

Gasfassung und –behandlung auf Deponien als Bestandteil des Klimaschutzes am Beispiel der Deponiegasentwicklung im Land Brandenburg im Zeitraum 1970 – 2006

Dipl.-Ing. Reiner Drewes, Landesumweltamt Brandenburg –Genehmigungsverfahrensstelle West

1. Einführung

Gegenstand des Vortrages ist ein Ein- und Überblick über die Deponiegasentwicklung, hervorgerufen durch Siedlungsabfälle die seit 1970 auf Deponien im Land Brandenburg abgelagert wurden.

Des Weiteren wird gezeigt, wie durch Aktivitäten der zuständigen Behörden, hier das Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MLUV), des Landesumweltamtes Brandenburg (LUA) und der Deponiebetreiber in diesem Zeitraum einer möglichen Gesundheitsgefährdung und schädigenden Wirkung des Deponiegases auf das Klima vorgebeugt wurde.

Der Zeitraum 1970 – 2006 wurde deshalb gewählt, weil innerhalb dieser Zeitspanne die wesentlichen, das Entstehen von Deponiegas verursachenden abfallwirtschaftlichen Faktoren in Brandenburg festgestellt werden können, die auch heute noch wirksam sind. Es kann davon ausgegangen werden dass die vor 1970 abgelagerten Abfälle für die Gasbildung vernachlässigbar ist. Interessant ist die Deponiegasgeschichte Brandenburgs auch deshalb, weil der Siedlungsabfall zwischen 1972 und 2005 zum großen Teil aus einer anderen - geschichtlich gesehen - ehemals westlichen Großstadt, seit dem 24. Januar 1991 „Bundesland Berlin“, in das ländlich geprägte Umland Berlins zur Ablagerung gebracht wurde. Im betrachteten Zeitraum wurden ebenfalls die Siedlungsabfälle aus dem ehemaligen Ost-Berlin nach Brandenburg verbracht.

Diese erheblichen Mengen an organikreichen Siedlungsabfällen prägen im Wesentlichen auch heute noch das Deponiegasaufkommen im Land Brandenburg neben den geringeren Mengen aus den seit 1991 weiterbetriebenen Brandenburger Siedlungsabfalldeponien.

Zur besseren Einordnung der Brandenburger Emissionsdaten möchte ich Ihnen zunächst einige Hintergrundinformationen geben, die aus der Veröffentlichung der Statistischen Ämter der Länder im Jahre 2007 entnommen wurden [22]. → **Folie 1.**

Die in Deutschland wichtigsten Emissionsquellen für Methan sind danach die Viehhaltung, die Energiegewinnung und -verteilung sowie die Deponierung von Abfällen. Ihre Wichtigkeit ist in den Bundesländern je nach Struktur verschieden. 1990 betrug der Ausstoß an Treibhausgasen noch **ca 1.230 Mio. t CO₂-Äquivalente¹⁾**.

Im Jahr 2005 summierte sich der Ausstoß an Treibhausgasen in Deutschland auf insgesamt **1.002 Mio. t CO₂-Äquivalente**. Mit 873 Mio. t machten die CO₂-Emissionen 87,1 % des Gesamtausstoßes aus.

6,6 % ~ 66 Mio.t gelangten bundesweit als Distickstoffoxid (N₂O) und weitere 4,8 % ~ 47,6 Mio. t als Methan in die Atmosphäre.

Gegenüber dem Basisjahr 1990 (bzw. 1995 mit ersten Aussagen zum Deponiegas) wurden die Treibhausgasemissionen bis 2005 bereits um rund 230 Mio. t CO₂-Äquivalente – das sind 18,7 % – verringert. Zur Erreichung des Kyoto-Zieles fehlen damit noch 2,3 % bis zur Periode 2008 – 2012.

Einige Bundesländer wie z.B. Brandenburg und Sachsen-Anhalt hatten allerdings auch entgegen diesem Trend eine Zunahme der Gesamtemissionen zu verzeichnen.

Der mit Abstand größte Teil der jährlichen Treibhausgasemissionen entfällt in allen Bundesländern auf Kohlendioxid, in den meisten Ländern beträgt er sogar mehr als 90 %. Am geringsten ist der Anteil mit 61 % in Mecklenburg-Vorpommern (Industrie, Straßenverkehr).

Bei den N₂O-Emissionen streut der Anteil zwischen 1,4 % in Berlin und 28,2 % in Mecklenburg-Vorpommern, N₂O entsteht vor allem durch die landwirtschaftliche Bodennutzung.

Der Anteil der Methan-Emissionen an den Treibhausgasemissionen ist am niedrigsten in Berlin und Bremen (0,8 %) und am höchsten in Thüringen (12,5 %). Einflussfaktoren auf die Höhe der Methan-Emissionen sind neben der Energiegewinnung und -verteilung in erster Linie die Tierhaltung sowie die Zahl und Größe der Abfalldeponien in den Ländern.

Maßgebend für den dargestellten bundesweiten Rückgang der Gesamtemissionen war die Abnahme der Methanemissionen, hieran besonders beteiligt war der Sektor

¹⁾ Der GWP-Wert (Treibhaus-Faktor) beträgt für Methan gemäß IPCC-Richtlinie 21 Tonnen CO₂-Äquivalente/Tonne Methan.

Abfallwirtschaft/Abwasserbeseitigung. Je nach Verringerung der deponierten organischen Abfälle haben die Emissionen je Einwohner im Zeitraum von 1995 bis 2003 um bis zu 27 kg (Brandenburg) abgenommen. Am geringsten war der Rückgang der Emissionen aus Abfalldeponien mit 6 kg je Einwohner im Saarland (Abfallverbrennung seit langer Zeit). Nur in Berlin und Hamburg gingen die Emissionen des Sektors aufgrund des Fehlens von Abfalldeponien kaum zurück.

In Brandenburg und in Sachsen-Anhalt konnte die v.g. Zunahme der Treibhausgasemissionen jedoch durch den Rückgang beim Methan spürbar abgeschwächt werden. In allen Bundesländern ist die Entwicklung der Methan-Emissionen vor allem geprägt von den deutlich sinkenden Emissionen aus Siedlungsabfalldeponien. Hauptgrund dafür ist die Reduktion und Vorbehandlung der deponierten Abfälle aber auch die Fassung und Behandlung des Deponiegases. Die Höhe der Methanemissionen ist daher weniger von der Größe eines Bundeslandes oder dessen Einwohnerzahl bestimmt, Haupteinflussfaktoren sind vielmehr die Anzahl gehaltener Rinder oder Standorte von Kohlegruben und Abfalldeponien.

2. Abfallwirtschaftliche Eckdaten / Entwicklung der gasrelevanten Abfallmengen in BB

2.1 Brandenburger Abfälle

Von 1970 bis 1990 war das durch ländliche Strukturen, einige wenige Industriezentren sowie einen steigenden Lebensstandard beeinflusste Siedlungsabfallaufkommen in den drei Bezirken geprägt. In diesem Zeitraum stieg die Abfallmenge etwa um 60% [8; 10; 13; 16; 19].

→ **Folien 2+3.**

Zu Beginn der 70iger Jahre wurde die Siedlungsabfallentsorgung, die seinerzeit noch auf ca 2000 kleine und mittlere Deponien vorgenommen wurde, auf zentralere größere Deponien konzentriert. Ab 1980 wurden aus Gründen der Energieersparnis viele der kleinen und mittleren bereits geschlossenen Deponien aber wieder zur Ablagerung freigegeben. Da in diesem Zeitraum keine direkte Verwiegung der Abfälle vorgenommen wurde, sind für die Berechnung des gesamten Abfallaufkommens die statistischen Jahrbücher zur Bevölkerungsentwicklung in der DDR mit den darin aufgeführten Einwohnerzahlen der drei Bezirke und des vom Institut für Kommunalwirtschaft /Dresden in den 80iger Jahren ermittelten spezifischen Pro-Kopf-Abfallaufkommens in ländlichen und städtischen Bereichen berechnet worden [16]. → **Folie 4.**

Die Dichte des reinen Siedlungsabfalls in der DDR wurde an verschiedenen Anfallstellen ermittelt. Unterschieden wurde nach Dichte in der Abfalltonne, Dichte im Müllfahrzeug und Dichte nach der Ablagerung. Die Dichte des reinen Siedlungsabfalls aus Ostberlin und Brandenburg wurde auf den Deponien mit etwa 450 - 500 kg/m³ im frisch-eingebauten Zustand ermittelt. Trotz des geringeren Anteils an Kunststoffen, Pappe, Papier, Holz und anderen nicht-mineralischen Bestandteilen wurde aufgrund der Einbautechnologie ein geringeres Gewicht /m³ im Vergleich zum West-Berliner Abfall festgestellt, dessen Einbaudichte mit i.M. 850 kg/m³ festgestellt wurde [14].

Die Abfallmengen wurden ermittelt, indem das angegebene spez. Abfallaufkommen / E · a mit den Einwohnerzahlen der Bezirke Potsdam, Frankfurt/Oder und Cottbus multipliziert wurden.

Unter Berücksichtigung der Einbaudichte von 450 – 500 kg/m³ wurden die so ermittelten abgelagerten Siedlungsabfallmengen als Grundlage der Gasmengenberechnung herangezogen.

Mit der politischen Wende 1989/1990 stieg bekanntermaßen in den ersten Jahren das Abfallaufkommen erheblich. Das Pro-Kopf-Aufkommen von Siedlungsabfall (Hausmüll) stieg von 193 kg/E x a (1989) auf einen Höchstwert von 310 kg/E x a im Jahre 1993 [3]. → **Folie 5.**

Das Umweltministerium Brandenburgs verfügte Anfang 1991 zunächst die Schließung aller für eine zukünftige Abfallentsorgung nicht mehr notwendigen kleinen und mittleren Deponien, der gesamte Siedlungsabfall wurde nur noch auf die für einen Übergangszeitraum bestimmten (Bestandgeschützten) **68 Siedlungsabfalldeponien** abgelagert. Durch relativ schnelle Errichtung von Deponiewaagen konnte ab 1992/93 die genaue (Gas-relevante) Siedlungsabfallmenge erfasst und in den Jahresberichten der Deponiebetreiber aufgenommen werden [3; 5; 11; 22; 23]. Sie sind somit Grundlage der weiteren Berechnung.

Seit Mitte der 90-iger Jahre ist dann auf Brandenburger und Berliner Deponien insgesamt ein rückläufiges Siedlungsabfallaufkommen festzustellen. Dies hing u.a. mit der Mengenabnahme von hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen und Sperrmüll im Siedlungsabfall zusammen (Abzug der russischen Streitkräfte, Verwertung!), aber auch mit der Abnahme der Hausmüllmenge um 35 % zwischen 1993 und 2000. Sie hat heute wieder den Stand von 1988 erreicht (180kg/E x a), gleichzeitig halbierte sich die Ablagerungsmenge in diesem Zeitraum [4].

Im Laufe der 90iger Jahre reduzierte sich ebenfalls die Anzahl der betriebenen Siedlungsabfalldeponien im Land kontinuierlich auf 41 im Jahr 2000, bis Mai 2005 waren alle nicht dem Stand der Technik entsprechende Deponien stillgelegt. Z.Zt. gibt es noch **10 Siedlungsabfalldeponien**, die den rechtlichen Anforderungen der Übergangsregelungen der Abfallablagerungs VO für die DK II entsprechen, 5 Deponien werden bis 2009 geschlossen, 5 weitere darüber hinaus betrieben.

2.2 Berliner Abfälle

2.2.1 Siedlungsabfälle aus ehemals „Ost-Berlin“

Die Siedlungsabfallmengen aus dem ehemaligen „Ost-Berlin“ wurden nach 1970 auf den bereits älteren Deponien „Wernsdorf, Schwanebeck/Bernau und Schöneicher-Plan“ abgelagert.

Diese drei Deponien erfuhren nach 1990 eine erhebliche Zunahme an Abfallanlieferungen, auf eine Deponie (Schwanebeck / Bernau) wurde auch ein Teil der Siedlungsabfälle aus dem heutigen Landkreis Barnim entsorgt. → **Folie 6**.

Das Land Berlin konzentrierte dann gegen Ende der 90iger Jahre die gesamte Siedlungsabfallbeseitigung auf ihre Verbrennungsanlage Ruhleben und die eigenen drei Deponien, um diese bis zum Jahr 2005 endverfüllen zu können (Vorketzin und Schöneiche wurden dann nicht mehr angeliefert). Die ab 1993 mittels Deponie-Waagen genau erfassten Siedlungsabfallmengen, die auch in den Jahresberichten der BSR aufgeführt sind, wurden bis zum Jahre 2005 zur Berechnung der Gasmengen herangezogen [12; 15].

Die verbrachten Siedlungsabfallmengen 1970 bis 1992 konnten zunächst von den Berliner Stadtreinigungsbetrieben BSR und der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin recherchiert werden, die gasrelevanten Abfallmengen wurden jedoch nochmals auf Grundlage der Untersuchungen zur Gefährdungsabschätzung und zur Deponiegasermittlung berechnet. Dabei ergab sich auch, dass ein großer Teil der drei „Ost-Berliner“ Deponien mit mineralischen Abfällen durchsetzt war.

Erwähnenswert ist hier, dass der Siedlungsabfall bis zum 07.Mai 1996 auf die Deponie Schöneicher Plan in offenen, mit Netzen gesicherten Güterwaggons gefahren, per Bagger abgeladen und mittels Raupen verteilt wurde, nach Beendigung dieser besonderen Anlieferungsweise erfolgte die Anlieferung per Presscontainer.

2.2.2 Siedlungsabfälle aus ehemals „West-Berlin“

Nachdem die vier großen West-Berliner Deponien „Lübars, Wannsee, Marienfelde und Rudow“ Anfang der 70iger Jahre endverfüllt waren bzw nur noch geringe Restvolumen aufwiesen, wurde 1974 zwischen dem ehemaligen West-Berliner Senat und der von der DDR-Staatsführung beauftragten Fa. INTRAC das sog. „Langfristabkommen“ zur Entsorgung der West-Berliner Abfälle bis zum Jahr 1994 geschlossen [1]. → **Folie 7.**

Siedlungsabfälle aus dem ehemaligen West-Berlin wurden bereits ab 1972 zunächst auf die Deponie Großziethen, direkt an der südlichen Stadtgrenze Berlins gelegen, verbracht. Ab 1976 wurden die zweite Deponie – Schöneiche – und 1977 die dritte Deponie – Vorketzin – zur Ablagerung freigegeben, Großziethen wurde im selben Zeitraum geschlossen. Insgesamt sind hier in 5 Jahren 2,4 Mio. m³ Siedlungsabfälle abgelagert worden. → **Folie 8.**

Seitdem wurden bis Mitte der 90iger Jahre jährlich bis zu 1,4 Mio. m³ Siedlungsabfall auf den beiden Deponien abgelagert. Nach Auslaufen des Langfristabkommens 1994 wurde Berliner Siedlungsabfall aufgrund neuer vertraglicher Regelungen heraus noch bis Mitte 1999 auf den ursprünglich ausschließlich für ehemals West-Berliner Abfälle eingerichteten Deponien Vorketzin und Schöneiche entsorgt. Danach wurden nur noch Gewerbeabfälle, mineralische Abfälle aus Brandenburg/Berlin und geringe Siedlungsabfallmengen aus den angrenzenden Landkreisen bis zum 31.05.2005 dort abgelagert. Sämtliche Abfälle und deren jährliche Menge sind aus Abrechnungsgründen vollständig erfasst worden und bieten eine genaue Grundlage für die Gasmengenberechnung [12; 15; 22; 23]. → **Folie 9.**

3. Deponiegas – Entwicklung in Brandenburg

3.1 Aktivitäten des Umweltministeriums und des Landesumweltamtes BRB zur Reduzierung der Gasemissionen

Mit der Regierungserklärung des damaligen ersten Ministerpräsidenten Stolpe im Jahr 1990 begann auch für die Abfallwirtschaft Brandenburgs ein neues Zeitalter. → **Folie 10.**

Anfang 1991 wurden per allgemeinen Erlass durch das Umweltministerium BRB zunächst alle diejenigen Deponien im Land für die Abfallannahme geschlossen die zukünftig keine Rolle in der Abfallwirtschaft spielen sollten. 68 Siedlungsabfalldeponien → **Folien 11 – 16.**

standen demnach noch für die mittelfristige Entsorgung zur Verfügung die auch im ersten vorläufigen Abfallwirtschaftsplan des Landes Eingang fanden → **Folie 17.**

In der Folge wurde durch das Ministerium und das LUA zum einen die Abfallvorbehandlung und zum anderen die Gasfassung/-behandlung forciert → **Folie 18.**

In den ersten „Nachträglichen Anordnungen des Landesumweltamtes (LUA) nach § 9a Abfallgesetz zur Anpassung der betriebenen Deponien an den Stand der Abfalltechnik“ wurde 1993/1995 von den Deponiebetreibern gefordert, den Gashaushalt auf den Deponien zu untersuchen und Gasprognosen zur Deponiegasentwicklung zu erstellen.

Als praktische Arbeitshilfe zur Vorgehensweise bei der gastechnischen Untersuchung Brandenburger Deponien wurde vom LUA in den „*Berichten aus der Arbeit 1996*“ ein Leitfaden veröffentlicht, auf dessen Grundlage nahezu alle gasrelevanten Deponien des Landes untersucht und beurteilt wurden. In dieser Veröffentlichung sind weiterhin die Grundlagen der Deponiegasentstehung, -entwicklung und -zusammensetzung erläutert, so dass an dieser Stelle darauf nicht weiter eingegangen wird. [25] → **Folien 19 – 20.**

Des Weiteren wurden vom LUA mehrere Fortbildungsveranstaltungen für die betroffenen Deponiebetreiber zum Thema „Deponiegas“ durchgeführt um die Problematiken und richtige Herangehensweise bei der Gasmengenermittlung und Gasprognose zu verdeutlichen.

Bereits 1993 wurden erste Versuche im Land zur „mechanisch-biologischen Vorbehandlung“ von Siedlungsabfällen u.a. auch mit dem Ziel der Minimierung der Deponiegasbildung durchgeführt.

1995 begann daraufhin die erste Körperschaft mit der Konzipierung dieser Art der Abfallvorbehandlung.

Zum 01. Juni 1999 hatte das Landesumweltamt zur Umsetzung der Ziffer 12.1.b) –TASi- angeordnet, dass auf betriebenen Siedlungsabfalldeponien die Ablagerung nativ-organischer Abfallbestandteile zu reduzieren ist → **Folie 21.**

Durch die Landkreise waren:

- Maßnahmen zur Bioabfallentfrachtung durch Aufstellen von Biotonnen, Einrichtung von Sammelstellen für Bioabfälle und Maßnahmen der Eigenkompostierung zur Reduzierung des maximalen Anteils von organisch abbaubaren Bestandteilen im Hausmüll auf 60 kg/E·a zu ergreifen,

oder

- eine Vorbehandlung durch einfache Behandlungstechnologien durchzuführen, die noch nicht die zum Juli 2005 geltenden Anforderungen der TAsi /AbfallAblagerungsVO erfüllen mussten.

Zwischen 2000 und 2005 wurden in der Folge an mehreren Standorten Brandenburgs (Deponie Schwanebeck/Nauen, Lichterfeld bei Lauchhammer und Deponie Cottbus-Saspow) Restabfälle bereits mechanisch-biologisch vorbehandelt. Teilweise wurden diese Behandlungsanlagen vom Land Brandenburg gefördert, um Anreize für eine umweltverträglichere Restabfallablagerung im Sinne der Landesabfallpolitik zu geben.

Diese Anlagen arbeiteten bis zur Ablösung durch Vorbehandlungsanlagen, die die Anforderungen der AbfallablagerungsVO und der 30. BImSchV einhalten konnten.

In diesen drei Vorbehandlungsanlagen wurden seinerzeit ca. 10% des jährlichen Siedlungsabfallaufkommens in BRB (120.000 t Siedlungsabfall/Jahr) mechanisch / biologisch behandelt.

Diese Maßnahme führte bereits in diesem Zeitraum zu einer erheblichen Reduzierung der Bildung des klimarelevanten Methans an den betreffenden Deponien, welches sonst im Deponiekörper entstanden wäre.

Etwa zeitgleich wurden auch die Deponiegas-Emissionen durch die neuen Gasfassungs-, entsorgungs- bzw. -verwertungsanlagen verringert. Die Entwicklung der gasrelevanten Deponien zeigt → **Folie 22**. Bei den gasrelevanten Deponien ist leider nur eine anteilige Verringerung der Methanemission in Höhe des Gas-Erfassungsgrades innerhalb der Deponiekörper möglich gewesen. Ursache ist hier die in vielen Fällen noch fehlende Oberflächenabdichtung.

Restmüllvorbehandlung und Deponiegasfassung, -verwertung bzw. -behandlung waren daher in den Jahren 1995 – 2005 parallel laufende Maßnahmen zur Reduzierung klimarelevanter Deponiegasemissionen.

3.2 Deponiegasmengen in Brandenburg

Die zahlenmäßige Entwicklung der theoretisch anfallenden Deponiegasmengen wurde auf Grundlage der Formeln nach Ehrig/Rettenberger berechnet. → **Folie 23.**

Dabei wurden die spezifischen Parameter der unterschiedlichen Abfälle ermittelt und für die jeweilige Gasmengenberechnung herangezogen. Von Bedeutung war für die weitere Betrachtung mit welchen biologisch verfügbaren und unter Deponiebedingungen abbaubaren Kohlenstoffgehalten in den drei Haupt-Siedlungsabfallströmen gerechnet werden kann.

→ **Folie 23.**

Der ehemals „**West-Berliner**“ Abfall wurde durchgängig mit ca 220 kg/t C_{bio} angenommen, dieser Wert wurde auch anhand der Abfalluntersuchungen 1995 weitgehend bestätigt [17].

Bei den drei ehemals „**Ost-Berliner**“ Deponien wurden für den Zeitraum 1970 – 1990 biologisch verfügbare Kohlenstoffgehalte zwischen 60 und 110 kg/t C_{bio} festgestellt, der Siedlungsabfall der nach 1990 abgelagert wurde wies dann den Kohlenstoffgehalt der ehemals West-Berliner Abfälle auf.

Anhand der Deponiegasuntersuchungen an den Brandenburger Deponien wurden für den Zeitraum 1970 – 1990 für den Altsiedlungsabfall Gehalte von 40 – 90 kg/t C_{bio} festgestellt. Deponien auf denen Abfälle von Kläranlagen und LPG` en in „Hot-Spot-Bereichen“ ermittelt wurden, wiesen bereichsweise erhebliche Kohlenstoffgehalte auf, auf die aber nicht in die Gesamt-Gasmengenberechnung einbezogen wurden. Als Berechnungsgrundlage wurden letztendlich 60 kg/t C_{bio} angenommen.

Da die Gasproduktion in Deponien mehrere Jahrzehnte andauert, das Abfallspektrum jedoch nicht nur leicht abbaubare, kohlenstoffreiche Anteile aufweist, soll nachfolgend mit einer sicheren Gasproduktion von 200 m³/t für den Siedlungsabfall aus Berlin und Brandenburg, der nach der Wiedervereinigung abgelagert wurde, als Mittelwert gerechnet werden. Der von 1972 - 1990 abgelagerte Siedlungsabfall West-Berlins wurde mit einem sicheren Gasbildungspotential von 220 m³/t berechnet [14].

Abfälle aus ehemals Ost-Berlin und den drei Bezirken P, FF/O und Cb wurden mit einem Gasbildungspotential im Bereich von etwa 30 - 120 m³/t ermittelt, der Berechnungswert wurde auf Grundlage der vorliegenden Gasuntersuchungsergebnisse mit 60 m³/t angenommen [14; 17; 18].

Da die verschiedenen Abfälle sehr verschiedene Abbauraten aufweisen, wurde auch die Abbaukonstante auf Grundlage der Laboruntersuchungen in den Berechnungsformeln berücksichtigt.

→ **Folie 23** zeigt den auf Grundlage der Prognoserechnung ermittelten Verlauf der Gasbildung von 1970 – 2010 auf allen zur Siedlungsabfallablagung genutzten Deponien im Land.

Deutlich erkennbar ist hier die geringe Gasbildung 1970- 1973 aufgrund der sehr geringen Abfallmengen und Kohlenstoffgehalte im (DDR-) Siedlungsabfall und die dann seit 1973 einsetzende Gasbildung der zunächst jährlich 280.000 - 640.000 m³ abgelagerten Abfälle aus ehemals West-Berlin, der sich kontinuierlich erhöhte, weil immer größere Abfallmengen jährlich abgelagert wurden. Den steilen Anstieg der Gasbildung zu Beginn der 90 iger Jahre mit dem Höhepunkt im Jahr 1996 verdanken wir der erheblichen Abfallmengen Zunahme in beiden Bundesländern nach der Wiedervereinigung auf bis zu 2,6 Mio. m³/a.

Dabei ist noch zu erwähnen dass einige bedeutende Klärschlamm-Zwischenlager mit mehreren 100.000 m³ nicht ausgefallter Abfälle ebenfalls auf den Siedlungsabfalldeponien abgelagert wurden. Diese Abfälle sind gesondert in der Prognose berücksichtigt worden.

Die höchste prognostizierte Gasmenge wurde so mit ca 590 Mio. m³ im Jahr 1996 ermittelt, seitdem war ein Abfallen des Gasbildungspotentials aus den genannten Gründen (Rückgang der Abfallmengen und erste Abfallbehandlungsmaßnahmen) festzustellen.

2005 wurde die Abfallablagung unbehandelter Siedlungsabfälle vollständig beendet, die Gasbildungskurve verläuft seitdem konstant gegen Null.

Im Ergebnis der Deponiegasuntersuchungen an den ursprünglich 53 Brandenburger Siedlungsabfalldeponien mit relevanten Gasbildungsprozessen wurde festgestellt, dass auf Deponien mit durchschnittlicher Größe (Ablagerungsvolumen 300.000 m³ – 1 Mio. m³) mit einer Deponiegasproduktion von 150 – 800 m³/h gerechnet werden kann. Dies betraf zum Abschluß des Untersuchungszeitraumes **41 Deponien** des Landes zuzüglich der Altablagerung Großziethen. Nach Vorliegen der Ergebnisse aus den Prognoserechnungen und Gasabsaugversuchen wurden die Deponiebetreiber mit relevantem Gasaufkommen vom LUA aufgefordert, Antragsunterlagen zur Fassung und Behandlung des anfallenden Deponiegases vorzulegen und die Genehmigungen zum Bau und Betrieb der Anlagen zu beantragen.

1997 waren von den ehemals 68 Siedlungsabfalldeponien noch 46 in Betrieb, in den Jahren 1991 – 1997 wurden bereits 22 Deponien geschlossen. In der zweiten Hälfte der 90iger Jahre setzte sich dieser Trend fort, so daß bis Mitte 2005 bis auf 10 Deponien alle anderen geschlossen wurden. Ab 2002 wurden zudem 2 kleinere örE-Deponien zurückgebaut, der Abfall wurde auf größere Deponien umgelagert.

An 9 Deponie-Standorten mit nur noch geringem Gasbildungspotential, d.h. nicht kontinuierlich erfassbaren Gasmengen < 50 – 100 m³/h oder geringen Methangehalten von < 20 Vol%, wurden bereits passive Entgasungen zugelassen, das Restgas wird hier über ein Rohrsystem durch die Oberflächenabdichtung in die Rekultivierungsschicht geleitet. Dort wird im Sauerstoffhaltigen Milieu des Oberbodenbereiches das Methan von Bakterien zu Wasser und pflanzenverfügbarem Kohlendioxid umgewandelt. Eine dieser Deponien wurde zuvor „in Situ - stabilisiert“ (Deponie Milmersdorf LK UM).

Diese Restgasableitung stellt somit die letzte Stufe der Möglichkeiten zur Methan-Umwandlung im Deponiegas dar. Sie wird daher bei allen bisherigen Siedlungsabfalldeponien nach Abschluss der aktiven Gasbildungszeit erforderlich sein. **zurück**→ **Folie 22**.

Ende 2006 waren noch **42 Deponien** (einschl. Altablagerung Großziethen) gasrelevant, davon verfügen 27 Deponien (einschl. Großziethen) über Gasfassungsanlagen, weitere 15 Deponien befinden sich in Untersuchung, Planung, Genehmigung oder Bau.

Ein Großteil der Entgasungsanlagen konnte dabei durch Fördermittel, insbesondere durch Mittel aus dem Infrastrukturfond der EU (EFRE) unterstützt werden.

Die „Berliner Deponien“ im Land Brandenburg (insgesamt deponierte Ablagerungsmengen bis 2006 zwischen 5 und 20 Mio. m³) weisen aufgrund ihrer Abfallvolumen den größten Anteil am Methanausstoß, bezogen auf die jeweilige Deponie, auch über einen längeren Zeitraum hinweg auf, dies zeigt sich auch anhand der tatsächlich geförderten Gasmengen.

Die bereits vor 1990 betriebenen fünf „Berliner Großdeponien“ produzieren jeweils Deponiegasmengen zwischen 2.200 bis 5.200 m³/h. Hierbei handelt es sich um die Deponien:

- Wernsdorf im Landkreis Dahme-Spree (LDS) mit 2200 m³/h,
- Schwanebeck-Nord im Landkreis Barnim (BAR) mit 3500 m³/h,
- Schöneiche im Landkreis Teltow-Fläming (TF) mit 5200 m³/h,
- Schöneicher-Plan im Landkreis Teltow-Fläming (TF) mit 4000 m³/h und
- Vorketzin im Landkreis Havelland (HVL) mit 5500 m³/h.

Die Altablagerung „Großziethen“ liegt heute noch bei etwa 450 m³/h. Insgesamt produzierten die „Berliner Deponien“ Ende 2006 etwa **183 Mio m³ Deponiegas/a**, diese Deponien wurden daher auch als erste im Land gastechisch untersucht und mit Deponiegasfassungs/-verwertungsanlagen ausgestattet.

Im Vergleich hierzu produzieren die gasrelevanten Brandenburger Siedlungsabfalldeponien ca **140 Mio. m³ Deponiegas/a** [17].

4. Minderung der Klimarelevanz des Deponiegases durch deponietechnische Maßnahmen

Deutschlandweit wurden im Jahr 1990 noch ca 4,8 Mio. t Methangas emittiert , 2005 belief sich der Methanausstoß nur noch auf rund 2,3 Mio. Tonnen, diese Menge entspricht einem Treibhauspotenzial von 47,6 Mill. Tonnen CO₂-Äquivalenten (Faktor 21) [25].

2005 war die Landwirtschaft mit 1,08 Mio. Tonnen oder knapp 48 % Anteil an den Methan-Emissionen die wichtigste Emissionsquelle. Zum zweitwichtigsten Emittentensektor wurde zwischenzeitlich der Energiesektor, der 29 % (knapp 663.000 t) der Methan-Emissionen ausmacht.

Weitere 526.000 Tonnen (23 %) der gesamten Methanemissionen, entstehen in der Abfall- und Abwasserentsorgung, der Hauptteil davon (496.000 t) bedingt durch die Deponiegasemissionen aus Abfalldeponien.

Der Methan-Anteil an den Treibhausgasemissionen nahm von acht auf fünf Prozent ab. Damit trug Methan weit überdurchschnittlich zum Rückgang der Treibhausgasemissionen seit 1990 bei.

Zum Ende des Betrachtungsjahres 2006 betrug die **theoretisch entstandene Gasmenge in Brandenburg** nur noch **etwa 480 Mio. m³/a**, die tatsächlich gefasste Gasmenge bereits über 105 Mio. m³/a. → **Folie 24** zeigt den Verlauf der Gasbildung und der gefaßten Gasmengen.

Anhand der blauen Kurve ist ersichtlich, dass mit der ab 1995 einsetzenden Fassung und Behandlung von Deponiegas damit auch eine erhebliche Reduzierung des emittierenden Treibhausgases Methan bis gegen Ende 2006 erreicht wurde. Bei einem Anteil von ca 55% Methan im Deponiegas emittieren somit **ca 264 Mio. m³ Methan aus den Deponien**.

Im Jahr 1996 emittierten in Brandenburg insgesamt ca. 82 Mio. t CO₂-Äquivalente an Klimagasen. Daran hatte Deponiegas einen Anteil von ca. 6 Mio. t (7,3 %). 2006 emittierten aus den Deponien nur noch 4,9 Mio. t CO₂-Äquivalente, durch Behandlung und energetische Nutzung wird dies auf etwa 3,9 Mio. t reduziert. Bezogen auf das Jahr 2010 ist durch Gasfassung und anteilige energetische Nutzung eine Reduktion der dann verbleibenden 3,3 Mio. t CO₂ Äquivalente auf nur noch 2,2 Mio. t möglich.

Dieser Wert wird sich noch verbessern lassen, wenn die vollständige Abdichtung der gasrelevanten Deponien abgeschlossen sein wird.

→ **Folie 25.**

Die **rote Linie** stellt die CO₂-Äquivalente des sich bildenden nicht behandelten Deponiegases dar. Minderung entsteht nur durch geringere Abfallmengen, Abfallvorbehandlung und das natürliche Abklingen des biologischen Abbauprozesses in den Deponien.

Die **blaue Linie** zeigt gegenüber der Roten die durch Gasfassung und Verbrennung ohne Verwertung eintretenden Minderungen. Bis 1995 fand keine Gasfassung in messbarer Größenordnung statt. Der Abstand zur roten Linie ergibt sich aus der unterschiedlichen Wirkung von CO₂ und unbehandeltem Deponiegas.

Die **grüne Line** ergibt sich aus der Blauen durch die Verrechnung der Substitutionsgutschrift bei einer 80 %igen Verwertung des gefassten Gases zur Stromerzeugung in Verbrennungsmotoren. Eine Nutzung der anfallenden Motorabwärme verbessert die Bilanz weiter. Dies wird an den Standorten der großen Deponien in Brandenburg bereits praktiziert.

→ **Folie 26.**

Im Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) ist für in das öffentliche Netz eingespeisten Strom aus Deponiegas eine Mindestvergütung festgelegt. Sie ist begrenzt auf Anlagen mit Leistungen unter 5 MW_{el}. Damit ist ein wirtschaftlicher Betrieb bisher an 14 Deponiestandorten gesichert. An 7 Standorten wird zudem Wärmeenergie aus dem Deponiegas gewonnen.

Im Jahre 2000 wurden durch die Gasverwertung an den Deponiestandorten 8,2 MW Strom und 7,9 MW Wärme erzeugt. Im Betrachtungsjahr 2006 hat sich die Bilanz bereits auf 21,3 MW Strom und 21,5 MW Wärme erhöht.

Es bleibt daher auch weiterhin Aufgabe des LUA die Betreiber von Siedlungsabfalldeponien zu verpflichten, das auf längere Sicht noch entstehende Deponiegas aus Gründen

- des Klimaschutzes,
- zur Verhinderung von Gefahren und
- zur Vermeidung von Allgemeinwohlbeeinträchtigungen (Geruchsbelästigungen)

zu erfassen und soweit wie möglich zu verwerten.

Der Hauptschwerpunkt in der Deponietechnik bleibt also weiterhin die Abdichtung der Deponien und die Fassung des anfallenden Deponiegases um die Bilanz der CO₂ Reduzierung weiterhin zu optimieren. Somit wird durch die deponietechnischen Maßnahmen und die Abfallbehandlung auch weiterhin ein nicht unbedeutender Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden können.

Zusatzerläuterungen:

Der von 1970 bis 1995 abgelagerte Siedlungsabfall mit einer Gesamtmenge von etwa 47 Mio. t, entsprechend 61 Mio. m³, ist zu unterscheiden nach Siedlungsabfällen aus den ehemaligen DDR-Bezirken, aus Westberlin bis zur Wiedervereinigung und aus beiden Bundesländern nach der Wiedervereinigung. Ab 1995 wurde der Abfall aus Berlin nicht mehr nach „Ost“ und „West“ getrennt entsorgt. Nach 1995 wurden organikreiche Abfälle nur noch in der Größenordnung von ca 1 Mio. m³/a abgelagert, auf die 3 Berliner Deponien gelangten etwa 900.000 m³/a.

Für diese Abfallfraktionen sind unterschiedliche Eingangsdaten zur Berechnung des Gasbildungsvermögens und der Deponiegasinhaltstoffe anzusetzen, da bei Berücksichtigung der Abfälle und den hierin enthaltenen abbaubaren Kohlenstoffgehalten sowie der Ablagerungsbedingungen erhebliche Unterschiede bestehen [14, 16, 17,18, 19,26].

Die Abfallmengen aus West-Berlin und Brandenburg/Ost-Berlin zwischen 1970 und 1990 unterscheiden sich ebenfalls deutlich, so daß das Deponiegasbildungspotential im Vergleich erhebliche Unterschiede aufweist [18, 17]. Ausgehend von den Einwohnerzahlen Brandenburgs [10] sowie den durch [12, 15 -17] ermittelten Abfallmengen/Einwohner x Jahr sind im Zeitraum 1970 - 1990 etwa 13,2 Mio. t Siedlungsabfall in Brandenburg/Ostberlin angefallen und abgelagert worden. West-Berliner Siedlungsabfall wurde gesondert deponiert, die gewogenen Abfallmengen im selben Zeitraum betragen etwa 16,0 Mio. t [15]. Dabei wurden auch die Westberliner Siedlungsabfälle auf der Altablagerung Großziethen mit ca. 2,4 Mio. t berücksichtigt. Von 1990 - 1995 wurde aus beiden Bundesländern Siedlungsabfall gleicher Zusammensetzung abgelagert, die Gesamtmenge beträgt ca. 17,7 Mio. t [11, 12, 15, 23].

Auf Grundlage der Berechnungsmethoden nach [7] betrug im Jahr 1996 für alle bis zu diesem Zeitraum im Land Brandenburg abgelagerten organischen Abfälle das maximal mögliche Gasbildungspotential ca. 590 Mio. m³ [17], mit Entgasungsanlagen erfaßbar sind im Mittel nur 50 % dieser Gasmenge, allerdings ist eine gezielte Gasfassung nur an größeren Deponien / Altablagerungen mit mehr als 150 000 m³ Gesamtablagerungsvolumen möglich. Die ermittelten Gesamtemissionen werden hier jedoch als Basis für die weitere Emissionsbetrachtung herangezogen.

CH₄-Emissionen

Der Anteil von Methan im Deponiegas beträgt in der stabilen anaeroben Abbauphase etwa 45 - 55 % [7]. Diese Methangehalte wurden in den betriebenen Siedlungsabfalldeponien Brandenburgs ebenfalls festgestellt [17].

In Altablagerungen und Alt-Deponien, in denen der Abbauprozess der organischen Inhaltsstoffe bereits weitgehend stattgefunden hat, beträgt der Methangehalt weniger als 20 - 25 %, vereinzelt wurden allerdings auch höhere Gehalte gemessen, die auf Fäkalablaßstellen, Tierhaltungsabfälle und ähnliche hochorganische Ablagerungen zurückzuführen sind.

Für das Land Hessen wurde ermittelt, daß die CH₄-Emission aus Altablagerungen 46 % der Menge umfaßt, die aus in Betrieb befindlichen Deponien ausgast. Der Abfall in Altablagerungen war in den neuen Bundesländern allerdings wesentlich kohlenstoffärmer als in den alten Bundesländern. Nach [14, 17, 18, 19, 26] lag vor 1990 der Kohlenstoffgehalt frischer Siedlungsabfälle bei 60 bis 120 kg/t, nach 1990 lag dieser Anteil bei 150 bis 220 kg/t. Daraus resultiert auch, daß die spezifische CH₄-Emission aus Deponien und Altablagerungen, die vor der Wiedervereinigung verfüllt wurden, im Jahr 1995 deutlich unter denen der alten Bundesländer liegt.

CO₂-Emissionen

Analog zu den CH₄-Untersuchungen auf Brandenburger Deponien wurde der CO₂-Anteil im Deponiegas auf den betriebenen Siedlungsabfalldeponien mit 35 - 65 % festgestellt. Der Anteil von CO₂ im Gas aus Altablagerungen lag wiederum erheblich niedriger und wurde mit 10 - 30 %, vereinzelt auch leicht höhere Gehalte, gemessen. Vom erfaßbaren Deponiegas wurden anteilmäßig 20 % CO₂ für DDR-Alttabfall und 45 % CO₂ für Berliner und Nachwende-Abfall angenommen.

VOC-Emissionen

Neben den Hauptkomponenten CH₄ und CO₂ im Deponiegas können - wie bereits dargelegt - auch flüchtige organische Verbindungen (VOC) freigesetzt werden.

In Altablagerungen sind zum größten Teil keine oder nur unbedeutende Anteile von VOC im Deponiegas festgestellt worden. Im Deponiegas betriebener Siedlungsabfalldeponien wurden jedoch nennenswerte Anteile festgestellt, die zum überwiegenden Teil aus Abfällen, die nach

1990 abgelagert wurden, stammen [14, 17].

Untersuchungen an der Deponie Saspow (Stadt Cottbus) erbrachten beispielsweise aus 2 Proben folgende Befunde [17]:

- Alkane 233/518 mg/m³
- Aromaten 22/ 89 mg/m³
- α -Pinen 7/ 84 mg/m³.

An chlorierten Kohlenwasserstoffen wurden vor allem 1,1-Dichlorethan, 1,2 Dichlorethan, Trichlorethan und Tetrachlorethan in höheren Konzentrationen festgestellt. In [1] werden folgende Konzentrationen von VOC in Deponiegasen angegeben:

- CKW 31 bis 202 mg/m³
- FCKW 24 bis 80 mg/m³
- Aromaten 69 bis 268 mg/m³
- Aldehyde 21 bis 320 mg/m³

VOC gesamt 145 bis 870 mg/m³

LITERATUR, FUNDSTELLEN

- [1] Maria Curter, Berliner Gold - Geschichte der Müllbeseitigung in Berlin, Verlag Haude und Spener 1996, ISBN 3 – 7759 – 0406 – 9

- [2] Vorläufiger Abfallentsorgungsplan für das Land Brandenburg, Teil Siedlungsabfälle, vom 12. Dezember 1992
(Hrsg: Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung BRB)

- [3] 1. Abfallwirtschaftsplan des Landes Brandenburg, Teil Siedlungsabfälle, vom 8. Juni 2000, veröffentlicht im ABI BRB Nr. 30 vom 02. August 2000, S. 390

- [4] Bericht des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung BRB über den Stand der Umsetzung der kommunalen Abfallwirtschaftskonzepte sowie des Abfallwirtschaftsplanes, Teilplan Siedlungsabfälle, vom 10. April 2002

- [5] 2. Abfallwirtschaftsplan des Landes Brandenburg, Teilplan Siedlungsabfälle, vom 23. April 2007, ABI BRB, Nr. 21 vom 30. Mai 2007, S. 1131

- [6] Müllhandbuch Band 1; Band 2
Erich Schmidt Verlag

- [7] RUK Ingenieurgruppe, Prof. Rettenberger, Prof. Stegmann;
Trierer Berichte Bd. 3, Bd. 6, März 1994

- [8] Veröffentlichung "Zeitgemäße Deponietechnik 1993"

- [9] Statistisches Landesamt Berlin, Jahrbuch 1997

- [10] Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, Brandenburg

- [11] Abfallbilanzen des Landes Brandenburg 1992 -2006,
Herausgeber: Umweltministerium BRB
- [12] Abfallbilanzen des Landes Berlin 1992 -2006,
Herausgeber: Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
- [13] Statistische Jahrbücher der DDR 1985 - 1988
- [14] Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes Berlin "Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien am Beispiel der Deponien Schöneiche und SchöneicherPlan", 1995.
- [15] Geschäftsberichte der Berliner Stadtreinigungsbetriebe BSR 1976 – 1995;
Jahresstatistiken der auf den Deponien Wernsdorf, Schöneicher-Plan und Schwanebeck abgelagerten Siedlungsabfälle 1991-2006
- [16] Untersuchungsberichte des Institutes für Kommunalwirtschaft Dresden zur Abfallwirtschaft in der DDR, 1985
- [17] Landesumweltamt Brandenburg, Ergebnisse der Gasabsauguntersuchungen / Gasprognosen an 42 Siedlungsabfalldeponien und der Altablagerung „Groß Ziethen“ in Brandenburg, unveröffentlichte Auswertung des Landesumweltamtes Brandenburg, 1993-2006;
- [18] Gutachten zur Genehmigungsplanung der aktiven Entgasungsanlage "Deponie Golm/Potsdam", Fa. RUK Prof. Rettenberger, Mai 1995.
- [19] Emissionsverhalten von Deponien und Altablagerungen in den neuen Bundesländern, Veröffentlichung "Entwicklungstendenzen in der Deponietechnik 1998"
- [20] Technische Anleitung/Siedlungsabfall vom 14.05.1993 (Banz Nr. 99a)
- [21] Krümpelbeck, I., Höring, K., Ehrig, H.-J.: Zukünftige Entwicklung der Deponiegasmengen, Abfallwirtschaftsjournal 7 - 8/98

- [22] Statistische Ämter der Länder - „Umweltökonomische Gesamtrechnung der Länder – Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen 2007“ www.ugrde.de
- [23] Jahresmeldungen 1992 – 2006 der Deponiebetreiber im Land Brandenburg, unveröffentlicht
- [24] Jahresmeldungen 1976 – 2006 der MEAB mbH für die Deponien Vorketzin und Schöneiche, unveröffentlicht
- [25] Landesumweltamt Brandenburg, Berichte aus der Arbeit 1996, Referat Öffentlichkeitsarbeit
- [26] Bundesweite Hausmüllanalyse 1983 – 1985, Forschungsbericht TU Berlin, Arbeitsgruppe Umweltstatistik ARGUS, 1986
- [27] Müllhandbuch Teil 1, Berlin 1981