

Bild 3. Strahlengänge in einer Kollektoranordnung nach Bild 1 mit Rückflankenspiegel. Bei dem als Beispiel gewählten Elevationswinkel von 50 Grad gibt es Beiträge von beiden Spiegeln, einen direk-

ten Beitrag, einen doppelt gespiegelten Beitrag und einen in den Weltraum zurückgeworfenen Teil des Lichtes.

zielt, denn der Absorber in der Röhre muß eine Oberfläche haben, die gleich der Eintrittsfläche ist, wenn er die Strahlung aus allen möglichen Richtungen und von allen Orten auf der Rohroberfläche aufnehmen soll. Der außergewöhn-

liche Wirkungsgrad beruht vielmehr auf der hervorragenden Isolation des Absorbers. Da noch keine interne Konzentration benutzt wird, könnte auch beim Röhrenkollektor jeder zweite durch einen Spiegel ersetzt werden. Die dann

erreichbaren Temperaturen können jedoch nur in Sonderfällen genutzt werden. – Bei jeder Anwendung von Spiegeln bei Solaranlagen besteht eine erhöhte Gefahr der Überhitzung. Spiegel dürften deshalb erst dann angebracht werden, wenn eine ausreichende Temperaturfestigkeit unter allen Betriebsbedingungen nachgewiesen ist.

Leider kann das gestreute Licht, das im Mittel mehr als die Hälfte der Solarenergie bringt, nicht konzentriert werden. Der Kollektor mit Spiegeln in der vorgeschlagenen Anordnung hat bezüglich des Streulichtes etwa die gleiche Leistung wie ein Kollektor ohne Spiegel. Der Absorber sieht direkt oder über die Spiegel nur den Südhimmel, dafür ist die wirksame Fläche verdoppelt. – Die Spiegelverluste wurden bei der Darstellung bisher nicht berücksichtigt. Tatsächlich gehen bei jeder Reflexion 10 % des Lichtes verloren.

Spiegel können auch benutzt werden, um die Leistung von Solarzellen zu erhöhen. Dabei ist eine Kombination mit Flachkollektoren angebracht, um die Zellen zu kühlen. Alle hintereinander geschalteten Zellen eines Stranges müssen dabei gleich beleuchtet werden. Sie müssen deshalb in einer Reihe entlang der Absorberkante liegen. Außerdem darf auf keine der Zellen ein Schatten fallen.

Müll als Wertstoffquelle und Energieträger

Tendenzen bei der Hausmüllentsorgung

Die Helmut Kaiser Unternehmensberatung, Philosophenweg 2, 7400 Tübingen, arbeitet an einer großen Marktanalyse, die den Bereichen Abfallbeseitigung und Wertstoffrückgewinnung, Umweltschutz, Energieeinsparung und anderem gewidmet ist. Damit sollen die entsprechenden Märkte transparent gemacht und Prognosen bis zum Jahre 2000 vorgelegt werden. Insbesondere will man auch neue Technologien darstellen und bewerten. In Sachen Hausmüll, der auch als bedeutender Energieträger anzusehen ist, liegt das Ergebnis einer Kurzerhebung bereits vor. Der nachfolgende Text stammt von der Unternehmensberatung Kaiser, mit der sich diejenigen in Verbindung setzen können, die an der Gesamtanalyse oder an Teilaspekten interessiert sind.

In der Bundesrepublik Deutschland fielen 1982 rund 25 Mill. t Hausmüll an, entsprechend etwa 400 kg je Einwohner. Neueren Schätzungen zufolge ist diese Menge annähernd konstant geblieben. Die Zahlen sind allerdings nicht sehr aussagekräftig. Zum einen wird unter Hausmüll auch der hausmüllähnliche Abfall der Gewerbebetriebe verstanden (aus privaten Haushaltungen stammten 1982 nur 15 Mill. t plus 2,2 Mill. t Sperrmüll), zum anderen sind sowohl anfallende Mengen als auch Zusammensetzung je nach Ballungsdichte und Umweltbewußtsein sehr unterschiedlich.

Der Hausmüll setzt sich im Bundesdurchschnitt wie folgt zusammen:

31,4 % organische Stoffe (beim reinen Hausmüll 42 %, in ländlichen Gegenden und bei Gartenbesitzern erheblich weniger, dafür in Ballungsgebieten mehr)

24 % Papier
13 % mineralische Stoffe (Feinmüll)
8,8 % Kunststoffe und Textilien
8,7 % Holz, Leder, Gummi, Knochen
8,0 % Glas
5,6 % NE- und FE-Metalle
0,8 % Verbundmaterialien

Diese 25 Mill. t Hausmüll wurden 1982 wie folgt entsorgt:

ca. 65 % landeten unbehandelt auf Deponien,
ca. 30 % wurden verbrannt; die 25 % Schlacke, die hierbei anfielen, wurden zu 95 % deponiert (nur etwa 5 % fanden, vorwiegend im Straßenbau, eine weitere Verwendung)
ca. 5 % wurden sortiert und recycelt.

Deponien

Die Zahl der Deponien hat sich in den letzten Jahren drastisch verringert,

1970 waren noch rund 50 000 geöffnet. Ende 1984 konnten nur noch 3118 Deponien gezählt werden, von denen lediglich 385 für die Aufnahme von Hausmüll zugelassen waren. Die Entwicklung zu immer weniger Deponien wird auch in den nächsten Jahren unverändert anhalten, da Neuanlagen politisch kaum noch durchzusetzen sind.

Verbrennung

Mitte 1986 waren, Statistiken des Umweltbundesamtes zufolge, 34 % der bundesdeutschen Bevölkerung an 47 Müllverbrennungsanlagen (MVAs) mit einer Jahrestonnenleistung von etwa 9 Millionen angeschlossen. Bis 1985, so Dipl.-Ing. Lothar Barniske vom Umweltbundesamt auf dem 4. Internationalen Recycling Congress in Berlin, ist mit weiteren 21 MVAs mit einer Leistung von 4 Mill. t Jato zu rechnen. Neuere Planungen sehen einen Zubau von lediglich 10 MVAs vor.

Die Verbrennung unbehalteten Mülls weist mehrere gravierende Nachteile auf, die dem Vorteil der Müllreduktion gegenüberstehen.

a) Rauchgasemissionen: Trotz kostenintensiver Rauchgasreinigungsanlagen sind die Emissionen von Giften (Dioxin), Schwermetallen (Cadmium und Zink) sowie CO₂, Stickoxiden und

Chlorwasserstoffen nicht völlig zu verhindern. Jedoch werden bei den Anlagen mit Rauchgaswäsche die in der TA-Luft vorgeschriebenen Werte deutlich unterschritten. Die Kosten hierfür sind allerdings erheblich; sie machen 50 % der Betriebskosten aus, d.h. 40 bis 50 DM/t.

b) Brennstoffleistung: Die Brennstoffleistung von unbehandeltem Müll unterliegt großen Schwankungen, was bei zu hohen Temperaturen erhöhte Stickoxidemissionen und bei zu niedriger Temperatur Verschmelzungseffekte zur Folge hat. Insgesamt ist die Brennstoffleistung von unbehandeltem Hausmüll etwa halb so groß wie die von sortiertem Müll. (Der Heizwert liegt, je nach Zusammensetzung, zwischen 3000 und 9000 kJ/kg beim unbehandelten Hausmüll und 10 000 bis 19 000 kJ/kg beim sogenannten Brennstoff aus Müll.)

c) Kosten: Die Kosten für die Müllverbrennung liegen derzeit je t bei DM 80 bis DM 100, 50 % der Kosten werden durch die Rauchgaswäsche verursacht.

d) Schlacke: Der Schlackenanteil ist unverhältnismäßig hoch. Wird die FE-Metallfraktion erst nach der Verbrennung ausgesondert, ist der Schrottwert zudem äußerst gering. (Aus den rund 3 Mill. t Rückständen wurden nur etwa 300 000 t Eisenschrott aussortiert.)

Sortieranlagen

1985 befanden sich 24 Sortieranlagen in Betrieb und weitere 26 im Bau oder in der Planung, so daß sich in absehbarer Zeit die Menge des behandelten (sortierten) Mülls verdoppeln wird. Bei 22 von ihnen handelt es sich um Kleinanlagen, die die bereits getrennt gesammelten Wertstoffe (in „Grünen Tonnen“ etwa) sortieren. Zwei Großanlagen mit einer Kapazität von 180 000 Jato, die den in seiner Gesamtheit gesammelten Müll in seine wieder- oder weiterverwertbaren Bestandteile zerlegen, befinden sich in der Anlaufphase.

Sortieranlagen bieten neben der Reduzierung des zu deponierenden Mülls den Vorteil der Wertstoffhaltung. Hierbei wird dem Wertstoffrecycling der Vorzug vor dem Energierecycling gegeben, wie es auch vom Gesetzgeber inzwischen vorgeschrieben ist. (§ 3 Abs. 2 Abfallbeseitigungsgesetz: Die Abfallverwertung hat Vorrang vor der sonstigen Entsorgung. ...Abfälle sind so einzusammeln, zu befördern, zu behandeln und zu lagern, daß die Möglichkeiten zur Abfallverwertung genutzt werden können.) Der Anteil, der bei diesem Verfahren letztendlich deponiert werden müßte – schöpft man tatsächlich alle technischen Möglichkeiten aus – liegt bei rund 30 %. Aber auch bei diesem Verfahren sind gewisse Nachteile in Kauf zu nehmen, die bei einer Sortierung am Entstehungsort entfielen:

1. Der Sortierungsaufwand ist größer, wenn der organische zusammen mit dem anorganischen Müll angeliefert wird.
2. Verschmutzte Wertstoffe sind weniger wert.
3. Schwermetallgehalte lassen sich, wenn auch in geringerer Form als in den

herkömmlichen Kompostieranlagen, nicht ganz vermeiden, was den Absatz des aus Müll gewonnenen Komposts erschwert.

4. Je besser sortiert wird, desto höher sind die Kosten.

Aus all diesen Gründen wird die Vorsortierung des Mülls am Entstehungsort in Zukunft ein unverzichtbarer Bestandteil eines sinnvollen Recyclingkonzeptes sein.

Grüne Tonne

Die „Grüne Tonne“ ist ein möglicher Weg, Wertstoffe einer erneuten Nutzung zuzuführen. Bei dieser Variante erhalten alle Haushalte eine zweite Tonne, in der Glas, Papier, Metalle und auch Lumpen vom Restmüll getrennt gesammelt werden. Doch auch bei dieser Methode, die in zahlreichen Versuchen (derzeit in über 1,25 Millionen Haushalten) hinsichtlich der hohen Akzeptanz erfolgreich erprobt wurde, wird der Belastung des organischen Anteils im Müll mit Schadstoffen nicht genügend Rechnung getragen. Auch ist das Papier aus der „Grünen Tonne“ so gut wie nicht mehr absetzbar. Ebenfalls schwer zu vermarkten ist minderwertiges gemischtes Altglas im Gegensatz zu farblich sortiertem. Glas aus der „Grünen Tonne“ aber besteht zu 60 % aus Bruchglas, das mit den heutigen Sortieranlagen noch nicht farblich getrennt werden kann. Da Altglas und Altpapier 70 % des Inhalts der „Grünen Tonne“ ausmachen, werden deren Grenzen deutlich.

Biotonne und Graue Tonne

Die sinnvollste Vorsortierung ist die Trennung in organischen Müll plus einem, für die Kompostierung notwendigen, 10%igem Zusatz an minderwertigem Verpackungspapier einerseits und anorganischen Stoffen andererseits. In Gebäuden mit Müllschluckern ist eine derartige Trennung ebenfalls leicht realisierbar. Man müßte lediglich ein per Knopfdruck über den entsprechenden Container dirigierbares Endrohr anbringen. Diese Trennweise setzt ebenso wie bei der „Grünen Tonne“ eine Sortieranlage, darüber hinaus aber auch eine Kompostieranlage voraus. Mit den nicht zu vermarktenden brennbaren Anteilen könnten Müllverbrennungsanlagen beschickt werden. Dies würde deren Heizleistung steigern und gleichzeitig wäre die anfallende Luftschadstoffmenge geringer.

Parallel zum „Holsystem“ wird nach wie vor das „Bringsystem“, d.h. das Aufstellen von Containern zur Wertstoffsammlung, beibehalten und verstärkt werden, da das hier gesammelte Material durch das Entfallen einer kostspieligen Sortierung und Abholung sowie seiner Sortenreinheit wegen ungleich wertvoller ist. Der Trend geht zu einer weiteren Vorsortierung. Glas etwa wird nach Farben getrennt, Papier nach den unterschiedlichen Qualitäten. Das Aufstellen solcher Container sowie die getrennte Sammlung von Altpapier wird in Zu-

kunft, wie es teilweise schon heute geschieht, durch die Gemeinden um den Betrag, der durch Deponie und Abholung eingespart wird, gefördert werden.

Zusammenfassung:

Auf Grund der unterschiedlichen Ausgangssituationen wird es auch in Zukunft kein einheitliches Müllbeseitigungssystem geben. Vielmehr wird sich jede Gemeinde für das System mit den geringsten Nachteilen entscheiden müssen. Generell läßt sich feststellen, daß in Ballungszentren den MVAs, in Mischwohngebieten den Sortieranlagen und in den rein ländlichen Gegenden der Deponie der Vorzug gegeben werden wird. Auf eine gewisse Vorsortierung am Entstehungsort darf und wird in Zukunft aber unter keinen Umständen verzichtet werden, denn neben den schon erwähnten Vorteilen der Vorsortierung ist nur so ein sinnvoller Umgang mit dem Müll gewährleistet. Der sinnvolle Umgang mit Müll schließt aber auch die Bereitschaft ein, Mehrarbeit und Mehrkosten für eine umweltschonende Entsorgung in Kauf zu nehmen. Letzte Erhebungen haben ergeben, daß der Bundesbürger durchaus bereit ist, für diese Maßnahmen mehr Geld zu bezahlen. Allerdings muß die Bereitschaft des Einzelnen durch eine umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit an die Anforderungen eines effektiven Müllentsorgungsprogramms angepaßt werden.

Prognostizieren läßt sich, daß der Trend in Richtung mehr Tonnen geht. Der Vormarsch der „Grünen Tonne“ ist zwar gebremst, doch die Vorteile der „Biotonne“ gewährleisten den Mülltonnenherstellern auf die Dauer einen erhöhten Auftragseingang.

Müllsortieranlagen und Kompostieranlagen für Müll aus „Biotonnen“ werden den Vorzug vor Verbrennungsanlagen haben, bzw. diesen vorgeschaltet sein. Nur so wird das zu deponierende Müllvolumen effektiv reduziert werden können. Dies verlangt aber von den Kommunen, von der Kirchturnpolitik Abstand zu nehmen und auch nach landkreisüberschreitenden Lösungen zu suchen.

Müllfahrzeuge mit Kammern für zwei Müllsorten werden in den nächsten Jahren einen stetig wachsenden Markt finden. Zuwachsraten von Müllverbrennungsanlagen, wie sie 1985 noch teilweise prognostiziert wurden, wird es wohl so nicht geben. Das heißt aber nicht, daß überhaupt keine mehr gebaut werden. Hier spielt die Politik eine ganz erhebliche Rolle. Aus Ballungszentren, wie dem Ruhrgebiet oder Großstädten, werden sie auch in Zukunft nicht wegzudenken sein. Für die nächsten zehn Jahre ist mit der Errichtung von ein bis zwei MVAs im Jahr mit einer durchschnittlichen Leistung von 200 000 Jato zu rechnen.

Laut Prof. Thomé-Kozmiensky von der TU Berlin gehört die Zukunft dezentralen Kleinanlagen mit Einzugsgebieten von unter 100 000 Einwohnern. Hierbei, so meint er, könnten durch die Verwendung von Modulbausteinen die Kosten für die Rauchgasreinigung er-

heblich gesenkt werden. Hersteller und Betreiber von Müllverbrennungsanlagen sehen sich von dieser Modultechnik aber noch ziemlich weit entfernt. Abgesehen davon würden sich bei Kleinanlagen die Betriebskosten erhöhen. Letztlich hängt bei allen Anlagen die Kostensituation von den lokalen Gegebenheiten in bezug auf den Abnahmepreis für Dampf bzw. Strom ab.

Obwohl die Stickoxidemissionen der MVAs unter den Grenzwerten der neuen TA Luft liegen, werden von Behörden sowohl bei Planfeststellungsverfahren als auch bei Altanlagen in zunehmendem Maße Entstickungsanlagen verlangt. Von dauernder Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch die für die Entstickung durch naßchemische Verfahren einzusetzende Menge an Chemikalien. Die Kosten hierfür belaufen sich auf etwa DM 10/t verbrannten Mülls. Für die Zukunft ist hier eine Kombination von Müllverbrennung und Wärmekraftwerk zur gekoppelten Abluftreinigung sinnvoll, die gleichzeitig auch die Energiegewinnung aus Müll erleichtern würde.

Ob sich Pyrolyseanlagen durchsetzen werden, ist, was den Hausmüll betrifft, eher negativ zu beantworten. Bei Autoreifen oder dem Kunststoffanteil im Müll kann sich die Pyrolyse als das geeignetste Verfahren erweisen, da bei einheitlicher Beschickung die Anlagen störungsfrei funktionieren und somit die Vorteile der Pyrolyse (geringe Schadstoffemissionen und günstige Kosten/Nutzen-Relation) gegenüber der Verbrennung voll zum Tragen kommen. Allerdings existieren bis heute lediglich Pilotanlagen, so daß eine Beurteilung noch nicht möglich ist.

Zukunftsszenario

Abschließend läßt sich ein für die meisten Kommunen der Bundesrepublik sinnvolles Zukunftsszenario entwerfen: Basierend auf der Sortierung des Mülls in den einzelnen Haushalten wird sich ein kombiniertes Hol-Bring-System durchsetzen. Zwei Hausmülltonnen, die alternierend geleert werden, nehmen organische und übrige Stoffe auf. Bei Eigenkompostierung entfällt die „Biotonne“. Glas und Papier werden nach Sorten getrennt in Containern und Straßensammlungen erfaßt. Altöl, Arzneimittel und anderer Sondermüll wird an Spezialstellen entsorgt. Der durch die „Biotonne“ erfaßte organische Müll wird in Kompostieranlagen weiterverarbeitet. Müll aus der „Grauen Tonne“ wird in Sortieranlagen aufbereitet und nach Sonderabfällen, deponierbaren, wiederverwertbaren und brennbaren Stoffen getrennt. Wertstoffrückführung, Verbrennung, Pyrolyse und Deponierung werden sich anschließen.

Sehr entscheidend für ein sinnvolles Recycling von Müll ist die Vermarktung der anfallenden Produkte. Es ist wichtig, bevor man sich für ein bestimmtes System entscheidet, die Vermarktung der Endprodukte sicherzustellen. Das Marketing in der Müllentsorgung ist von wachsender Bedeutung. Hierbei muß erwogen werden, daß mit zunehmendem

dem Recycling die Preise für Altpapier und Altglas rapide fallen bzw. immer höhere Ansprüche an Sortenreinheit gestellt werden. So ist in allen Fällen abzuwägen, ob der Brennwert eines Stoffes oder sein Materialwert kostengünstiger zu vermarkten sind, wobei die schwer abwägbaren Kosten wie Umweltbelastung durch Schadstoffe in Luft, Boden

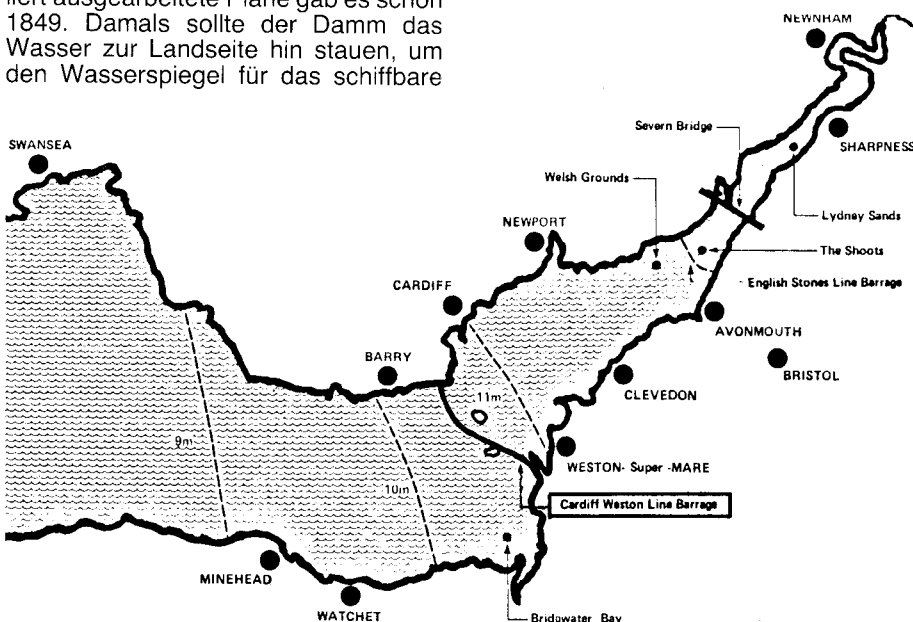
und Wasser oder, im Falle der Deponierung, der Wiederbeschaffungswert der Grundstücke, Sickerwassererfassung und -aufbereitung, Deponiegaserfassung etc. mit zu berücksichtigen sind. Ebenso sind Techniker gefragt, neue Verwendungsmöglichkeiten und Produkte aus Müll zu finden.

Kraftwerksprojekt „Severn Barrage“ Entsteht in Wales das zweite Gezeitenkraftwerk Europas?

Die Weltmeere sind als Lieferanten von Energie bisher kaum erschlossen. Dabei wäre es im Prinzip sehr einfach, das bei Flut zum Land hinströmende und bei Ebbe vom Land wegströmende Wasser zum Antrieb von Turbinen zu nutzen, um Strom zu erzeugen. Je höher der Tidenhub, d. h. der Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstand, desto größer die Ausbeute an elektrischer Energie. Schon Anfang unseres Jahrhunderts gab es eine Reihe von Plänen zur Energiegewinnung aus dem ständigen Wechsel der Gezeiten, deren technische Realisierung ist aber immer noch mit einer Menge ungelöster Probleme verbunden. In Süd-Wales ist ein geplantes Projekt schon sehr weit fortgeschritten, bei dem der Meeresarm vor Cardiff und Bristol durch einen Damm verschlossen und ein Gezeitenkraftwerk mit einer Leistung von 7200 Megawatt gebaut werden soll: „The Severn Barrage“ bzw. – wie es nach den beiden Städten an den Endpunkten auch benannt wird – „Cardiff-Weston-Barrage“.

Die Idee für einen solchen Gezeitenstaudamm vor Cardiff ist alt, erste detailliert ausgearbeitete Pläne gab es schon 1849. Damals sollte der Damm das Wasser zur Landseite hin stauen, um den Wasserspiegel für das schiffbare

Kanalnetz in Richtung Binnenland gleichmäßig hoch zu halten. Was 1849 ein Schiffsfahrtsproblem war, der Tidenhub von bis zu etwa 12 m, der bei Niedrigwasser die Kanäle trockenfallen ließ, soll nun zur Energiegewinnung dienen. 12 m, das ist etwa die Höhe eines vierstöckigen Hauses oder etwa viermal soviel wie der Tidenhub an dem bekannten deutschen Nordsee-Urlaubsort Büssum, der mit rund 3 m einen für deutsche Verhältnisse recht großen Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser aufweist. Ähnlich günstige Verhältnisse wie vor Cardiff gibt es für ein Gezeitenkraftwerk an etwa 100 Plätzen auf der Erde. Dennoch existiert in Europa erst ein funktionierendes Gezeitenkraftwerk, und auf der gesamten Erde arbeiten erst weniger als ein halbes Dutzend. Von diesen befinden sich die meisten in der Sowjetunion und in China, also in Ländern, aus denen wir meist nur sehr spärliche Informationen bekommen. Das bisher einzige europäische Gezeitenkraftwerk arbeitet seit fast 25 Jahren in der Nähe von St. Malo in Frankreich an der Mündung des Flusses La Rance und liefert eine Leistung von rund 240 MW; das ist weniger als ein Drittel der



Das Projekt „The Severn Barrage“ sieht vor, den Meeresarm, in den der Severn-Fluß mündet, durch einen Damm mit Gezeitenkraftwerk zu verschließen. Die dicke Linie südlich von Cardiff/Weston-Super-Mare kennzeichnet den geplanten Dammverlauf. Die gestrichelten Linien mit dem Meterangaben bezeichnen den mittleren Tidenhub.