizwert	kJ/kg TS	661	890	823	361
	%	1,46	1,97	2,59	4,23
Glühverlust	% TS	0,197	0,140	0,47	0,71
	%	0,198	0,141	0,51	1,27
Chlor	mg/kg TS	2.570	4.050	2.980	8,7
	%	38,6	66,2	32,5	87,8
Quecksilber	mg/kg TS	1,74	1,76	0,31	0,42
	%	83	111	62,7	69,3
Zink	mg/kg TS	16,1	11,7	94,1	21,9
	%	45,8	48,1	53,3	21,1

Neben dem Grad an Inhomogenität bestätigt sich bei Heizwert, Chlor und Quecksilber auch die Annahme, dass die entfallenen Aufbereitungsschritte zu geringeren Streuungen im Bestimmungsergebnis führen. Für Zink ist dies nur bei der relativen Abweichung der Fall. Die Standardabweichungen zwischen den Labors sind bei der Glühverlustbestimmung sehr gering und somit schwer zu bewerten.

6 Viertelteilungsmethode und Fraktionales Schaufeln

Die Normentwürfe sehen zur Probenteilung Rotationsteiler, Riffelteiler sowie „long strip“ „manual increment division und die Viertelteilung vor. Da gerade letztere trotz ihrer Ungenauigkeit für den Teilungsschritt bei der Verjüngung von Sammelproben zur Feldprobe eingesetzt wird wurde ein leicht modifiziertes Fraktionales Schaufeln (ÖNORM 928) eingesetzt und verglichen. Die Modifizierung besteht in der Limitierung auf eine Verjüngung von max. 1:5 pro Schritt. Für den letzten Schritt werden gleichfalls min. 10 Inkremente gefordert. Dabei wurde ein 18-50mm Siebschnitt MA Material verwendet. 50 abhängige Sammelproben wurden je zur Hälfte mit Viertelteilung und Fraktionalem Schaufeln verjüngt. Weil der wahre Wert dieser Fraktion unbekannt ist, wird der Mittelwert als Bezugsgröße verwendet. Als Maß für die Güte der Verjüngung wurde die Gesamtstandardabweichung der Einzelwerte (Doppelbestimmungen) ausgewertet.

In die Auswertung sind bei Chlor, Cadmium und Kupfer je 25 Feldproben mit je 2 Aufschlüssen eingeflossen. Beim Heizwert je 5 Bestimmungen mit 3 Einwaagen, beim Glühverlust je 5 Bestimmungen mit 2 Einwaagen.

Tabelle 5: Vergleich Viertelteilung und Fraktionales Schaufeln - Streuungen der Analysenwerte um den Kampagnenmittelwert

Probenverjüngung 18-50mm MA-Material	Chlor	Kupfer	Cadmium	HW oberer	HW unterer	Glühverlust
	mg/kg TS			kJ/kg TS		Massen %
Fraktioniertes Schaufeln						
Standardabweichung	1.015	793	1,06	791	274	2%
Mittelwert	6.239	523	0,94	10.644	8.005	42%
rel. Standardabweichung	16%	152%	114%	7%	3%	6%
Viertelteilung						
Standardabweichung	1.213	1.624	1,40	811	883	3%
Mittelwert	6.166	629	1,15	11.967	9.026	47%
rel. Standardabweichung	20%	258%	121%	7%	10%	6%

Für alle betrachteten Parameter zeigt sich für das Fraktionierte Schaufeln eine geringere absolute und relative Standardabweichung im Vergleich zur Viertelteilungsmethode.

Weitere Vorteile sind das leichtere Verstehen der Methode und die, trotz der Verwendung kleinerer Schaufeln, schnellere Durchführung. Der Vergleich der Zeiten während der Probenahmeserie MA2 mit und ohne Wissen der Probeteiler zeigte einheitlich eine um ein Viertel reduzierte Bearbeitungszeit pro Probe. (z.B. 6 min statt 8 min).

Im Entwurf der CEN TC 343 N33 „Solid recovered fuels - Methods for sample reduction“ ist das Fraktionierte Schaufeln als Methode für die Verjüngung von Abfällen nicht explizit vorgesehen. Die Methoden „long pile“ und „manual increment division“ sind allerdings sehr ähnlich aufgebaut.

7 Verbrennungsversuch

7.1 Versuchsdurchführung

In der Fernwärme Wien, MVA Spittelau wurde am 25. und 26. Juni 2003 ein Verbrennungsversuch mit Sekundärbrennstoff aus der Splittinganlage Rinterzelt der Magistratsabteilung 48, Wien durchgeführt (Reil et al., 2003). Die Stoffströme für den Versuch stellten sich wie folgt dar:

Tabelle 6: Massenbilanz von 25.06.2003, 11:00h bis 26.06.2003, 16:00h (29 Std.)

Stoffstrom	Menge [t]	Output-Ströme in Bezug auf 1 t Abfall
Input heizwertreiche Fraktion	315,5	1.000 kg
Schlacke	24	76 kg
Asche	4,5	14 kg
Grobschrott	0	0
Feinschrott	0,107 – 0,232	0,3 – 0,7 kg
Filterkuchen	Nicht zuordenbar ⇒ nicht bestimmt	-- ²

Dabei zeigten die Rohgasmessungen eine Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach dem Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen (LRG-K) von 1989 für MVA für die Parameter Hg und Cd bereits im Rohgas. Bei Al und Pb fehlen entsprechende Einzelwerte für den Vergleich.

Tabelle 7: Rohgasfrachten – Mittelwerte über den gesamten Versuchszeitraum

Parameter	Mittelwert Verbrennungsversuch im Rohgas mg/Nm ³	Emissionsgrenzwert LRG-K MVA >750 kg/h mg/Nm ³
Hg	0,0164	0,1
Pb	0,054	4 (Summenwert für Pb, Zn, Cr)
Al	0,0062	-
Cd	0,0022	0,1

² Anmerkung: Bei der Verbrennung von kommunalem Hausmüll beträgt der Filterkuchen in Bezug auf 1 t verbranntem Abfall < 1 kg

7.2 Vergleich mit Probenahme Rinterzelt

Der Brennstoff wurde im Zuge der Herstellung (Zerkleinerung m. Rotorschere, Fe und NFe Abscheidung, Siebschnitt 50-250mm) einmal stündlich mit dem Radlader beprobt. Unten sind die Mittelwerte von 3 unabhängigen, über den Produktionszeitraum gezogenen Proben (Sammelprobe 8m³), mit Zerkleinerung auf 30mm und Verjüngung mit der Viertelmethode, wobei die Feldprobe je 30l betrug, mit den Daten aus der Massenbilanz verglichen. Für den Versuchszeitraum ergaben sich aus der Bilanzierung folgende Gehalte im Input:

Tabelle 8: Vergleich Gehalte aus Massenbilanz und Probenahme

Parameter	Mittelwert Gehalt aus Massenbilanz mg/kg Feuchtsubstanz	Mittelwert Probenahme mg/kg Feuchtsubstanz
Hg	0,31	<0,20
Pb	197	102
Al	6.183	23.500
Cd	5,5	3,6
HW [kJ/kg OS]	10.310 bis 13.990	13.700

Der Heizwert des Inputmaterials wurde auf 3 Arten ermittelt bzw. berechnet und schwankt zw. 10,31 und 13,99 MJ/kg.

Bei Cd liegt das Ergebnis (3,6 mg/kg) im Rahmen der geschätzten Genauigkeit ($\sigma = \pm 1,76$ mg/kg) der Gesamtuntersuchung (Probenahme, Aufbereitung, Analyse). Quecksilber lag bei den Feststoffproben unter der Bestimmungsgrenze von 0,25 mg/kg TS. Nimmt man als Vergleichswert die rel. Unsicherheit von Cadmium an, liegt somit auch der Wert von 0,37 mg/kg TS im Bereich der Unsicherheit. Die Werte für Aluminium liegen in der Feststoffuntersuchung signifikant über denen der Massenbilanzierung, obwohl bei der Störstoffaussortierung ebenfalls Metall aussortiert wurde. Weil keine Angaben zu den, mit den jeweiligen Probenahmen von Rohgas, Asche und Schlacke verbundenen, Unsicherheiten vorliegen, können keine näheren Vermutungen angestellt werden. Der untere Heizwert liegt bei den Feststoffproben am oberen Ende der berechneten Heizwertspanne. Da die Feststoffprobenahme und Aufbreitung im Freien an sehr heißen, leicht windigen Tagen (28-33°C) durchgeführt wurde und ca. 10% der Probenhaufen austrockneten, dürfte der gemessene Heizwert der Proben höher als der tatsächliche liegen. Somit fällt der Heizwert in die Mitte der Bandbreite.

8 Zusammenfassung

Die Abschätzung des Probenahmefehlers von binomial verteilten Charakteristika in Sekundärbrennstoff ist für Chlor recht gut möglich. Für Heizwert oder Glühverlust wird mit diesem Ansatz die gewünschte Präzision nicht ganz erreicht, die Proben sind nicht hinreichend homogen, oft ist der schwankende Wassergehalt dafür verantwortlich zu machen.

Die Verbrennung von Ersatzbrennstoff aus Siedlungsabfällen nach vorheriger Metallentfrachtung bringt bereits im Rohgas bei einzelnen untersuchten Parametern (Pb, Hg, Cd) eine Überschreitung der Emissionsgrenzwerte.

Mit geringfügigen Modifikationen stellt Fraktionales Schaufeln eine gute Alternative zur verbreiteten Viertelteilungsmethode bei den manuellen Probenteilungsmethoden dar.

Bei der Planung von Probenahmen nach CEN TC 292 bzw. 343 Entwürfen sollten alle Aufbereitungsschritte betrachtet werden, um den Aufwand zu optimieren.

Für das Erreichen einer bestimmten Präzision, z.B. in Bezug zum Grenzwert oder zum Liefervertragswert, werden mehrere Proben und Analysen nötig sein, wobei aufgrund der noch in den letzten Aufbereitungsschritten gegebenen Unsicherheit mehrere Analysen nötig sein können.

Der Ringversuch zeigte die Inhomogenität der Materialien und die damit verbundenen nötige Aufbereitung großer Probenmengen auf. Des weiteren sind realitätsnahe Standards für Ersatzbrennstoffe wünschenswert.

Automatische Probenahmeeinrichtungen werden auch in der Abfallwirtschaft, insbesondere dort, wo aus verschiedenen Abfällen Sekundärbrennstoff erzeugt wird, sinnvoll.

9 Literatur

- | | | |
|------------------------|------|--|
| CEN TC 292 | 2001 | CEN TC 292 WG 1-5 Characterisation of waste – Sampling Feb. |
| CEN TC 343 | 2003 | Solid recovered fuels – Methods for sample reduction – draft N34 |
| CEN TC 343 | 2003 | Solid recovered Fuels – Methods of sampling – draft N48 |
| Gy, P. | 1992 | Sampling of heterogeneous and dynamic material systems, Verlag Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-89601-5 |
| Hofer, C.; Schelch, M. | 2003 | Bericht zum Ringversuch Probenahme, |