

UBA-BE-002

BERICHTE

ENERGETISCHE NUTZUNG VON DEPONIEGAS

Energetische Nutzung von Deponiegas

**Andreas LEITGEB
Martin SCHAMANN**

UBA-BE-002

**Wien, Dezember 1991
(Ergänzungen bis 1992)**

**Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie**



INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Entstehung von Deponiegas	1
3	DEPONIEGASPOTENTIALE	3
3.1	Theoretisch mögliches Deponiegaspotential von Systemmüll	4
3.1.1	Theoretisches Gaspotential	4
3.1.2	Relevanter Zeitraum der Gasbildung	5
3.1.3	Relevante jährliche Abfallmasse	5
3.1.4	Heizwert und theoretisch mögliches Potential	5
3.1.5	Länderverteilung des theoretisch möglichen Energiepotentials	6
3.2	Theoretisch nutzbares Deponiegaspotential	6
3.3	Technisch nutzbares Potential	8
4	SZENARIEN	9
4.1	Referenzszenario	9
4.2	Einbeziehung von Kleinanlagen	13
4.3	Verwertungsmöglichkeit	13
5	IST-ZUSTAND	13
5.1	Derzeit existierende Anlagen (Stand 1992)	13
5.1.1	Deponiegasnutzung HALBENRAIN	13
5.1.2	Deponiegasnutzung KÖGLERWEG	14
5.1.3	Deponiegasprojekt RAUTENWEG	15
5.1.4	Deponiegasnutzung HÖRTENDORF	15
5.1.5	Deponiegasnutzung SIGGERWIESEN	15
5.1.6	Deponiegasnutzung MARKT HARTMANNSDORF ..	15
5.1.7	Versuchsdeponie Breitenau	16
5.2	Deponiegasprojekte und Pläne zur Deponiegasnutzung	16
5.2.1	Deponiegasprojekt LINZ-ASTEN	16
5.2.2	Deponiegasprojekt LAVANT	16
5.2.3	Deponiegasprojekt GROSSHÖFLEIN	17
5.2.4	Deponiegasprojekt NENZING und BALDRAMSDORF/SPITTAL	17
5.2.5	Deponiegasprojekte in Niederösterreich	17
5.3	Deponiegasnutzung in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer)	18
5.3.1	Entwicklung der Deponiegasnutzung in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) ..	18

6 BARRIEREN	19
6.1 Standort	19
6.2 Anfallende Gasmenge	19
6.2.1 Kleine Deponien	20
6.2.2 Anlagen mittlerer Größe	20
6.2.3 Großanlagen	20
6.3 Gaszusammensetzung	21
7 KOSTEN	22
7.1 Beispiele zur Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Anlagegrößen	23
7.1.1 Deponie CROGLIO/Schweiz (Kleinanlage) (GANDOLLA et al.)	23
7.1.2 Deponie BREINERMOOR, Niedersachsen (Anlage mittlerer Größe) (Beiheft "Müll und Abfall", 1987) ..	24
7.1.3 Blockheizkraftwerk BERLIN-WANNSEE (Großanlage) (Beiheft "Müll und Abfall", 1987)	24
8 ZIELSETZUNGEN – GESETZE, POLITIK, INFORMATIONSDIFIZIT	24
9 UMWELTASPEKTE VON DEPONIEGASEMISSIONEN	25
10 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN ..	26
10.1 Gasverwertung	26
10.1.1 Verbrennung mit Warmwasserproduktion	26
10.1.2 Verbrennung zur Erzeugung überhitzten Wassers .	26
10.1.3 Verbrennung zur Dampferzeugung	26
10.1.4 Verbrennung in Gasmotoren	26
10.1.5 Verbrennung in Gasturbinen	27
10.1.6 Einspeisung in ein Erdgasnetz	27
10.1.7 Methanolerzeugung	27
10.1.8 Kombinierte Verwertung	27
10.2 Standort und Versorgungsbereich	27
LITERATUR	28

ZUSAMMENFASSUNG

In Österreich fielen im Jahr 1990 ca. 2 Mio Tonnen Systemmüll an, ca. 1,4 Mio Tonnen davon wurden direkt deponiert. Durch biochemische Prozesse im Deponiekörper, die im wesentlichen unter Ausschluß von Sauerstoff ablaufen, werden die organischen Bestandteile der deponierten Abfälle abgebaut. Dabei entsteht ein Gas, das sich zum überwiegenden Teil aus Methan und Kohlendioxid zusammensetzt. Aufgrund seiner Eigenschaften ist die energetische Nutzung von Methangas von großem Interesse – nicht zuletzt deshalb, weil Methan ein hohes Treibhauspotential aufweist, und die energetische Nutzung eine Reduzierung dieses Anteils bewirkt.

Ausgehend von der gesamten in Österreich jährlich anfallenden Abfallmasse wird das theoretisch mögliche Energiepotential der bei den Abbauvorgängen entstehenden Deponiegase auf ca. 6.900 TJ/a geschätzt. Das theoretisch nutzbare Deponiegaspotential, das die energetische Nutzung des direkt deponierten Anteils des Abfallaufkommens berücksichtigt, beträgt ca. 4.600 TJ/a.

Unter der Annahme, daß die Wirtschaftlichkeit einer Nutzung bei Deponien bestenfalls erst bei einer jährlichen Beschickung von mindestens 10.000 Tonnen gegeben ist, die in der Deponie entstehenden Gase über einen Zeitraum von 25 Jahre gefaßt werden – in dieser Zeit wird etwa 75 % der Gesamtgasmenge produziert – und unter Annahme eines 50%igen Gaserfassungsgrades ergibt sich das Referenzszenario des technisch nutzbaren Deponiegaspotentials mit ca. 2.080 TJ/a. Dies wäre der zehnte Teil jener Endenergiemenge, die in Österreich 1990 für Beleuchtung und EDV verbraucht wurde. Diese Abschätzung bezieht sich auf die Abfallsituation in den frühen 90er Jahren. Bei einer Reduzierung des Müllvolumens würde sich längerfristig auch das nutzbare Energiepotential verringern.

Ob eine Anlage zur energetischen Nutzung der an einer Deponie gefaßten Gasmenge wirtschaftlich betrieben werden kann, hängt von der förderbaren Gasmenge, der Zusammensetzung des Rohgases und den Verwertungsmöglichkeiten der gewonnenen Gase ab. Es wird ein Überblick über jene Deponiestandorte gegeben, die aufgrund ihrer Größe, unabhängig von der Verwertungsmöglichkeit, für die energetische Nutzung der anfallenden Gasmenge vorrangig in Frage kommen.

Verwertungsmöglichkeiten der gewonnenen Deponiegase ergeben sich durch

- Verbrennung mit Warmwasserproduktion
- Verbrennung zur Erzeugung überhitzten Wassers
- Verbrennung zur Dampferzeugung
- Umwandlung in elektrische Energie
- Einspeisung in ein Erdgasnetz und
- Methanolerzeugung.

1992 waren dem Umweltbundesamt 7 Anlagen bekannt, die zur energetischen Verwertung anfallender Deponiegase betrieben wurden. In diesen Anlagen wurden ca. 16 % des technisch nutzbaren Potentials lt. Referenzszenario (Deponien mit mehr als 10.000 Tonnen Beschickung pro Jahr) verwertet. Etwa fünf weitere Anlagen standen 1992 in Planung. An drei ausländischen Beispielen wird die Wirtschaftlichkeit von Gasnutzungsanlagen demonstriert.

Ausgehend von den angestellten theoretischen Überlegungen und Erfahrungen von in Betrieb befindlichen Anlagen sollten – nicht zuletzt unter dem Aspekt der Reduzierung der Emissionen von Treibhausgasen – energetische Nutzungsmöglichkeiten von Deponiegas geprüft werden.

Energetic Use of Gas from Waste Disposal Sites – Summary

In 1990 about 2 million tonnes of municipal wastes were generated in Austria of which approximately 1.4 million tonnes were directly disposed of. The organic matter of these wastes is decomposed by means of biochemical processes generally going on under anaerobic conditions. The gas thus produced is mainly composed of methane and carbon dioxide. The energy use of methane is of special interest in particular as it belongs to the greenhouse gases. Using methane for energetic purposes would therefore reduce its contribution to global warming.

The theoretical energy potential of the gas recovered from waste disposal sites is estimated to be about 6,900 terajoules (TJ) per year; this figure is based on the total annual municipal waste arisings in Austria. The theoretically usable energy potential amounts to approximately 4,600 TJ per year; for this calculation the waste mass directly disposed of was used.

In contrast, the technically useable energy potential lies at about 2,080 TJ per year. This result is founded on the assumption of

- an annual waste disposal of at least 10,000 tonnes,
- a recovery period of 25 years in the least – in this period of time about 75% of the total amount of gas is produced,
- and an overall gas recovery of not less than 50%.

In general, the economic efficiency of a waste gas recovery plant depends on the amount of gas recovered, the composition of the raw gas and the possibilities to use the recovered gas. This paper provides a list of all disposal sites that – regardless of the possibilities of further gas use – are particularly suitable for energy use of waste gas in terms of size.

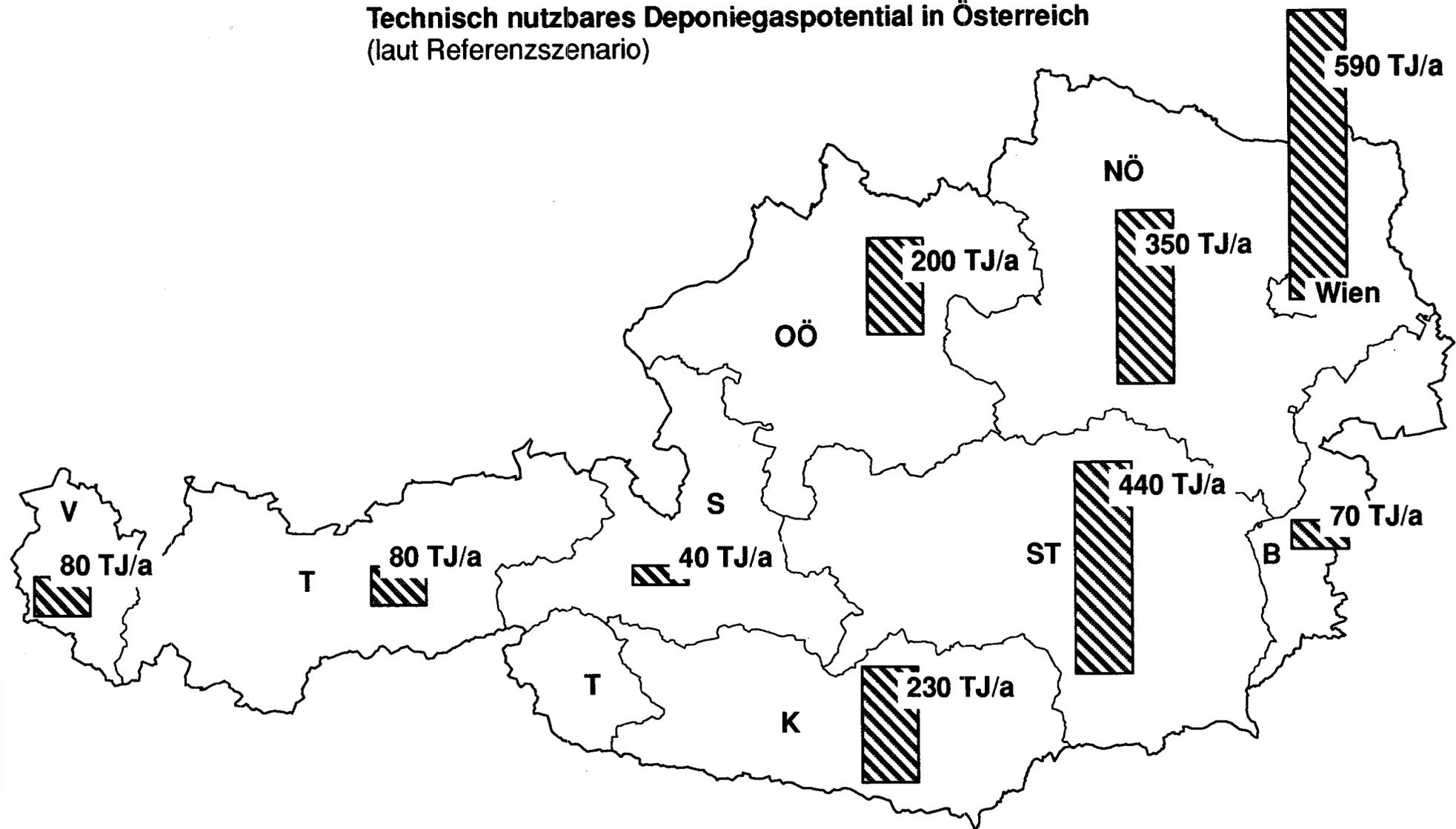
The gas recovered may be

- burned to produce hot water
- burned to produce superheated water
- burned to produce vapour
- converted into electrical energy
- fed into natural gas networks
- used to produce methanol.

In 1992 seven plants for energy use of gas recovered from disposal sites were known to be in operation in Austria. These plants produced about 16% of the technically useable energy. Approximately five further plants were being planned. Three examples of such installations run abroad serve to demonstrate their economic efficiency.

In future, all theoretical considerations made so far and the experience gained from the plants in operation should be used especially under the aspect of a further reduction of the emission of greenhouse gases to develop new and efficient techniques for energy use of gas recovered from waste disposal sites.

Technisch nutzbares Deponiegaspotential in Österreich (laut Referenzszenario)



Auswertung & Graphik: Umweltbundesamt



1 EINLEITUNG

Die Deponierung stellt in Österreich die am weitesten verbreitete Methode der Abfallentsorgung dar. Auch wenn Maßnahmen zur Verringerung des Abfallaufkommens bzw. der Abfalltrennung und des Recyclings greifen, wird die Deponierung weiterhin eine wichtige Komponente der Entsorgung darstellen.

Bei den in früheren Jahren mehr oder minder ungeordnet betriebenen kleineren Deponien erfolgte in der Regel keine Verdichtung der Ablagerungen, sodaß die Abbauprozesse weitgehend unter Luftzutritt stattfanden. Die nunmehr angewendete Methode der Verdichtung der abgelagerten Abfälle bewirkt den größtenteils anaeroben Abbau der organischen Substanzen, was die Produktion sogenannter Deponiegase – zum überwiegenden Teil Methan und Kohlendioxid – bewirkt.

Ob Geruchsbelästigungen, Vegetationsschäden oder Explosionsgefahr bei der Anreicherung in geschlossenen Räumen, die Erfahrungen mit Deponiegas waren zumeist unangenehm. Erst im Zuge von Überlegungen zur energetischen Nutzung wurden dem Auftreten der Deponiegase auch positive Aspekte beigemessen.

Ausgehend vom Systemmüllanfall im Jahr 1990 wird in der vorliegenden Studie eine Abschätzung des

- theoretisch möglichen
- theoretisch nutzbaren und
- technisch nutzbaren

Deponiegaspotentials im Hinblick auf eine energetische Nutzung gegeben.

Wie anhand von ausländischen und österreichischen Anlagen gezeigt wird, kann die energetische Nutzung von Deponiegas durchaus wirtschaftlich erfolgen.

Die dem Bericht zugrundeliegenden Annahmen und Daten zur Abfallwirtschaft beziehen sich auf die Situation der frühen 90er Jahre. Auswirkungen der im Oktober 1993 in Kraft getretenen Verpackungsverordnung und weiterer Maßnahmen zur Abfalltrennung wurden aufgrund noch nicht vorliegender Daten nicht berücksichtigt.

2 ENTSTEHUNG VON DEPONIEGAS

Deponiegas entsteht durch biochemische Prozesse im Deponiekörper, wobei die organischen Bestandteile des Mülls unter anaeroben Bedingungen umgewandelt und abgebaut werden.

Die Bildung von Deponiegas wird durch eine starke Verdichtung der Ablagerungen bei deren Einbau und Einbringung einer Oberflächenabdeckung mit bindigem Material nach Beendigung der Deponietätigkeit begünstigt. Durch die praktizierte Einbautechnik wird die Sauerstoffzufuhr nach der Einbauphase weitgehend unterbunden.

Die wichtigsten Komponenten des Deponiegases sind Methan und Kohlendioxid, die im Verhältnis von ca. 0,55 : 0,45 auftreten. Die Konzentration von Methan und Kohlendioxid liegt bei reinem Deponiegas bei ca. 95 – 99 %. Neben den beiden Hauptkomponenten entsteht eine große Zahl weiterer Komponenten. In Kap. 6.3 (Tab. 5) wird eine

Übersicht über die Bestandteile des Deponiegases und deren Konzentrationsbereiche gegeben.

Bei der Bildung von Deponiegas durch anaerobe Abbauprozesse unterscheidet man in der Regel vier Phasen (siehe Abbildung 1):

- Phase I: Oxidation
- Phase II: saure Gärung
- Phase III: instabile Methanphase
- Phase IV: stabile Methanphase

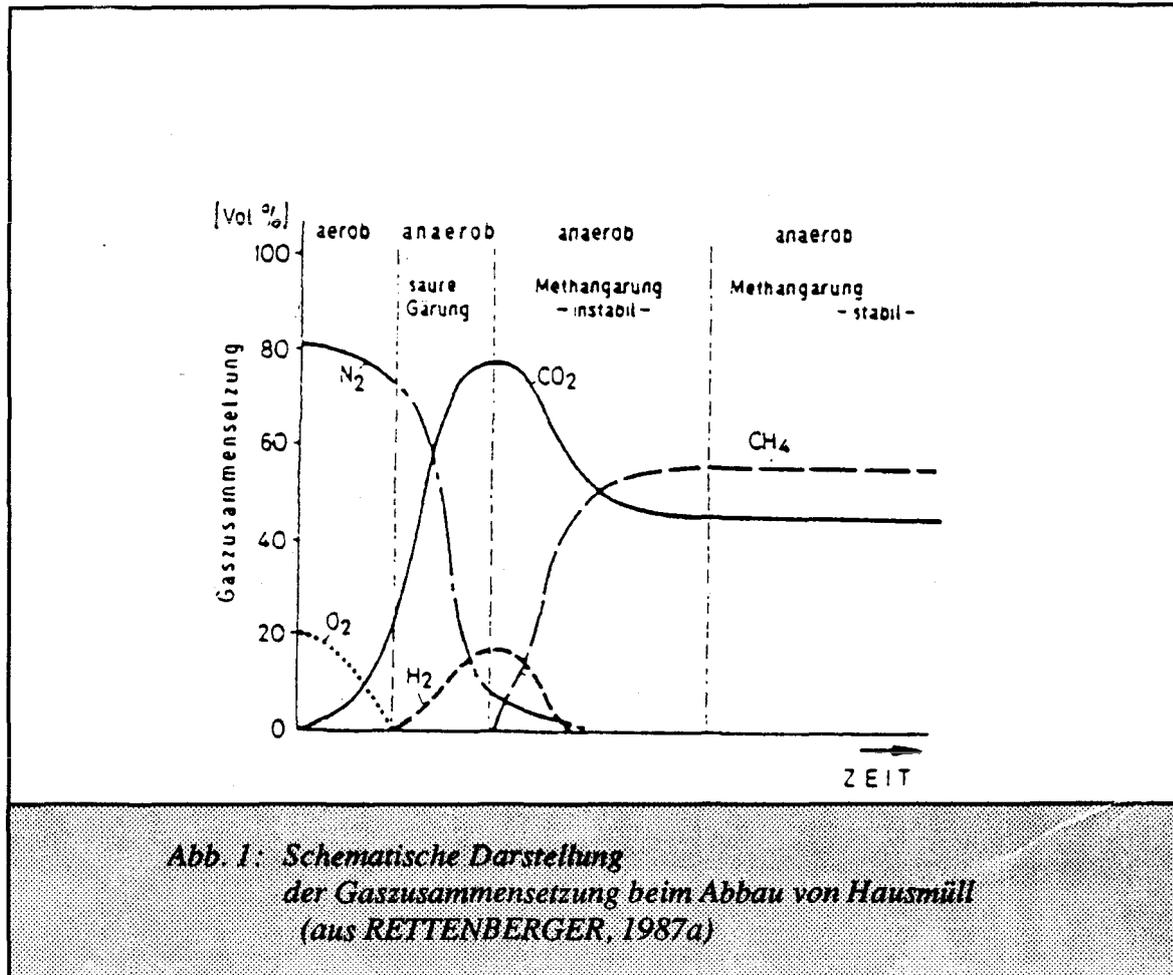


Abb. 1: Schematische Darstellung der Gaszusammensetzung beim Abbau von Hausmüll (aus RETTENBERGER, 1987a)

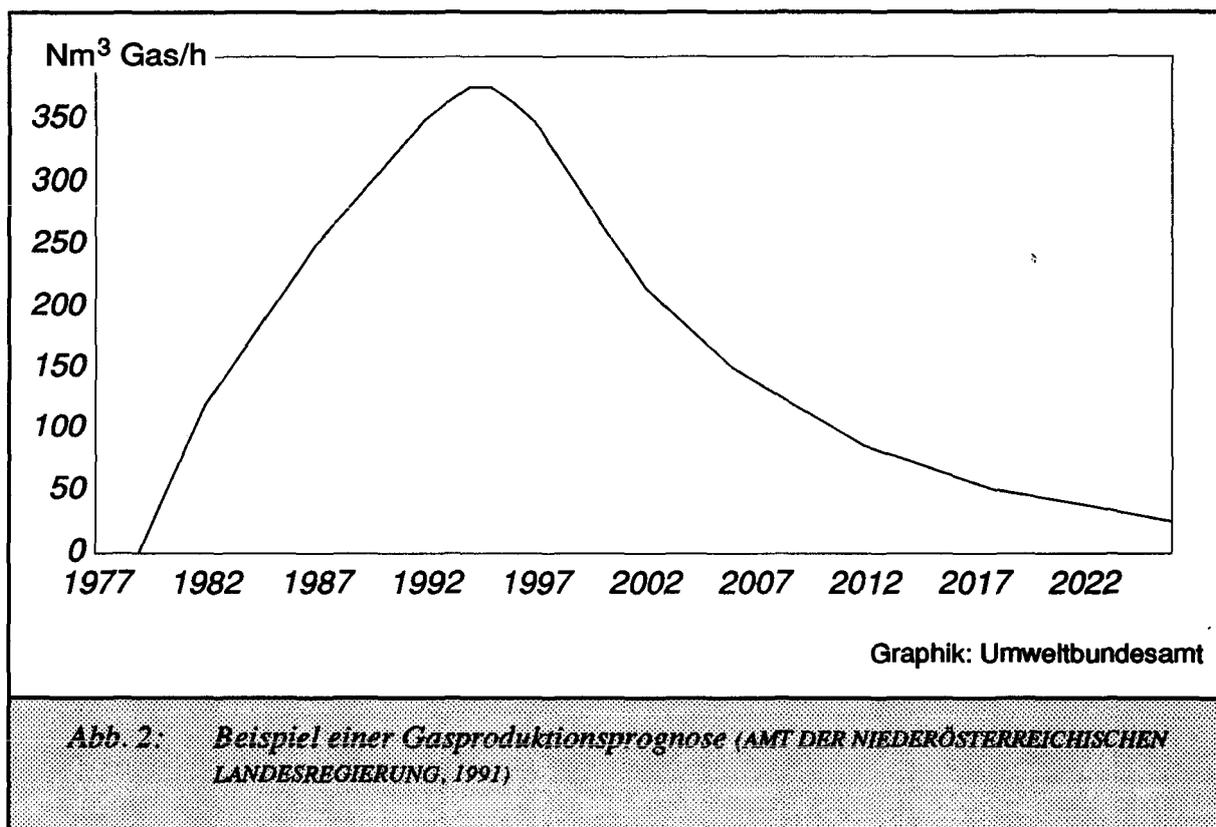
Phase I: Bei der vollständigen Oxidation, die einige Wochen bis mehrere Monate dauert, werden im wesentlichen Wasser und Kohlendioxid erzeugt, Energie wird in Form von Wärme freigesetzt. Mit abnehmendem Sauerstoffgehalt kommt es dann zum anaeroben Abbau.

Phase II: Hier werden die Müllinhaltsstoffe durch anaerobe Bakterien zu Fettsäuren, Alkohol, Kohlendioxid und Wasserstoff abgebaut; durch die CO₂-Entwicklung wird der Stickstoff aus dem Müllkörper verdrängt. Aufgrund der Anreicherung der organischen Fettsäuren wird diese Stufe "saure Gärung" genannt. Der Prozeß dauert mehrere Monate und ist durch eine Veränderung des pH-Wertes gekennzeichnet.

Phase III, IV: Die Zwischenprodukte der Phase II werden mit Hilfe von Methanbakterien in CH₄, CO₂ und Wasser umgewandelt. Der Prozeß beginnt zögernd und kann nach

Stabilisierung viele Jahrzehnte anhalten. In der Zeit der stabilen Methanphase können bei abgedeckten Deponien Temperaturen bis 50 °C auftreten. In der Regel liegt die Temperatur bei Hausmülldeponien (ohne Klärschlamm) über Jahrzehnte hinweg bei ca. 7 – 30 °C (TABASARAN, 1982).

Bei RETTENBERGER (1987a) ist die Gasproduktion fast unabhängig von der Außentemperatur. Die produzierte Gasmenge ist überwiegend von der Art des Abfalls, dessen Masse und dem Milieu im Deponiekörper (Feuchtigkeit, Temperatur, toxische Bestandteile) abhängig. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel einer Gasproduktionsprognose.



Während der Betriebsphase der Deponie (1979–1996) ergibt sich eine ansteigende Kurve, nach Beendigung der Deponietätigkeit ist eine relativ rasche Abnahme der Gasproduktion erkennbar.

Für die energetische Nutzung der anfallenden Gase ist der Methangehalt von Bedeutung. Methan ist ungiftig, farblos, energiereich und leichter als Luft. Bei Konzentrationen zwischen 5 % und 15 % Methan in atmosphärischer Luft bilden sich explosive Gasgemische. Der Heizwert von einem Kubikmeter reinem Methan beträgt ca. 36 MJ, das entspricht etwa dem Heizwert von einem Liter Heizöl. Aufgrund des hohen Treibhauspotentials von Methangas ist die Vermeidung von Methangasemissionen bzw. die energetische Nutzung von Methangas als vordringliche Umweltschutzmaßnahme anzusehen.

3 DEPONIEGASPOTENTIALE

Zur Abschätzung des energetisch nutzbaren Deponiegaspotentials wird unter folgenden Begriffen unterschieden:

- theoretisch mögliches Potential
- theoretisch nutzbares Potential
- technisch nutzbares Potential

3.1 Theoretisch mögliches Deponiegaspotential von Systemmüll

Annahme:

Der gesamte von kommunalen und privaten Entsorgungseinrichtungen übernommene Systemmüll gelangt auf Deponien. Das bei den anaeroben Abbauvorgängen entstehende Deponiegas kann zur Gänze erfaßt werden.

Von dieser Annahme ausgenommen sind Klärschlamm und organische Industrie- und Gewerbeabfälle.

Im Jahr 1990 wurden in Österreich 2,06 Mio Tonnen Systemmüll von öffentlichen Entsorgungseinrichtungen übernommen. Unter Systemmüll wird Müll aus Haushalten bzw. hausmüllähnlicher Abfall aus Gewerbe und Industrie verstanden, der von den Gemeinden oder im Auftrag der Gemeinden entsorgt wird. Nicht beinhaltet sind Abfälle der Problemstoffsammlung, der Sammlung biogener Abfälle und Altstoffe. Diese Müllmasse wird sich in Zukunft vermutlich nicht mehr erhöhen, da mögliche Zuwächse im spezifischen Hausmüllaufkommen jedenfalls durch Maßnahmen zur Müllvermeidung und -trennung ausgeglichen werden.

Durch die Realisierung von Plänen zur Kompostierung der organischen Hausmüllfraktion werden die Berechnungen um das Maß des Kompostierungsanteiles der organischen Müllfraktion herabgesetzt. Gesicherte Angaben dazu lassen sich derzeit noch nicht machen.

Somit wird zur Abschätzung des theoretischen Deponiegaspotentials von **jährlich 2,06 Mio Tonnen Systemmüll** ausgegangen. Die Zahl bezieht sich auf das Jahr 1990 und basiert auf Angaben der Ämter der Landesregierungen. Das sind im Schnitt 264 kg Systemmüll pro Einwohner und Jahr (zum Vergleich: 1989 waren es 2,10 Mio Tonnen).

3.1.1 Theoretisches Gaspotential

Nach TABASARAN (1982) kann die über einen langen Zeitraum (70 Jahre und mehr) gebildete Gasmenge in Abhängigkeit von der Temperatur im Deponiekörper und dem organischen Kohlenstoffgehalt der Abfälle nach folgender Formel abgeschätzt werden:

$$G = 1,868 \times C_{\text{org}} \times (0,014 \times T + 0,28)$$

G produzierte Gesamtgasmenge pro Tonne Abfall [m³/t]

C_{org} ... Anteil des organischen Kohlenstoffgehaltes in einer Tonne Abfall [kg]

T Temperatur im Deponiekörper [°C]

Die folgenden Berechnungen gehen von den Verhältnissen der frühen 90er Jahre aus, als eine Tonne kommunaler Abfälle ca. 200 kg organischen Kohlenstoff enthielt. Bei einer angenommenen mittleren Temperatur von rund 18 °C ergibt dies eine Gasmenge von insgesamt rund 200 m³ pro Tonne Abfall.

3.1.2 Relevanter Zeitraum der Gasbildung

Die Methangasproduktion setzt oft erst einige Monate nach der Ablagerung der Abfälle ein und kann über 70 Jahre andauern. Nach TABASARAN kann von einem 25 bis 30jährigen stabilen Gleichgewichtszustand ausgegangen werden, in dem rund 75 % der Gesamtgasmenge produziert wird.

Alle in diesem Zusammenhang gemachten Angaben differieren stark (in der Literatur um einige 100 %) und sind auch in der Praxis unterschiedlich, da sie von Faktoren wie Feuchtigkeitsgehalt und Einbautechnik abhängig sind.

In einem relativ kurzen Zeitraum nach dem Einbau der Abfälle erreicht die Gasproduktion ein Maximum und fällt dann (mit exponentiellem Verlauf) wieder ab. Ausgehend von der spezifischen Gasproduktion des ersten Jahres wird für die folgenden Jahre mit einer jährlichen Verminderung um 7 % gerechnet. Für die unter 3.1.1 angenommenen Verhältnisse liegt die spezifische Gasproduktion im ersten Jahr bei 12,3 m³/t, im zehnten Jahr bei 6,7 m³/t und im zwanzigsten Jahr bei 3,4 m³/t Abfall.

3.1.3 Relevante jährliche Abfallmasse

Die jährliche Gasproduktion einer Deponie kann nach obigen Angaben über die jährlich eingebauten organischen Abfallmassen berechnet werden. Der Ermittlung des theoretischen Gaspotentials eines "Jahres" wird folgende vereinfachende Annahme zugrunde gelegt:

Die jährlich deponierte Abfallmasse bleibt auf kontinuierlich beschickten Deponien konstant. In weiterer Folge wird daher angenommen, daß auch die Gasproduktion pro Jahr langfristig einen konstanten Wert beträgt.

Durch diese Annahme kann, unter Voraussetzung der jährlichen Deponierung von 2,06 Mio Tonnen Systemmüll (Bezugsjahr 1990), folgendes Deponiegaspotential zugrunde gelegt werden:

$$2,06 \text{ Mio t/a} \times 200 \text{ m}^3/\text{t} = 412 \text{ Mio m}^3/\text{a}$$

2,06 Mio t/a jährlich deponierte Systemmüllmasse
 200 m³/t pro Tonne Abfall produzierte Gesamtgasmenge (s. 3.1.1)
 412 Mio m³/a . . . pro Jahr produzierte Gesamtgasmenge

3.1.4 Heizwert und theoretisch mögliches Potential

Die Gaszusammensetzung und daraus folgend die energetische Qualität des Deponiegases wird von verschiedensten Faktoren bestimmt. Für die energetische Nutzung ist der Anteil an Methangas entscheidend.

Bei Hausmülldeponien liegt der Methangehalt des produzierten Gasgemisches in der Regel zwischen 50 und 60 %. Der Heizwert von reinem Methan beträgt 35,9 MJ/m³ (10 kWh/m³). Aus Erfahrungswerten von in Betrieb befindlichen Anlagen wird für die weiteren Berechnungen der Heizwert für das anfallende Deponiegas mit 16,8 MJ/m³ angenommen – das entspricht einem Methangehalt von max. 50 %.

Somit ergibt sich bei einer theoretischen jährlichen Gasmenge von 412 Mio m³ ein **theoretisch mögliches Potential** von 6,9 Petajoule pro Jahr:

$$412 \text{ Mio m}^3/\text{a} \times 16,8 \text{ MJ/m}^3 = 6.921 \text{ TJ/a}$$

412 Mio m³/a .. jährlich theoretisch produzierte Gesamtgasmenge
 16,8 MJ/m³ Heizwert von einem Kubikmeter Deponiegas
 6.921 TJ/a pro Jahr verfügbares, theoretisches Energiepotential

3.1.5 Länderverteilung des theoretisch möglichen Energiepotentials

Ausgehend von Angaben der Ämter der Landesregierungen und einer Überarbeitung durch das Umweltbundesamt über das Abfallaufkommen gibt Tab. 1 Auskunft über die Aufteilung des theoretisch möglichen Energiepotentials auf die einzelnen Bundesländer.

<i>Tab. 1: Länderverteilung des theoretisch möglichen Energiepotentials aus Deponiegas, bezogen auf das Jahr 1990 (ÄMTER DER LANDESREGIERUNGEN; UBA)</i>				
Bundesland	Einwohner *)	Systemmüll [kg/EW/a]	theoretisch mögliches Potential [TJ/a]	[%]
Burgenland	273.541	250	230	3,3
Kärnten	552.421	339	628	9,1
Niederösterreich	1.480.927	254	1.264	18,3
Oberösterreich	1.340.076	201	907	13,1
Salzburg	483.880	290	471	6,8
Steiermark	1.184.593	209	830	12,0
Tirol	630.358	270	571	8,2
Vorarlberg	333.128	160	179	2,6
Wien	1.533.176	357	1.841	26,6
ÖSTERREICH	7.812.100	264	6.921	100,0

*) VOLKSZÄHLUNG 1991; Schnellbericht – Personenblätter

3.2 Theoretisch nutzbares Deponiegaspotential

Annahme:

Der Abschätzung des theoretisch nutzbaren Potentials wird nur der Anteil des direkt deponierten Systemmülls zugrunde gelegt. Die relevante Abfallmasse ergibt sich aus der Gesamtabfallmasse, reduziert um die Anteile des thermisch bzw. biotechnisch behandelten Abfalls.

Die verwendeten bzw. errechneten Werte basieren auf dem Stand der Abfallwirtschaft von 1990.

Im Jahr 1990 wurde Systemmüll mit einer Masse von ca. 1,4 Mio Tonnen direkt deponiert. Rund 380.000 Tonnen wurden biotechnisch und rund 312.000 Tonnen thermisch behandelt. Somit wurden ca. 66 % der Abfälle direkt deponiert.

Unter den Annahmen von 3.1 beträgt das theoretisch nutzbare Deponiegaspotential daher ca. 66 % des theoretisch möglichen Deponiegaspotentials.

$$1,368 \text{ Mio t/a} \times 200 \text{ m}^3/\text{t} \times 16,8 \text{ MJ/m}^3 = 4.596 \text{ TJ/a}$$

1,368 Mio t/a ... pro Jahr direkt deponierte Abfallmasse
 200 m³/t ... pro Tonne Abfall produzierte Gesamtgasmenge
 16,8 MJ/m³ ... Heizwert von einem Kubikmeter Deponiegas
 4.596 TJ/a ... pro Jahr theoretisch nutzbares Deponiegaspotential

Tab. 2 zeigt das theoretisch nutzbare Energiepotential aus Deponiegas für das Bezugsjahr 1990, getrennt nach Bundesländern:

<i>Tab. 2: Theoretisch nutzbares Energiepotential von Deponiegas aus Hausmülldeponien (Bezugsjahr 1990)</i>					
<i>Bundesland</i>	<i>Systemmüll</i> [t/a]	<i>Entsorgung direkt auf Deponie</i>		<i>theoretisch nutzbares Potential</i>	
		[t/a]	[%]	[TJ/a]	[%]
<i>Burgenland</i>	68.300	25.400	37,2	85	1,8
<i>Kärnten</i>	187.000	187.000	100,0	628	13,7
<i>Niederösterreich</i>	376.100	340.000	90,5	1.143	24,9
<i>Oberösterreich</i>	270.000	181.900	67,4	611	13,3
<i>Salzburg</i>	140.300	29.000	20,7	98	2,1
<i>Steiermark</i>	247.000	203.900	82,6	685	14,9
<i>Tirol</i>	170.000	100.100	58,9	336	7,3
<i>Vorarlberg</i>	53.300	53.300	100,0	179	3,9
<i>Wien</i>	547.900	247.300	45,1	831	18,1
ÖSTERREICH	2,059 900	1,367 900	66,4	4.596	100,0

Ein beträchtlicher Teil des für die biotechnische Behandlung bestimmten Abfalls gelangt aus unterschiedlichen Gründen nach der Behandlung ebenfalls auf Deponien (meist Reststoffdeponien); einerseits wird in Wartungs- und Umbauzeiten der angelieferte Hausmüll direkt deponiert, andererseits kann durch die angewandte Behandlungstechnik oder aufgrund der Müllzusammensetzung die gewünschte Kompostqualität nicht erreicht werden bzw. ist der erzeugte Kompost wegen seines Schadstoffgehaltes (Schwermetalle) nicht verwertbar.

Es zeigt sich, daß Reststoffdeponien von Rotte- und Kompostierungsanlagen mitunter eine nicht unbeträchtliche Gasentwicklung aufweisen können. Dies ist oft auch darauf zurückzuführen, daß an solchen Standorten früher reiner Hausmüll abgelagert worden ist. Auch im oben erwähnten Fall (Wartungs- und Umbauzeiten) gelangt mehr oder weniger frischer Hausmüll auf derartige Deponien. Abgesehen von der Gasbildung aus Hausmüllablagerungen der Vorjahre fällt somit durch die oben genannten Umstände auch auf Reststoffdeponien Deponiegas an.

Da der Anfall dieser Gasmengen starken Schwankungen unterliegt und nur schwer abschätzbar ist, wird dieses Potential, mit Ausnahme geplanter bzw. in Betrieb befindlicher Deponiegasnutzungsanlagen an Reststoffdeponien (siehe Kap. 5.1), für die Berechnung nicht berücksichtigt.

3.3 Technisch nutzbares Potential

Annahme:

50 % des auf einer Deponie anfallenden Deponiegases können erfaßt werden. Der für die Gasbildung relevante Zeitraum wird mit 25 Jahren begrenzt.

Bei in Betrieb befindlichen, im Falle einer Gasnutzung mit entsprechenden technischen Einrichtungen versehenen Deponien (Gaserfassungssystem, Abdeckung usw.), wird mit einem Gaserfassungsgrad von ca. 50 % gerechnet.

Weiters wird der Berechnung die Begrenzung des Gasbildungszeitraumes auf 25 Jahre zugrunde gelegt. In diesem Zeitraum werden ca. 75 % der Gesamtgasmenge produziert. Das technisch nutzbare Potential beträgt mit dieser Annahme somit 37,5 % des theoretisch nutzbaren Potentials. Das technisch nutzbare Potential errechnet sich demnach nach der Formel:

$$\text{theoretisch nutzbares Potential} \times 0,5 \times 0,75 = \text{technisch nutzbares Potential}$$

$$4.596 \text{ TJ/a} \times 0,5 \times 0,75 = 1.724 \text{ TJ/a}$$

4.596 TJ/a ... theoretisch nutzbares Potential

0,5 Faktor für Gaserfassungsgrad von 50 %

0,75 Faktor für Gasbildungsdauer von 25 Jahren,
in denen 75 % der Gasmenge anfällt

Tabelle 3 zeigt die Aufteilung des nunmehr errechneten theoretisch möglichen, theoretisch nutzbaren und technisch nutzbaren Potentials, bezogen auf die einzelnen Bundesländer (Bezugsjahr 1990):

Tab. 3: Gegenüberstellung der einzelnen Energiepotentiale (von Deponiegas) nach Bundesländern (Bezugsjahr 1990)

Bundesland	theoretisch mögliches Potential		theoretisch nutzbares Potential		technisch nutzbares Potential
	[TJ]	[%]	[TJ]	[%]	[TJ]
Burgenland	230	3,3	85	1,8	32
Kärnten	628	9,1	628	13,7	236
Niederösterreich	1.264	18,3	1.143	24,9	429
Oberösterreich	907	13,1	611	13,3	229
Salzburg	471	6,8	98	2,1	37
Steiermark	830	12,0	685	14,9	257
Tirol	571	8,2	336	7,3	126
Vorarlberg	179	2,6	179	3,9	67
Wien	1.841	26,6	831	18,1	311
ÖSTERREICH	6.921	100,0	4.596	100,0	1.724

4 SZENARIEN

4.1 Referenzszenario

Tabelle 4 gibt die 1992 in Betrieb befindlichen Mülldeponien mit einer Beschickung von mehr als 10.000 Tonnen pro Jahr an. Die Massen basieren auf Angaben der Ämter der Landesregierungen bzw. der Müllverbände. Soweit bekannt war, daß es in naher Zukunft zu Änderungen der deponierten Abfallmassen durch Mülltrennungsmaßnahmen kommt, wurden diese berücksichtigt.

Die Massenangaben beinhalten zum Teil auch jene mehr oder minder großen Anteile an Abfällen, die nicht dem Systemmüll zuzuordnen sind (Bauschutt, Aushub etc.). Zur Berechnung der erwarteten Gasmengen ist dieses Faktum jedoch zu berücksichtigen. Da genaue Angaben zu den jeweiligen Deponien meist nicht anzugeben sind, wird angenommen, daß 30 % des abgelagerten Abfalls nicht dem Systemmüll zuzurechnen sind. In Übereinstimmung mit den Angaben zum Systemmüllaufkommen (siehe Tab. 2) ergibt sich, daß auf den Deponien mit einer Beschickung von mehr als 10.000 Tonnen pro Jahr ca. 85 % des Systemmülls deponiert werden. (Für die Bundesländer Steiermark und Niederösterreich liegen die entsprechenden Daten vor. Demzufolge werden auf den in Tabelle 5 enthaltenen steirischen Deponien ca. 95 % und auf den niederösterreichischen Deponien ca. 80 % des anfallenden Systemmülls abgelagert.)

**Tab. 4: In Betrieb befindliche Mülldeponien mit mehr als 10.000 t/a Beschickung*
(ÄMTER DER LANDESREGIERUNGEN, MÜLLVERBÄNDE, UBA, Stand 1992)**

Bundes- land	Deponiestandort/ Bundesland	Beschickung [t/a]	Betriebszeitraum (ca.)
St	Halbenrain	208.300	1980–1995
W	Rautenweg	145.000 ¹⁾	
OÖ	Asten	120.000	1964–2030
St	Frohnleiten	112.900	
K	Hörtendorf	75.000	1973–2000
K	Villach	75.000	ab 1983
K	Baldramsdorf	67.900	1980–2030
NÖ	St. Pölten	66.000 ³⁾	1972–2002
T	Ahrntal	65.000	
B	Burgenland Nord	62.000	bis 2040
V	Lustenau	56.000	ab 1972
NÖ	Fischamend	50.000 ³⁾	1984–1998
NÖ	Purgstall	37.000 ³⁾	1975–1995
V	Nenzing	35.000	
NÖ	Tulln	34.800 ³⁾	1984–2000
NÖ	Hollabrunn	30.700 ³⁾	1984–2008
K	Höhenbergen/Völkerm.	30.000	1988–2050
OÖ	Attnang–Puchheim	27.800	
NÖ	Krems	27.400 ³⁾	1975–2003
OÖ	Ort	27.000	
OÖ	Feldkirchen	26.300	
St	Köflach–Rosental	26.000	
NÖ	St. Valentin	22.500 ³⁾	1977–1028
T	Lavant	20.000	1979–2030
NÖ	Wr. Neustadt	20.000 ³⁾	1983–1993
NÖ	Amstetten	19.600 ³⁾	1980–1992
NÖ	Hohenruppersdorf	19.500 ³⁾	1991–2031
NÖ	Waidhofen a. d. Th.	19.100 ³⁾	1982–1992
B	Burgenland Mitte	17.000	bis 2020
K	Lavamünd	16.000	1981–2000
NÖ	Ameis	15.900 ³⁾	1979–1996
St	Oed/Hartmannsdorf	14.300	
St	Weiz	14.000	
NÖ	Korneuburg	12.750 ³⁾	1970–1999
St	Leoben	12.600	
NÖ	Stockerau	12.400 ³⁾	1973–1998
NÖ	Mannersdorf	11.800 ³⁾	1976–1999
OÖ	Wels	11.400	
OÖ	Steyr	11.300	
St	Ritzersdorf II	10.000	
GESAMT		1,685.250	
S	Siggerwiesen ²⁾	geförderte Gasmenge: 270 m ³ /h ⁴⁾	
¹⁾ Hausmüll		³⁾ Quelle: Amt der Niederösterr. Landesregierung (1991)	
²⁾ Reststoffdeponie		⁴⁾ Angabe lt. Deponiebetreiber	
*) die Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit			

Inklusive des Altbestandes Rautenweg (Gesamthausmülläquivalent Rautenweg ca. 0.47 Mio t/a), der förderbaren Gasmenge der aufgelassenen Deponie Graz/Köglerweg (600 m³/h, Hausmülläquivalent von rund 70.000 t/a) und der Reststoffdeponie Siggerwiesen errechnet sich für die 43 Standorte folgendes **Referenzszenario des technisch nutzbaren Deponiegaspotentials**:

- betriebene Deponien (ohne Rautenweg)
1,54 Mio t/a x 0,7 x 200 m³/t x 0,375 x 16,8 MJ/m³ = rd. 1.360 TJ/a
- Rautenweg
0,47 Mio t/a x 200 m³/t x 0,375 x 16,8 MJ/m³ = rd. 590 TJ/a
- aufgelassene Deponie Köglerweg
0.07 Mio t/a x 200 m³/t x 0.375 x 16.8 MJ/m³ = rd. 90 TJ/a
- Reststoffdeponie Siggerwiesen
2,37 Mio m³/a x 16,8 MJ/m³ = 40 TJ/a

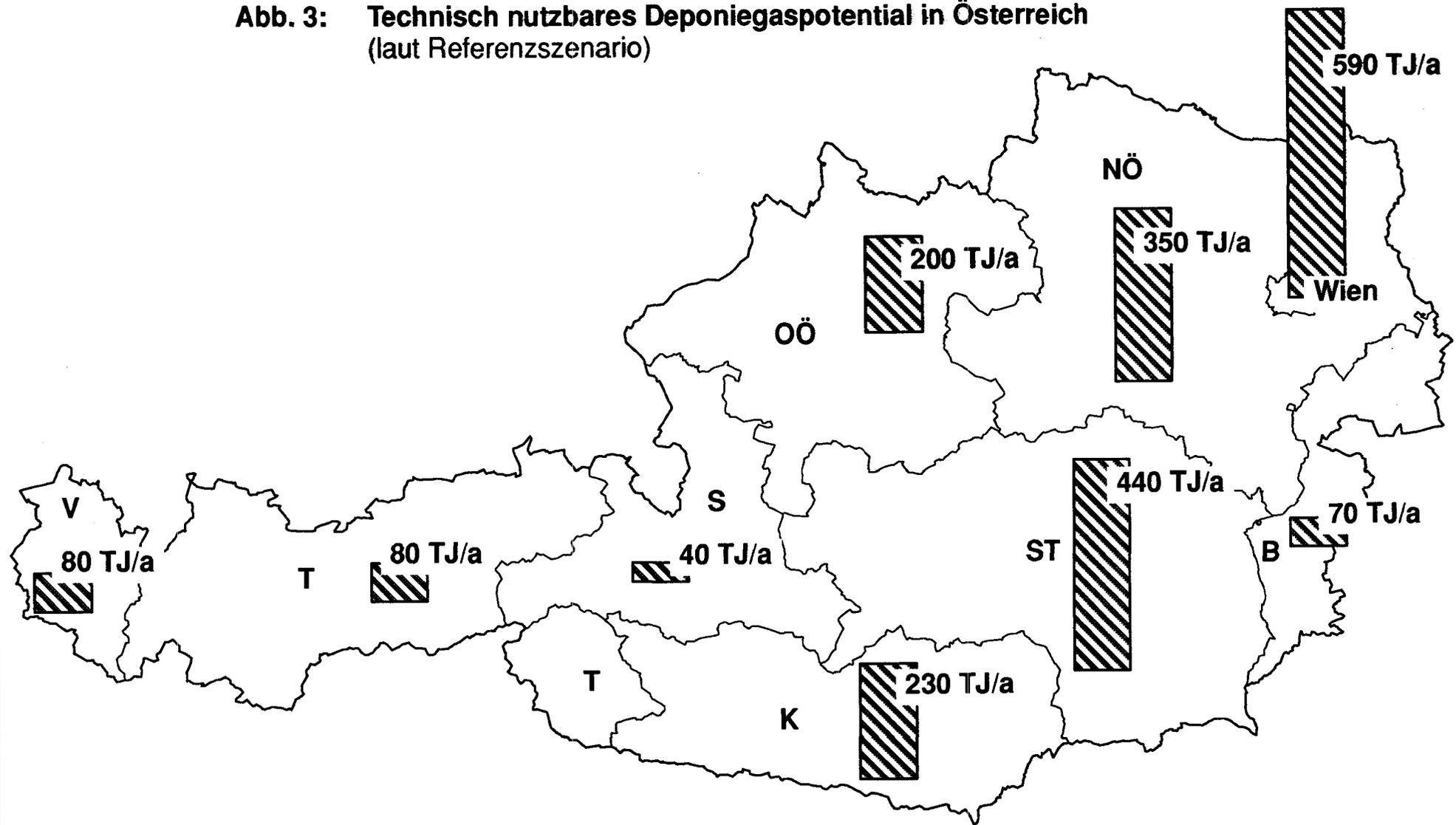
1.54 Mio t/a	Abfallmasse, die jährlich auf Deponien mit einer Beschickung von mehr als 10000 Tonnen abgelagert werden
0.47 Mio t/a	Hausmülläquivalent Rautenweg
0.07 Mio t/a	Hausmülläquivalent Deponie Köglerweg
2.37 Mio m ³ /a	jährlich gefaßte Gasmenge Siggerwiesen
0.7	Faktor zur Berücksichtigung des Anteils an Nicht-Systemmüll
200 m ³ /t	Gesamtmenge des pro Tonne anfallenden Deponiegases
0.375	0.5 x 0.75: Faktoren für Gaserfassungsgrad von 50 % bzw. Gasbildungsdauer von 25 Jahren, in denen 75 % der Gasmenge produziert wird
16.8 MJ/m ³	Heizwert von einem m ³ Deponiegas

Gesamt: (1.360 + 590 + 90 + 40) TJ/a = 2.080 TJ/a

Das Referenzszenario des technisch nutzbaren Deponiegaspotentials Österreichs beträgt demnach rund 0,2 % des derzeitigen Gesamtenergieverbrauchs.

In nachfolgender Abbildung 3 sind die Ergebnisse obiger Referenzszenarienberechnung für das technisch nutzbare Deponiegaspotential unter Berücksichtigung der Auflistung von Tabelle 4 dargestellt:

Abb. 3: Technisch nutzbares Deponiegaspotential in Österreich
(laut Referenzszenario)



Auswertung & Graphik: Umweltbundesamt

4.2 Einbeziehung von Kleinanlagen

Neben den in Tabelle 4 angeführten Deponiestandorten mit einer Beschickung von mehr als 10.000 Tonnen Abfall pro Jahr können im Einzelfall auch kleinere Deponien für Zwecke der Energiegewinnung in Frage kommen. Die Entscheidung hängt von Volumen und Alter der Ablagerungen sowie der Nutzungsmöglichkeit und der Qualität des Gases ab.

Die einzelnen Faktoren sind für jeden Standort zu prüfen. Aufgrund mangelnder Erfahrungswerte und um keinen zu optimistischen Wert des Deponiegaspotentials anzunehmen, wird von der Einbeziehung derartige Standorte für die vorliegende Abschätzung abgesehen.

Wie das Beispiel der Deponie CROGLIO/Schweiz zeigt (siehe 7.1.1), kann Deponiegas auch auf Standorten mit einer Förderung von unter 100 m³/h wirtschaftlich energetisch verwertet werden.

4.3 Verwertungsmöglichkeit

Die bisherigen Überlegungen beziehen sich auf das Primärenergieangebot. Nicht berücksichtigt ist die Verwertungsmöglichkeit des gewonnenen Deponiegases.

Ob ein Standort für die wirtschaftliche Deponiegasverwertung geeignet ist, hängt maßgeblich von den örtlichen Gegebenheiten ab. Die Voraussetzungen zur Deponiegasnutzung sind im Einzelfall zu beurteilen. Aus diesem Grund werden in dieser Studie keine allgemeinen Annahmen getroffen. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß sich unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit das technisch nutzbare Potential reduziert (siehe auch Kap. 6.1).

5 IST-ZUSTAND

5.1 Derzeit existierende Anlagen (Stand 1992)

Derzeit wird in Österreich Deponiegas nur in geringem Maße genutzt. Auf zahlreichen Deponien (meist Großstandorte) bestehen zwar Entgasungseinrichtungen, um den auftretenden Gasemissionen und deren Folgeschäden zu begegnen, das gesammelte Gas wird in der Regel aber nicht energetisch genutzt.

In der Folge werden Deponiestandorte angeführt, wo das gewonnene Deponiegas genutzt wird bzw. eine energetische Nutzung geplant ist. Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

An mehreren Standorten wird zur Zeit die Fassung und Verwertung von Deponiegas in Erwägung gezogen.

Die technischen Angaben wurden von den Deponiebetreibern bzw. von den Ämtern der Landesregierungen dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

5.1.1 Deponiegasnutzung HALBENRAIN

Die regionale Mülldeponie Halbenrain im Südosten der Steiermark (Betreiber: A.S.A.) verfügt seit 1983 über eine Deponieentgasungsanlage, die stündlich rund 500 m³ Gas

fördert. Das abgesaugte Deponiegas gelangt über Sammelleitungen zur Verdichterstation, in der es aufbereitet und druckgeregelt wird. Über eine 2.500 m lange Fernleitung wird das Gas in das insgesamt 2.700 m lange Ortsversorgungsnetz von Halbenrain eingespeist. Der Methangasgehalt beträgt 60 – 65 %. In den Berechnungen der vorliegenden Studie wird ein Gehalt von 50% angenommen. Nach der Reinigung und der Absorption des CO₂ Anteiles beträgt der Methangehalt ca. 95%. Daraus ergibt sich eine tatsächliche potentielle Leistung von 13 TJ (gegenüber 10,2 TJ in der Berechnung).

Derzeit werden 16 Objekte beheizt. Zum Teil findet das Gas auch für die Warmwasserbereitung (Schule, Internat, Gewerbe- und Wohnhäuser etc.) Verwendung. Weiters wird gereinigtes Deponiegas auf maximal 250 bar verdichtet und gespeichert, um in den Motoren von zwei Müllcompaktoren als Dieseleratz verbrannt zu werden. Ähnliche Überlegungen werden auch für den Betrieb von Müllfahrzeugen angestellt.

Die Gesamtkosten für Deponiegasreinigung, Betankungsanlage sowie Umbau der Dieselmotoren belaufen sich nach Angaben der Betreiber bei einer zwei- bis dreijährigen Amortisationsdauer auf rund 1,3 Mio öS.

Zur Zeit werden rund 30 % der anfallenden Gasmenge verwertet, das überschüssige Gas wird abgefackelt. Obwohl diese Anlage aufgrund ihres innovativen Betriebes als Referenzanlage gilt, zeigt sie die Problematik derartiger Deponiegasnutzungen auf. Die genannte Gasmenge kann in diesem Ausmaß nur in der kalten Jahreszeit genutzt werden, im Sommer wird ein beträchtlicher Teil davon, zusätzlich zur derzeit nicht verwertbaren Gasfördermenge, abgefackelt. Das Deponiegas wird von den Anlagebetreibern um 15 % billiger als Heizöl leicht abgegeben. Bei Verbrauchern, die auch im Sommer Energie benötigen, erhöht sich dieser Nachlaß auf 20 %.

Derzeit ist die Errichtung einer Verstromungsanlage geplant. Dadurch soll der bisher abgefackelte Anteil ebenfalls energetisch genutzt werden. Der erwartete Wirkungsgrad der Umwandlung in elektrische Energie liegt bei ca. 35 %, der der Abwärmenutzung bei ca. 40 %.

Nach Ende der wirtschaftlichen Nutzung der Deponiegasressourcen in Halbenrain ist geplant, die Gasbezieher aus dem Netz der Steirischen Ferngas zu versorgen. Wenn die dazu erforderliche Gasleitung schon heute an das Ortsnetz in Halbenrain herangeführt würde, bestünde die Möglichkeit, das nicht verwertete Deponiegas energetisch zu nutzen. Vorstellbar wäre die Einspeisung in das öffentliche Erdgasnetz (in den USA und der Bundesrepublik Deutschland schon verwirklicht) mit entsprechender Gasvorreinigung und Propanganreicherung, um die gewünschte Erdgasqualität (Brennwert, Wobbewerte) zu erzielen. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit für das überschüssige Deponiegas bestünde darin, die Leitung nach Halbenrain vorerst in entgegengesetzter Richtung mit Deponiegas zu beschicken; an einem adäquaten Standort (etwa Raum Bad Radkersburg) könnte ein Blockheizkraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung (Objektheizung und/oder Prozeßwärme) betrieben werden.

5.1.2 Deponiegasnutzung KÖGLERWEG

Das Gas der abgeschlossenen Grazer Hausmülldeponie Köglerweg wird seit rund fünf Jahren im Fernheizwerk Puchstraße verwertet. Bei einer stündlichen Förderung von 600 – 800 m³ werden im Monat rund 2,2 Mio. kWh (ca. 8,0 TJ) erzeugt. Um die Jahrtau-

sendwende wird auf dieser Deponie eine Gasmenge von rund 400 m³/h verfügbar sein (etwa 4 TJ im Monat).

5.1.3 Deponiegasprojekt RAUTENWEG

Der Gasnutzung auf der Wiener Mülldeponie Rautenweg kommt wegen der vermutlich produzierte Gasmenge von ca. 8.000 m³/h für den Großteil der Fläche (inkl. Altlast) eine große Bedeutung zu.

Im Herbst 1991 wurde eine Gassammelstation inklusive Fackel in Betrieb genommen. Die Station ist auf einen Gasdurchsatz von 4.000 m³/h ausgelegt. Zur Nutzung der Energie wurde die Anlage im Dezember 1991 um einen Gasmotor-Generatormodul erweitert. Der Motor läuft im Versuchsbetrieb und liefert konstant eine elektrische Leistung von 540 kW in das Netz der Wiener Stadtwerke. Mit der bereits in die Wege geleiteten Errichtung weiterer Gasbrunnen wird auch die Gasnutzung zur Strom- und Wärmegewinnung ausgebaut. Der gemessene Methangehalt liegt im Schnitt bei 66 %.

5.1.4 Deponiegasnutzung HÖRTENDORF

Die Deponie des Abfallverbandes Klagenfurt in Hörtendorf verfügt über eine Entgasungsanlage. Die gewerbliche Nutzung des anfallenden Deponiegases wurde im Sommer 1990 aufgenommen.

Die geförderte Gasmenge beträgt ca. 600 m³/h. Das Gas wird in einem Gasmotor abgearbeitet. Bei entsprechendem Schüttungsfortschritt sollen im Endausbau drei Aggregate das hochwertige Gas (Methangehalt 55 – 60 %) nutzen. Der erzeugte Strom wird zur Eigenbedarfsdeckung einer Baufirma verwendet, Überschüsse gehen in das öffentliche Netz. Die Motorabwärme soll zur Heizung von Betriebsgebäuden dienen, eine geplante Eiweiß-trocknungsanlage soll die jahreszeitenunabhängige Energienutzung gewährleisten. Überschüssige Gasmengen werden über eine Hochtemperaturmuffel abgefackelt.

5.1.5 Deponiegasnutzung SIGGERWIESEN

Auf der Reststoffdeponie Siggerwiesen bei Salzburg wird Deponiegas seit 1989 zur Fernwärmeerzeugung genutzt.

Es wird ein Deponiebereich von ca. 700.000 m³ entgast. Die Gasfördermenge beträgt 250 – 300 m³/h, der Methangasanteil liegt bei 60 %. Zirka 100 m³ Deponiegas pro Stunde wird energetisch genutzt, damit werden in der Wintersaison täglich ca. 1.000 Liter Heizöl ersetzt.

Zur Erhöhung des zur Zeit bei 33 – 40 % liegenden Energienutzungsgrades ist die Einrichtung einer Kraft-Wärmekopplung geplant.

5.1.6 Deponiegasnutzung MARKT HARTMANNSDORF

Am Standort Oed in Hartmannsdorf in der Steiermark wird seit 1988/89 Deponiegas für Zwecke der Fernheizung genutzt.

5.1.7 Versuchsdeponie BREITENAU

Bei der Versuchsdeponie Breitenau in Niederösterreich handelt es sich um eine abgeschlossene Deponie von geringer Größe (Gesamtvolumen ca. 100.000 m³). Seit einigen Jahren ist eine Deponiegaserfassungsanlage in Betrieb. Das geförderte Gas wird derzeit abgefackelt, eine zusätzliche Verwertung in Form einer Gebäudeheizung ist zeitweise in Betrieb.

Aufgrund der geringen Größe wurde die Deponie bei der Abschätzung des Potentials nicht berücksichtigt. Die Anlage ist ein Beispiel dafür, daß die Gasnutzung von Kleinanlagen realisierbar ist.

Die genannten Beispiele verwerten derzeit pro Stunde ca. 2.000m³ Deponiegas energetisch. Das entspricht einem Energieäquivalent von ca. 300 TJ/a, das sind ca. 14 % des als Referenzszenarios berechneten Potentials.

5.2 Deponiegasprojekte und Pläne zur Deponiegasnutzung

5.2.1 Deponiegasprojekt LINZ-ASTEN

Für die Deponie Asten-Fisching wurde ein Projekt zur aktiven Entgasung ausgearbeitet. Die Deponie wird seit dem Jahre 1964 betrieben. Abgelagert wurde vorwiegend Systemmüll aus dem Stadtgebiet Linz und aus Randgemeinden von Linz. Das derzeitige Schüttvolumen beträgt ca. 2 Mio m³, der jährliche Müllanfall beträgt ca. 120.000 Tonnen. Durch die Verwirklichung diverser Abfallreduzierungs- bzw. -trennungsmaßnahmen ist mit einer Verringerung der jährlich deponierten Volumina in den nächsten Jahren zu rechnen.

Für den Schüttzeitraum 1964 bis 1991 wird mit einer gefaßten Gasmenge von 700 m³/h gerechnet. Der Gasfassungsgrad wurde mit 50 %, die Gesamtgasproduktion zufolge des ungewissen Bauschuttanteils mit 150 m³ pro Tonne Abfall angenommen.

Für den Schüttzeitraum ab 1991 wird – unter Berücksichtigung der Abfallvermeidungsmaßnahmen (bzw. Trennmaßnahmen) – mit einem Gesamtgasanfall von maximal 1.600 m³/h (800 m³/h gefaßt) gerechnet.

Aufgrund der nicht exakt abschätzbaren Gasproduktionsrate (Abfallaufkommen, Gasfassungsgrad etc.) wird die gesamte Anlage auf eine Leistung von ca. 1.200 m³/h ausgelegt.

Das erfaßte Deponiegas wird zum nahegelegenen Gasbehälter der Stadtbetriebe Linz transportiert und gemeinsam mit dem Faulgas der Kläranlage zur Stromerzeugung verwendet.

5.2.2 Deponiegasprojekt LAVANT

Im Zuge der Sicherung der Altlast Lavant in Osttirol und eines Deponieerweiterungsprojektes ist für die gesamte Ablagerungsfläche die Errichtung eines aktiven Entgasungssystems geplant. Der Projektierung der Anlagen wird ein Gesamtabfallaufkommen von

23.000 Tonnen Systemmüll pro Jahr (zuzüglich Klärschlamm und krankenhausspezifischer Abfall) zugrunde gelegt.

Es wird mit einem Anteil des organischen Kohlenstoffs im Hausmüll von 200 kg/t Abfall gerechnet. Bei dem erwarteten Gasfassungsgrad von 50 % beträgt die prognostizierte Gasfördermenge für die Altlast 160 m³/h im Jahr 1995 und 75 m³/h im Jahr 2005.

Unter Einbeziehung der Deponieerweiterung wird mit einer verwertbaren Gasmenge von 280 m³/h im Jahr 1998 bis 140 m³/h im Jahr 2013 und einem Methangehalt von 50 % gerechnet. Vorläufig ist eine Abfackelung des gesammelten Gases vorgesehen, die energetische Nutzung des gefaßten Gases wird als Variante diskutiert.

Die Verwertung der durch Blockheizkraftmodule umgewandelten Energie könnte durch Einspeisung des Stroms in das öffentliche Netz und Verwertung der Wärme in der unmittelbaren Umgebung (Heizung Betriebsgebäude, Asphaltmischanlage) erfolgen.

5.2.3 Deponiegasprojekt GROSSHÖFLEIN

Im Zuge einer Erweiterung soll die burgenländische Deponie Nord in Großhöflein mit einer Energieverwertungsanlage ausgerüstet werden. Um Aussagen über das Gasaufkommen und die Zusammensetzung zu ermöglichen, wurde ein Entgasungsversuch mit einer mobilen Pump- und Abfackelungsanlage durchgeführt. Demnach rechnet man mit einer maximalen Gasproduktion für die erfaßten Schüttbereiche von insgesamt ca. 2.400 m³/h. Der Gasfassungsgrad wird mit 40 – 60 % angenommen, der Methangehalt wurde mit durchschnittlich 40 % ermittelt. Schädliche Spurenstoffe werden in Größerenordnungen erwartet, die die Verbrennung bzw. Nutzung des Deponiegases nicht erschweren oder beeinträchtigen. Die Nutzungsmöglichkeiten werden derzeit geprüft.

5.2.4 Deponiegasprojekt NENZING und BALDRAMSDORF/SPITTAL

Für die Deponien Nenzing in Vorarlberg und Spittal in Kärnten sind ebenfalls Nutzungen des Deponiegases geplant.

5.2.5 Deponiegasprojekte in Niederösterreich

In Niederösterreich wurden 23 ausgewählte Hausmülldeponien hinsichtlich ihres Gashaushaltes untersucht. Ziel des Vorhabens war die Abschätzung des Gefährdungspotentials infolge Deponiegas sowie die Abschätzung des Nutzungspotentials ausgewählter Deponien und das Aufzeigen von Verwertungsmöglichkeiten (AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1991).

Von den 23 untersuchten Deponien wären in Anlehnung an die Studie des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung (1991) im Hinblick auf die Nutzung des Deponiegases neun Standorte überlegenswert. Bei der Verwertung des nutzbaren Deponiegaspotentials der neun Deponien könnten insgesamt ca. 3 MW elektrische Energie sowie ca. 4,5 MW Wärmeenergie gewonnen werden. Der nutzbare Gasanteil der ausgewählten Deponien wird mit 2.000 m³/h geschätzt.

Gemäß der Studie könnte z. B. durch das elektrische Energiepotential aus Deponiegas ca. 0,33 % des niederösterreichischen Gesamtstromverbrauchs abgedeckt werden.

Die Wirtschaftlichkeit wäre allerdings nur dann gegeben, wenn die Abwärme in unmittelbarer Deponienähe genutzt werden könnte.

Gemäß der Studie des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung wird mit Stichtag 1.1.1991 die Deponiegasproduktion auf Niederösterreichs Hausmülldeponien auf ca. 9.500 m³/h geschätzt.

Zum Vergleich: Die theoretisch mögliche Gasproduktion gemäß Tab. 1 vorliegender Studie beträgt ca. 8.600 m³/h. Der Unterschied ergibt sich aus verschiedenen Annahmen:

- In der Studie des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung wird davon ausgegangen, daß die oben genannten 23 Deponien 85 % des niederösterreichischen Hausmülls aufnehmen. Bei der Berechnung des anfallenden Gasvolumens beschränkt man sich auf diese Standortauswahl.
- Zur Abschätzung der Gasproduktion wird von einem Gesamtabfallaufkommen von 600.000 Tonnen für das Jahr 1991 ausgegangen (inkl. Sperrmüll, Bauschutt etc.). Zur Berücksichtigung des Anteils nicht organischer Abfälle wird die Masse des organischen Kohlenstoffes mit nur 170 kg/t Abfall angenommen. Die Annahme des Umweltbundesamtes beträgt 376.100 Tonnen Systemmüll für das Jahr 1990, der organische Anteil wurde mit 200 kg/t festgelegt.
- Abweichende Annahmen für die Abbautemperatur und Abbaukonstante.

Den Berechnungen wurde dasselbe Modell zugrunde gelegt.

5.3 Deponiegasnutzung in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer)

Die 1. Novelle zum bundesdeutschen Abfallbeseitigungskonzept (AbfG) vom 7. Juni 1972 weist unter anderem dezidiert auf die verstärkte Verwertung von Abfallstoffen und der in ihnen enthaltenen Energie hin. Außerdem wird in der vom Bundestag am 18. Juni 1986 angenommenen 4. Abänderung des AbfG festgehalten, daß "... die Abfallentsorgung das Gewinnen von Stoffen oder Energie aus Abfällen (Abfallverwertung) und das Ablagern von Abfällen" umfaßt (OELTZSCHNER, 1986).

In der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) sind derzeit 400 bis 500 Deponien für Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle in Betrieb. Daneben gibt es noch rund 200 stillgelegte Standorte, die aufgrund ihrer Ablagerungsspezifika für Deponiegasprojekte von Bedeutung sein könnten.

5.3.1 Entwicklung der Deponiegasnutzung in der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer)

Mitte der siebziger Jahre wurden auf drei zentralen Berliner Deponien erstmalig Anlagen zur technischen Entgasung installiert. Einer anschließenden Diskussions- und Entwicklungsphase folgten Anfang der achtziger Jahre erste Gasnutzungsprojekte. Zwischenzeitlich sind über fünfzig derartige Anlagen in Betrieb gegangen. Begünstigt durch die im AbfG 1972 vorgegebene Entwicklung zur Zentraldeponie mit modernen Verdichtungstechniken ergaben sich großtechnische Verwertungsmöglichkeiten. Der Trend geht dabei zunehmend in Richtung Blockheizkraftwerke (Kraft-Wärmekopplung), die eine optimale Energienutzung gewährleisten.

Zu Beginn des Jahres 1989 standen in der Bundesrepublik Deutschland 43 Anlagen zur Verstromung und 30 Anlagen zur Wärmeerzeugung aus Deponiegas in Betrieb (WOLF, 1989).

Zwischenzeitlich wurden vornehmlich ältere Anlagen zur Wärmegewinnung mit Gasmotoren nachgerüstet. Inklusive aller seither in der Bundesrepublik Deutschland in Betrieb gegangenen Gasnutzungsanlagen betrug die daraus resultierende potentielle Leistung im Jahr 1990 etwa 100 MW. Schätzungen sprechen davon, daß in der Bundesrepublik Deutschland zur Jahrtausendwende etwa 500 Mio m³ Deponiegas pro Jahr genutzt werden könnten (THOME-KOZMIENSKY, 1987).

6 BARRIEREN

Generell treten der Realisierung von Deponiegasnutzungsprojekten Barrieren entgegen, deren Erwähnung für die Beurteilung der Nutzungsmöglichkeiten von Bedeutung sind.

Technische und wirtschaftliche Barrieren der energetischen Verwertung von Deponiegas sind primär die Lage des *Deponiestandortes*, die *anfallende Gasmenge* und die *Zusammensetzung des Rohgases*. Barrieren politischer Natur sind fehlende Bestimmungen, ähnlich der Bundesrepublik Deutschland (siehe Punkt 5.3), die Energiegewinnung aus Abfall in den entsprechenden Gesetzen festzuhalten.

6.1 Standort

Aus naheliegenden Gründen werden Mülldeponien abseits der Siedlungsgebiete und Industriestandorte errichtet, wo Deponiegas beispielsweise für Objektheizung oder Prozeßwärme verwertet werden könnte.

Außer bei Großanlagen ist die Fernleitung von Gas, Wärme und bedingt Strom nicht wirtschaftlich. Daher muß bei kleinen bis mittleren Anlagen (mehrere 100 m³/h) die direkte Verwertung in unmittelbarer Umgebung der Deponie angestrebt werden; die größte Wirtschaftlichkeit ergibt sich bei Kombination von Stromerzeugung und Wärmenutzung (Kraft-Wärmekopplung) am Standort.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden mehrfach Projekte verwirklicht, die eine Gasnutzung in mehreren Kilometern Entfernung von der Deponie vorsehen. Derartige Pläne wurden durch den Trend zur Großdeponie, die dem Stand der Technik entsprechend mit Entgasungseinrichtungen ausgestattet ist, gefördert. Für kleinere oder abgeschlossene Deponien, deren ungünstige Lage keine Gasverwertungsmöglichkeit bietet, wird in der Bundesrepublik Deutschland die Abfackelung des Deponiegases empfohlen, teils auch von der Landesbehörde vorgeschrieben.

6.2 Anfallende Gasmenge

Die Gasentwicklung, und in weiterer Folge die anfallende Gasmenge, ist primär von der Masse der eingebauten organischen Abfälle, der Einbauart und dem Milieu im Deponiekörper abhängig. Der in Kap. 3.1.1 erläuterte Rechenansatz erlaubt lediglich eine Ab-

schätzung der Deponiegasproduktion. Wird die Errichtung einer Gasnutzungsanlage erwogen, sind jedenfalls ausführliche Messungen der Gasproduktion unentbehrlich. Wie schon erwähnt, können dabei erhebliche Abweichungen von der prognostizierten Gasproduktion auftreten.

Ausgehend von der Dauer der Gasproduktion können auch aufgelassene Deponiestandorte für die energetische Nutzung des Deponiegases von Bedeutung sein.

Bei abgeschlossenen Deponien sind Volumen und Alter der abgelagerten Abfälle für die Gasproduktion einerseits, sowie die Gaszusammensetzung für die energetische Verwertung andererseits, maßgebend. Erschwerend wirkt, daß in den meisten Fällen bei aufgelassenen Standorten keine Gaserfassungssysteme vorhanden sind, sodaß der wirtschaftliche Betrieb einer Gasnutzungsanlage in Frage gestellt wird.

In der Regel kommen abgeschlossene Deponien nur im Falle eines Großstandortes für Energienutzungsprojekte in Frage.

So wurde für den alten Teil der Wiener Deponie Rautenweg im Jahr 1990 mit einer Gasmenge von über 2.000 m³/h gerechnet; im Jahr 2000 mit rund 1.100 m³ und im Jahr 2010 mit rund 600 m³/h.

Die seit einigen Jahren geschlossene Grazer Hausmülldeponie Köglerweg liefert derzeit pro Stunde 600–800 m³ Gas zur Energieerzeugung; für die Jahrtausendwende ist eine Produktion von rund 400 m³/h prognostiziert.

6.2.1 Kleine Deponien

Es kann davon ausgegangen werden, daß auf kleinen bis mittelgroßen Deponien Gasnutzung für den Eigenbedarf (Heizung, Warmwasser) wirtschaftlich ist, da diese einfachen Technologien kostengünstig sind und Richtlinien zur Errichtung von Deponien die Ausstattung mit Gasfassungssystemen vorsehen, sodaß wesentliche Anlagenteile zur Gasnutzung zum ordnungsgemäßen Betrieb von ("Hausmüll") Deponien ohnehin erforderlich sind. Kann das Gas vom Betreiber der Deponie selbst nicht verwertet werden, muß, um die Gasnutzung wirtschaftlich betreiben zu können, in nächster Umgebung ein Abnehmer mit kontinuierlichem Wärmeverbrauch (z. B. Gärtnerei) gefunden werden.

6.2.2 Anlagen mittlerer Größe

Deponien mit einer stündlichen Gasförderung von über 100 – 200 m³ können, in Abhängigkeit von der Gasqualität, für Verstromungsanlagen von Interesse sein, insbesondere dann, wenn auch die anfallende Abwärme in der näheren Umgebung Absatz finden kann (Standortfrage). Bei Deponien, deren Verfüllungsende noch nicht abzusehen ist, und somit eine Versorgungsgarantie für die folgenden Jahre respektive Jahrzehnte besteht, kann die Fernleitung des Gases über mehrere Kilometer in Erwägung gezogen werden.

6.2.3 Großanlagen

Bei Großanlagen ist vor allem auf einen hohen Wirkungsgrad der Gasnutzung zu achten (Blockheizkraftwerke). Als einziger Standort wäre in Österreich die Wiener Deponie

“Rautenweg” als solche anzusprechen. Liegt ein Standort in der Nähe eines entsprechend großen Verbrauchsschwerpunktes für die Abwärme (Heizung, Prozeßwärme), ist eine optimale Energieausbeute gewährleistet. Bei entsprechender Gasqualität kann die Einspeisung in das Erdgasnetz (mit Propangananreicherung) überlegt werden. Da bei Anlagen zur Verstromung erhöhtes Augenmerk auf die Gasreinigung gelegt werden muß und eine möglichst große und durchgehende Gasnutzung (Grundlaststrom) angestrebt wird, kann dies einen wesentlichen Beitrag zur Emissionsverminderung gegenüber der Abfackelung oder Emission der Gase bedeuten. Bei derartigen Großprojekten wird zumeist auf die Optimierung des Gasfassungssystems auf der Deponie abgezielt, wodurch einerseits der Gasfassungsgrad erhöht, andererseits aber die Emission der Deponiegase vermindert wird.

6.3 Gaszusammensetzung

Für die energetische Nutzung von Deponiegas sind hinsichtlich der Zusammensetzung des Gases zwei Faktoren von vorrangiger Bedeutung, und zwar:

- der Methangehalt und
- das Vorhandensein korrosiver Gasbestandteile.

Der Methangehalt ist für die energetische Qualität des Deponiegases, neben der anfallenden Gasmenge, Hauptkriterium. Dieser gibt alle Kenngrößen (Heizwert, Brennwert etc.) für die Leistungsberechnung vor. Optimale Gasqualität liegt bei über 60 % CH₄-, unter 50 % CO₂- und weniger als ein 1 % Spurengasanteil vor.

Nicht unbedeutend für die energetische Nutzung von Deponiegas, aber auch für das Abfackeln von erfaßtem Deponiegas, sind die Komponenten vorhandener Spurengase. Wenig bekannt ist, daß durch die Verbrennung von Deponiegas gefährliche Verbindungen freigesetzt werden können. So ist beispielsweise bei stark chlorhaltigem Gas wegen der potentiellen Dioxinbildungsgefahr eine aufwendige Gasvor- bzw. Abgasreinigung notwendig (dies gilt für Abfackelung wie für energetische Verwertung). Bei den Anlageteilen ist den chlorierten und fluorierten Kohlenwasserstoffen besonderes Augenmerk zu schenken, da diese bei der Verbrennung (z. B. Umsetzung des Chlors mit Wasserstoff zu Salzsäuredampf) hochkorrosive Substanzen bilden, die teure Gasmotoren in kurzer Zeit zerstören können.

Nachfolgende Auflistung soll die Bandbreite der in Deponiegasen vorkommenden Verbindungen verdeutlichen:

Tab. 5: Komponenten im Deponiegas (LAGA-MITTEILUNGEN Nr. 6, 1983)

Nr.	Komponente	chem. Formel	Konzentrationsbereich*)	Bemerkung	
1	Methan	CH ₄	0 - 80	Vol-%	
2	Kohlendioxid	CO ₂	0 - 80	Vol-%	
3	Kohlenmonoxid	CO	0 - 3	Vol-%	
4	Wasserstoff	H ₂	0 - 3	Vol-%	
5	Sauerstoff	O ₂	0 - 21	Vol-%	
6	Stickstoff	N ₂	0 - 78	Vol-%	
7	Ammoniak	NH ₃	0 - 100	Vol-ppm	
8	Ethen	C ₂ H ₄	0 - 65	Vol-ppm	
9	Ethan	C ₂ H ₆	0 - 30	Vol-ppm	
10	Acetaldehyd	CH ₃ CHO	0 - 150	Vol-ppm	
11	Aceton	C ₂ H ₆ CO	0 - 100	Vol-ppm	
12	Sonstige Kohlenwasserstoffe (ohne Aromate)	C ₂ -C ₁₁	je 0 - 50	Vol-ppm	
13	Schwefelwasserstoffe	H ₂ S	0 - 100	Vol-ppm	in Einzelfällen höher
14	Ethylmercaptan	C ₂ H ₅ SH	0 - 120	Vol-ppm	
15	Benzol	C ₆ H ₆	0 - 15	Vol-ppm	vermutliche Herkunft
16	Toluol	C ₆ H ₅ CH ₃	0 - 15	Vol-ppm	der Inhaltsstoffe aus
17	Xylol	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0 - 15	Vol-ppm	abgelagerten Abfällen
18	Ethylbenzol	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	0 - 10	Vol-ppm	oder deren Spaltprodukten
19	Vinylchlorid	C ₂ H ₃ Cl	0 - 10	Vol-ppm	
20	Halogenverbindungen (u. a. 1,1-Dichlorethen, Methylenchlorid, Tetrachlorkohlenwasserstoff, Trichlorethen, Frigene)		0 - 100	Vol-ppm	Inhaltsstoffe aus abgelagerten Abfällen
21	Wasserdampf	H ₂ O	i. d. R. gesättigt		

*) Abweichungen vom angegebenen Konzentrationsbereich sind insbesondere bei gemeinsamer Ablagerung mit produktionsspezifischen Abfällen möglich.

7 KOSTEN

Dem Stand der Technik entsprechend sollten Hausmülldeponien mit einem adäquaten Gaserfassungssystem ausgestattet sein. Im Falle einer technisch einfachen Gasverwertung vor Ort (Beheizung, Warmwasser und/oder Prozesswärme) können über 50 % der Anlagekosten durch diese "Grundausstattung" der Deponie vorgegeben werden. Bei guter und konstanter Gasqualität sind herkömmliche Gasbrenner kostengünstig auf Deponiegas umzurüsten (siehe Halbenrain). Anlagen zur Wärmeerzeugung weisen einen Wirkungsgrad von über 50 % auf.

Im Falle der Verstromung erhöhen sich die Anlagekosten beträchtlich, da neben der wesentlich teureren maschinellen Grundausstattung auch erhöhte Anforderungen an die Gastechnik (Reinigungs-, Druckregelungs- und Meßeinrichtungen) und Sicherheits-

ausstattung gestellt werden müssen. Der Wirkungsgrad derartiger Anlagen beträgt über 30 %. Bei einer gesicherten geförderten Gasmenge über 100 – 200 m³/h versprechen derzeit Blockheizkraftwerke mit einem Wirkungsgrad zwischen 80–90 % die effizienteste Energienutzung.

7.1 Beispiele zur Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Anlagegrößen

In der Folge werden Beispiele ausländischer Anlagen angeführt:

7.1.1 Deponie CROGLIO/Schweiz (Kleinanlage) (GANDOLLA et al.)

Die Anlage besteht aus Warmwassererzeugung, Warmwasserspeicher und Wasser-verteilsleitung zu den Energieverbrauchern, die in unmittelbarer Nähe der Deponie liegen.

Die Dimensionierung der Anlagenteile ermöglicht einen späteren Ausbau des Versorgungsnetzes.

Ein Teil der erzeugten Energie wird auf der Deponie verbraucht.

<i>Tab. 6: Wirtschaftlichkeitsrechnung – Deponie Croglia/Schweiz (GANDOLLA et al.)</i>		
Investitionen (einschließlich Löhne)		
<i>Brenner und Kessel (Leistung 335 MJ/h)</i>	15.000	SFr.
<i>Warmwasserspeicher (8 m³ Inhalt)</i>	11.000	SFr.
<i>Warmwasserführung und Regeleinrichtungen (Rohrleitungen, Umwälzpumpen, Ventile, Hähne) unterirdisch verlegte Leitungen zum Verbraucher</i>	6.000	SFr.
<i>Einrichtung beim Verbraucher (Boiler, Wärmeaustauscher, Steuerung)</i>	10.000	SFr.
<i>Diverses und Projektierung</i>	15.500	SFr.
Gesamtinvestitionen	65.000	SFr.
Einnahmen		
<i>Einsparungen auf der Deponie durch Um- stellung der elektrischen Warmwasserer- zeugung</i>	8.000	SFr./a
<i>Energiebezug des Verbrauchers</i>	1.570	SFr./a
Gesamteinnahmen	9.570	SFr./a
Amortisation		
<i>Jährliche Amortisation bei einer Laufzeit von zehn Jahren und einem Zins von 6 % p. a.</i>	8.450	SFr./a

7.1.2 Deponie BREINERMOOR, Niedersachsen (Anlage mittlerer Größe) (Beiheft "Müll und Abfall", 1987)

Das Blockheizkraftwerk der Deponie Breinermoor liefert im Jahr rund 3,5 Mio kWh Strom an das öffentliche Netz.

Die Baukosten beliefen sich inklusive Gaserfassung und Zuleitung auf rund 2,0 Mio DM.

Bei einem Erlös von 0,08 DM/kWh (Stand 1987) werden die Kosten in einem Zeitraum von acht bis zehn Jahren abgetragen.

7.1.3 Blockheizkraftwerk BERLIN-WANNSEE (Großanlage) (Beiheft "Müll und Abfall", 1987)

Als eine der effizientesten Großanlagen ersetzt es in der Heizanlage eines Großabnehmers jährlich 900.000 Liter Heizöl und speist Strom mit einer maximalen Leistung von 1,5 MW in das öffentliche Netz ein.

Die Abwärme wird zur Objektheizung in benachbarten Wohnanlagen verwendet, verpufft im Sommer aber ungenutzt.

Die Gesamtkosten dieser hochtechnischen Anlage belaufen sich inklusive Zinsendienst auf rund 22 Mio DM und werden in fünfzehn Jahren abgedeckt sein.

Bei Abwärmenutzung außerhalb der Heizperiode könnte dieser Zeitraum erheblich verkürzt werden.

8 ZIELSETZUNGEN – GESETZE, POLITIK, INFORMATIONSDEFIZIT

Für Deponien bestehen derzeit keine gesetzlichen Verpflichtungen zur Luftreinhaltung. Schätzungen für die Gebiete der alten Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland nennen in diesem Zusammenhang 2,5 Milliarden m³ Methan und rund 1,6 Milliarden m³ Kohlendioxid, die Jahr für Jahr aus Deponien in die Atmosphäre entweichen und damit ein nicht unbedeutendes Treibhauspotential darstellen.

Im Interesse des Umweltschutzes und der Energiewirtschaft sollten Anreize zur Realisierung von Projekten zur Minderung bzw. energetischen Nutzung von Deponiegas geschaffen werden. Diese könnten z. B. in Form von

- finanziellen Unterstützungen zur Errichtung von Anlagen oder
- Abnahmeverpflichtungen für Elektrizitätsgesellschaften für die von Betreibern von Gasnutzungsanlagen zur Verfügung gestellte elektrische Energie mit entsprechender finanzieller Abgeltung

erfolgen.

Im Einzelfall bedarf es immer einer eingehenden Abschätzung der wirtschaftlichen Aspekte eines Deponiegasprojektes. Hervorzuheben ist, daß es im Vergleich mit anderen regenerativen Energieformen (etwa Wasserkraft) für Zwecke der Energieumwandlung zu keinen baulichen Eingriffen in das Landschaftsbild kommt. Auch die Gesichtspunkte dezentrale Energieversorgung, sanfte Energie aus Abfall, Ressourcenschonung sowie

Nutzung einer sich über längere Zeiträume erneuernden Energieform sollten Berücksichtigung finden.

9 UMWELTASPEKTE VON DEPONIEGASEMISSIONEN

Gas aus Hausmülldeponien ist ein Gemisch von oft mehreren hundert Spurenstoffen und muß als potentiell umweltschädigend eingestuft werden. Während früher die Geruchsbelästigung (flüchtige Schwefelverbindungen) als wesentlichstes Problem der Hausmülldeponie angesehen wurde, erkennt man heute die toxikologische Bedenklichkeit von Deponiegasen. Im Einzelfall müssen durch Analysen der Gaszusammensetzung jene Spurenstoffe bestimmt werden, die für Mensch, Umwelt und Anlagenteile schädlich sein können. Durch angepaßte Verbrennungsverfahren können Gefahren für Mensch und Umwelt weitestgehend ausgeschlossen werden.

Die Hauptbestandteile des Deponiegases, Methan und Kohlendioxid sind "Treibhausgase" und tragen zur Erwärmung der Erdatmosphäre bei. Laut International Panel on Climate Change (IPCC) trägt CO₂ zu rund 50 % und Methan zu rund 15 % zum Treibhauseffekt bei. Methan ist darüber hinaus als Vorläufersubstanz an der Bildung von bodennahem Ozon beteiligt.

Bei der unkontrollierten thermischen Behandlung von Deponiegas können umweltschädigende Verbindungen entstehen (Kohlenmonoxid, Salz- und Flußsäure u.a.). Die herkömmliche Gasbehandlung (Abfackelung) wird diesen Gefahren für Mensch und Umwelt oft nicht gerecht; hingegen können derartige Umweltgefahren durch optimierte Verbrennungsmethoden (Gasvor- bzw. Rauchgasreinigung) weitestgehend eliminiert werden. Dem steht bei umweltgerechter energetischer Nutzung der hohe technische und finanzielle Aufwand für derartige Aufbereitungsanlagen gegenüber.

Somit ist festzuhalten, daß unkontrollierten Deponiegasaustritten aus oben genannten Gründen sowie der erheblichen Geruchsbelästigung an Hausmülldeponien Einhalt geboten werden sollte. Im Falle der thermischen Umsetzung in nicht adäquaten Verbrennungseinrichtungen wird das Gefährdungspotential lediglich verlagert, kann aber (Beispiel Dioxin) auch potenziert werden. In diesem Sinne wäre die energetische Nutzung von Deponiegas bei weitgehender Vermeidung umweltbelastender Verbrennungsrückstände anzustreben.

10 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN

Im folgenden werden verschiedene Möglichkeiten der Deponiegasnutzung aufgezeigt. Zentrales Problem der Gasbewirtschaftung ist das Verhältnis Deponiegasanfall zu Energiebedarf. Während die Gasproduktion während des ganzen Jahres über weitgehend kontinuierlich verläuft, ist der Energiebedarf oft jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Für den Fall, daß mehr Deponiegas anfällt als verwertet werden kann, müssen außerhalb der Zeiten des Spitzenbedarfs große Energieverluste in Kauf genommen werden. Ist die Gasproduktion kleiner als der Spitzenbedarf, muß eine Möglichkeit zur Energieumlagerung vorgesehen werden, was aber sehr kostenintensiv und nur beschränkt möglich ist. Möglichkeiten der Gaslagerung sind Gasometer, welche sich auf kleinen Anlagen mit Sicherheit nicht rechnen. Druckbehälter sind zur Speicherung von Deponiegas nur begrenzt zu verwenden, da die kritische Temperatur zu niedrig ist, um Deponiegas wie Butan oder Propan bei Raumtemperatur zu verflüssigen. Als Alternative bietet sich die Verflüssigung zu Methanol an.

10.1 Gasverwertung

10.1.1 Verbrennung mit Warmwasserproduktion

Die Produktion von Warmwasser bis zu 130 °C ist für die Verwertung im Deponiebereich die technisch einfachste und günstigste Form der Energienutzung. Diese Verwertungsmöglichkeit eignet sich auch bei Deponiegas mit geringem Methangehalt.

Der Wärmetransport über größere Entfernungen ist unwirtschaftlich, da gut isolierte Leitungen mit großem Querschnitt zur Verfügung stehen müßten.

10.1.2 Verbrennung zur Erzeugung überhitzten Wassers

Wasser wird durch Erzeugung eines Überdruckes auf Temperaturen bis zu 180 °C erhitzt. Der Vorteil gegenüber dem vorigen Verfahren liegt in den besseren Transportmöglichkeiten.

10.1.3 Verbrennung zur Dampferzeugung

Dieses System eignet sich nur für große Gasfördermengen und bietet die Möglichkeit des Transports der erzeugten Wärme über Entfernungen von einigen Kilometern. Derartige Anlagen erreichen Drücke bis zu 50 bar und Temperaturen bis zu 400 °C.

10.1.4 Verbrennung in Gasmotoren

Bei der Verbrennung von Deponiegas in Gasmotoren wird Wärmeenergie und durch die Kopplung mit einem Generator elektrische Energie frei. Nur 1/3 der im Deponiegas enthaltenen Energie kann in Strom umgewandelt werden, während der Rest als Abwärme anfällt. Durch die Nutzung der elektrischen Energie und der Abwärme (Kraft-Wärme-Kopplung) kann bei Blockheizkraftwerken ein Nutzungsgrad von 80–90 % erreicht werden.

10.1.5 Verbrennung in Gasturbinen

Der Einsatz in Gasturbinen erfordert eine Aufbesserung der Gase, um einen Heizwert von mindestens 22 MJ zu erreichen. Aufgrund der geringen Wirkungsgrade ist die Abwärmenutzung unbedingt anzustreben. Die wesentlich größeren Anschaffungskosten gegenüber Gasmotoren rechnen sich infolge längerer Lebensdauer der Gasturbine. Der Einsatz dieser Technologie scheint daher nur auf Großstandorten sinnvoll.

10.1.6 Einspeisung in ein Erdgasnetz

Bei entsprechender Heizwertaufbesserung (Beimengung von Propangas) ist bei Großstandorten die Einspeisung in ein Erdgasnetz möglich. Erfahrungen mit dieser Verwertungsmöglichkeit hat man bisher in erster Linie in den USA gesammelt.

10.1.7 Methanolerzeugung

Wie das Beispiel Halbenrain zeigt, ist der Einsatz von komprimiertem Deponiegas als Treibstoffsubstitut möglich. Dabei muß das Deponiegas als Druck- oder Flüssiggas aufbereitet werden, gegebenenfalls ist der Methangehalt durch eigene Reinigungsverfahren anzureichern. Für den Einsatz kommen in erster Linie deponieinterne Fahrzeuge und Fahrzeuge, die die Deponie regelmäßig anfahren, in Frage.

10.1.8 Kombinierte Verwertung

Eine kombinierte Verwertung kann sowohl die Versorgungssicherheit erhöhen, als auch den Nutzungsgrad einer bestehenden Infrastruktur (z. B. Fernwärmenetz) verbessern. Deponiegas läßt sich beispielsweise gemeinsam mit Faulgasen aus Kläranlagen und Biogas aus landwirtschaftlichen Betrieben nutzen. Denkbar ist auch eine gemeinsame Verwertung mit Biomasse.

10.2 Standort und Versorgungsbereich

Der Verwertungsbereich von Deponiegas bedingt sich durch den Deponiestandort. Auch bei Großstandorten ist eine aufwendige Gas- oder Energiefernleitung nicht anzustreben. Energie aus Deponiegas sollte vielmehr direkt auf der Deponie oder in deren unmittelbarer Umgebung verwertet werden. Nur bei der Stromerzeugung können Überschußmengen mit geringem technischen Aufwand in ein Versorgungsnetz eingespeist werden.

Aufgrund der Standortspezifik (Beispiel Halbenrain) von Mülldeponien soll auf einen "Inselbetrieb" abgezielt, also breitgefächerte Verwertungsmöglichkeiten in unmittelbarer Umgebung des Standortes gesucht werden. Bei entsprechender Versorgungssicherheit können auch geeignete Abnahmebetriebe (Glashäuser, Trocknungsanlagen etc.) zur Ansiedlung in der Deponieumgebung angeregt werden.

LITERATUR

AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (1991)

Deponiegas in Niederösterreich

BEIHEFTE ZU "MÜLL UND ABFALL" (1987)

Heft 26, Berlin

BEIHEFTE ZU "MÜLL UND ABFALL" (1989)

Heft 6, Berlin

GANDOLLA, M., GRABNER, E. UND LEONI, R.

Möglichkeiten der Gasnutzung an Deponien unter besonderer Berücksichtigung kleiner Deponien. In: IS-WA-Journal Nr. 31/32, S. 13 f.

HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT (1989)

Meßprogramm zur Ermittlung der Massekonzentration relevanter Schadstoffe im Deponiegas und im Abgas von Deponiegasverbrennungsanlagen. Wiesbaden

IPCC(1990)

International Panel on Climate Change, First Assessment Report, 1990

IPCC(1992)

International Panel on Climate Change, 1992 IPCC Supplement, Februar 1992

KARRER, M., LAUER, M., PREIS I. (1983)

Studie über die Erschließung und Förderung von Biogas aus der Deponie Köglerweg für die geplante Nutzung eines Blockheizkraftwerkes. Institut für Umweltforschung Graz

MITTEILUNGEN DER LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (LAGA) (1983)

Heft 6 "Informationsschrift Deponiegas", Berlin

OELTZSCHNER, H. (1986)

Die begrabene Energie. In: Entsorgungspraxis 6/86

OELTZSCHNER, H. (1987)

Deponiegas-Nutzung bei industriellen und gewerblichen Betrieben an Beispielen aus der bayrischen Praxis. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Deponie – Ablagerung von Abfällen, S. 673 f.; EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987

ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF GES.M.B.H. (1989)

Abschätzung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen in Österreich. Seibersdorf

RETTENBERGER, G. (1987a)

Gashaushalt von Deponien. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Deponie – Ablagerung von Abfällen, S. 292–310; EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987

RETTENBERGER, G. (1987b)

Grundlagen der Entgasungstechnik und Stand der Deponiegasverwertung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Deponie – Ablagerung von Abfällen, S. 614 f.; EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987

RYSER, W. (1987)

Aspekte und Probleme der Deponiegasnutzung bei Verwendung von Gasmotoren. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Deponie – Ablagerung von Abfällen, S. 685 f.; EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987

STEGMANN, R., SPENDIN, H. (1987)

Vorgänge in kommunalen Abfalldeponien – Grundlage der chemisch – physikalisch und biologischen Prozesse. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Deponie – Ablagerung von Abfällen, S. 271–291; EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987

TABASARAN, O. (Hrsg.) (1982)

Abfallbeseitigung und Abfallwirtschaft, Düsseldorf

THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. (Hrsg.) (1987)

Deponie – Ablagerung von Abfällen. EF Verlag für Energie und Umwelttechnik GmbH, Berlin

THOMÉ-KOZMIENSKY, K. J. (1987b)

Energie aus Deponiegas. In: Entsorgungspraxis 5/87, S. 240 f.

WIEMER, K., WIDDER G. (1987)

Emissionsminimierung und -kontrolle bei der thermischen Deponiegasbehandlung. In: Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Deponie – Ablagerung von Abfällen, S. 639 f.; EF Verlag für Energie und Umwelttechnik, Berlin 1987

WOLF, K. (1989)

Probleme und Möglichkeiten einer Gasnutzung am Beispiel der Deponie Georgswerder. In: Müll und Abfall, 21. Jhg., Heft 6, S. 289–299