

Deponieschwachgasnutzung / - entsorgung: Einsatz und Grenzen

mit globaler CO2 – Betrachtung, CO2 -Zertifikatshandel

Handel mit Treibhausgasemissionen

Fachtagung am 23. April 2003
in Lampertheim

Dipl.-Ing. W. H. Stachowitz

www.das-ib.de
stachowitz@das-ib.de

(Stand 5.IV.03)

1. Treibhauseffekt

Natürlicher Treibhauseffekt (Glasscheiben eines Treibhauses): Troposphärische Sonnenenergie wird eingefangen, indem Sonnenlicht durchgelassen wird (energiereiche kurzwellige Strahlung) und die Infrarotstrahlung (langwellige Wärmestrahlung) zurückgehalten bzw. verzögert abgestrahlt wird. Dieser „natürliche Treibhauseffekt“ verhindert, dass die von der Sonne ausgehende und die Erde erwärmende Infrarotstrahlung wieder in den Weltraum reflektiert wird. Eine Erwärmung der Erdoberfläche ist die Folge. Ohne diesen Effekt läge die Durchschnittstemperatur der Erde nicht bei ca. +15°C, sondern bei ca. -18°C (WWF – Bericht). Ohne diesen natürlichen Effekt gäbe es wohl kein Leben auf der Erde.

Ferner wird der Treibhauseffekt durch klimarelevante Gase wie z.B. Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), FCKWs verstärkt, so dass es zu einer unerwünschten Erhöhung der Durchschnittstemperatur auf der Erde kommt (**anthropogener Treibhauseffekt**).

Die erste anthropogene Quelle war wohl der Mensch, der das Feuer nutzte, von da an verbrauchten WIR fossile Energien und Biomasse zur Umwandlung („Erzeugung“) von Wärme, Strom, Bewegungen (Verkehr), Ernährung, Müll,

Gesamter Treibhauseffekt:

| | | |
|-------------|----------------------|--|
| Wasserdampf | Restl. Treibhausgase | Anthropogener (unerwünschter) Treibhauseffekt |
| 60 – 95 % | 5 – 40 % | 0,5 – 1,5 % |

Anthropogener (unerwünschter) Treibhauseffekt:

| | | | | | |
|-----------------------|------------------|------------------------------------|----------|--------------------------------|---------------------------------|
| Troposphärisches Ozon | Distickstoffoxid | Stratosphärisches H ₂ O | FCKW | Methan (CH₄) | Kohlendioxid (CO ₂) |
| 2 – 10 % | 2 – 10 % | 0 – 10 % | 5 – 25 % | 10 – 25 % | 35 – 65 % |

Anthropogene (unerwünschte) CH₄ – Emissionen (in D: 380 Mt / a):

| | | | | | | | |
|------------|--------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------|----------|
| Reis-anbau | Wieder-käuer | Müll-deponien | Verbrennung von Biomasse | Kohle-Bergbau und Nutzung | Ergas, Erdöl Gewinnung und Nutzung | Verkehr | Gewässer |
| 35 % | 24 % | 13 % | 9 % | 9 % | 9 % | 0,5 % | 0,5 % |

Quelle: Kurzfassung VDI – Bericht „Emissionen und Luftqualität“, 1998

1.1 Historie

Globale Umweltkrisen wie der anthropogene Treibhauseffekt und die Reduktion der stratosphärischen ozontragenden Schichten schienen noch bis Mitte der achtziger Jahre nicht greifbar, erst in den siebziger Jahren begann man, die Klimathematik intensiv systemisch zu betrachten. Die erste Weltklimakonferenz in Genf 1979 wird als Beginn der Klimawirkungsforschung betrachtet.

Klimatische Rekonstruktionen bis 1 000 n.Chr. durch die Amerikanische Geophysikalische Union zeigen

einen langzeitigen Abkühlungstrend bis zum Zeitalter der Industrialisierung. Mit dieser begann die Beschleunigung des Wandels bis zum heutigen Zustand, in der eine irreversible Klimaveränderung in den nächsten fünfzig Jahren anzunehmen bzw. schon festzustellen ist.

1.2 Derzeitige Feststellungen und Prognosen

Temperaturanstieg der bodennahen Atmosphäre von 0,3 bis 0,6 °C seit Ende des 19. Jahrhunderts nach: Assessment Report IPCC von 1994.

Der „US Global Change research Information office (GCRIO)“ stellt 1 °C Temperaturanstieg seit 1860 fest.

Die Meereshöhe ist dadurch um 10 bis 25 cm (bereinigt um die Ausdehnung des Wassers, d.h. über das Maß hinaus) aufgrund der Temperaturerhöhung angestiegen lt. „US Global Change Research Information office – GCRIO“

Prognosen auf der Grundlage des gegenwärtigen Wissenstandes rechnen innerhalb der nächsten 50 Jahre mit einem Temperaturanstieg von 1,5 bis 4,5 K (°C) und in 100 Jahren mit einem Anstieg um 5 – 6 K (°C) auf der Erdoberfläche.

Der „United Nations Framework Convention on Climate Change“ erwartet eine Temperaturerhöhung um 1 bis 3,5 K bis zum Jahre 2100.

1.3 Folgen eines zunehmenden Treibhauseffekts

Wenn der Trend der Emissionen anhält, muss lt. „Enquete – Kommission des Deutschen Bundestages – u.a. mit folgenden Auswirkungen auf den Mensch und die Umwelt gerechnet werden:

- * Weiterer Anstieg des Meeresspiegels um 30 bis 90 cm
- * Verschiebung der Klimazonen um 200 bis 400 km polwärts
- * großräumiges Waldsterben in mittleren und höheren Breiten
- * Beeinträchtigung der Wasserressourcen
- * Verschlechterung der Welternährungssituation

Beispiele:

- * Eine Temperaturerhöhung von 0,1 bis 0,2 K führt in der Sahelzone – bei gleich bleibendem Niederschlag – dazu, dass die Wüste ca. 100 km weiter vordringt.
- * 0,5 K Temperaturerhöhung verlängert in England die Vegetationszeit um etwa 14 Tage.

1.4 Relativer Treibhauseffekt von verschiedenen Gasen

Die Wirkung der klimarelevanten anthropogenen Gase ist sehr unterschiedlich und hängt vom Emissionsmassenstrom und vom spezifischen Treibhauspotential (Global Warming Potential) ab. Darüber hinaus ist der Betrachtungszeitraum von Bedeutung, da die einzelnen Stoffe unterschiedliche Abbauraten in der Atmosphäre unterliegen, häufig wird der Zeitraum 100 Jahre verwendet.

Nach:

„Wuebbles D. & Edmonds J. – 1991, Primer on Greenhouse Gases, Lewis Heizwert in kWh / m³
Publishers Inc. Chelsea, Michigan. First Edition IBN 087371 222 6” und “Intergovernmental Panel on
Climate Change Third Assessment Report, 2001” UK
sind folgende GWP anzusetzen:

(Auszug)

| Greenhouse gas | Estimated Lifetime (years) | 20 years GWP | 100 years GWP | 500 years GWP |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|---------------|
| CO ₂ | Variable | 1 | 1 | 1 |
| CH ₄ | 12 | 62 | 23 | 7 |
| N ₂ O | 114 | 275 | 296 | 156 |
| Various CFCs (Chlorofluorocarbons) | | | | |

GWP: Global Warming Potential

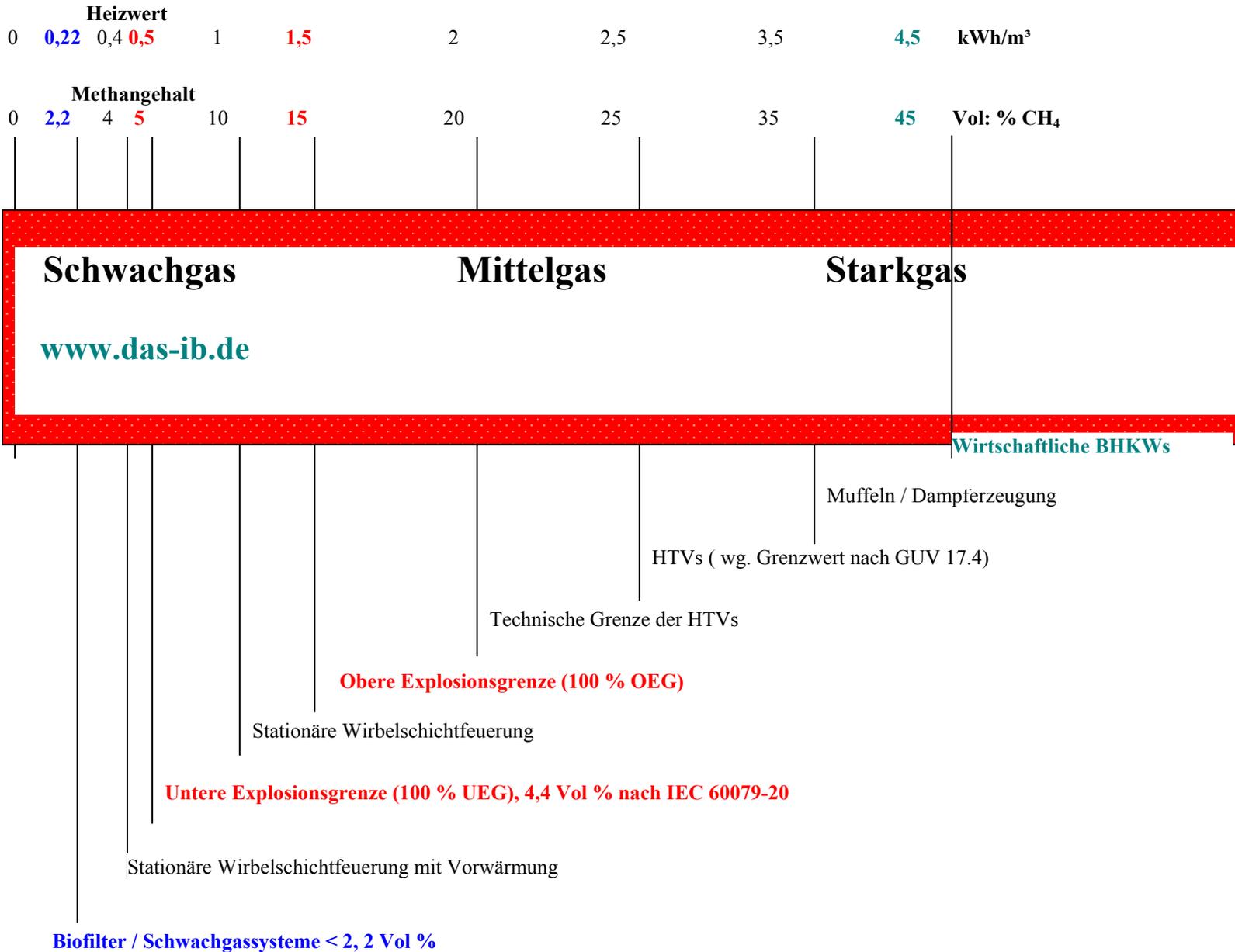
Bei der Festlegung des GWP – Faktors wird die Absorption der Wärmestrahlung des betreffenden Moleküls und dessen mittlere Verweilzeit in der Atmosphäre berücksichtigt.

2. Deponiegas

2.1 Technische Einsatzbereiche, Explosionsschutz

2.1.1 Brennbereiche, Stand der Technik

Betriebsbereiche von Gasverwertungsanlagen



2.1.2 Dreistoffdiagramm (Explosionsdreieck)

für den Explosionsbereich Methan / Luft / CO₂- N₂ – Gemischen

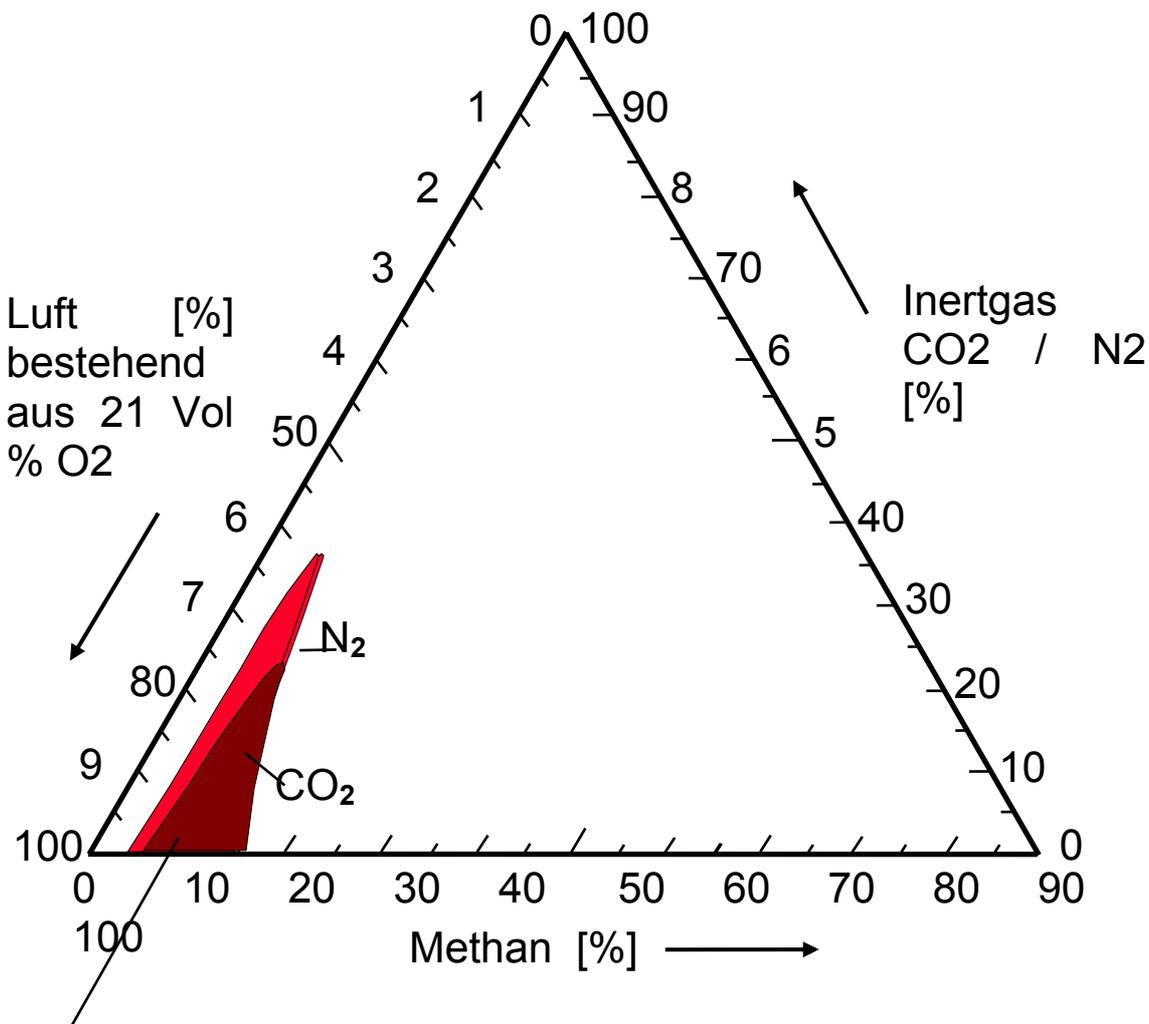
Nach Tabasaran / Rettenberger (UBA – Forschungsbericht 12/1982, Nr. 10302207 Teil1)

DAS – IB GmbH DeponieAnlagenbauStachowitz

Tel. + Fax # 49 / 431 / 683814 www.das-ib.de info@das-ib.de

Biogas-, Klärgas- und Deponiegastechnologie:

- **Beratung, Planung, Projektierung**
- **Schulung von Betreiberpersonal**
- **Sachverständigentätigkeit**



**Explosionsbereich: Überschreitung von 11,6 Vol % Sauerstoff
und**

zw. 5 (4,4) Vol % Methan (100 % UEG) und 15 Vol % Methan (100 % OEG)

2.2 CO₂ – Zertifikatshandel für Deponiegas ?

Gemäß dem Rat der Europäischen Union (Einigung vom 11. Dezember 2002, Dossier 2001/0245) beschreibt die Richtlinie 14935/02 den sog. „CO₂ – Zertifikatshandel“ als „Handel mit Treibhausgasemissionsberechtigungen“. Unter diese Richtlinie fallen nach Anhang II die Treibhausgase: CO₂ (1. Phase), CH₄, N₂O, SF₆ und Fluorkohlenwasserstoffe sowie Perfluorierte Kohlenwasserstoffe. [Einen Überblick über den Ablauf des Emissionshandel bietet das Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie unter: \[www.wupperinst.org/Projekte/Klima/k28.html\]\(http://www.wupperinst.org/Projekte/Klima/k28.html\)](#)

2.2.1 Einleitung und Basis

Um die Ziele:

- EU – Verpflichtung von Kyoto: Reduzierung des Ausstoß an Treibhausgasen um 8 % zum Jahr 2012 auf das Basisjahr 1990 zu erreichen und
- den Beschluss des Bundeskabinetts aus November 1990: Senkung des wichtigsten Treibhausgases CO₂ um 25 % bis 2005 (Basisjahr ebenfalls 1990) umzusetzen

wird sich ein Emissions(rechte)handel als Instrument eines effektiven Klimaschutzes etablieren. Basis ist das System zum Handel mit Treibhausgas-Emissionen vom 12. Dezember 2002 der EU – Umweltminister (EU – Umweltratssitzung am 9. und 10. Dezember 2002).

Gemäß DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) – Wochenbericht 6/01 hat die Bundesrepublik Deutschland per 2000 eine Temperatureffekt (2000 war ein warmes Jahr) bereinigte CO₂ – Emissionsminderung von rund 15 % erreicht. Um das für 2005 angestrebte Ziel zu erreichen, müssen die CO₂ – Emissionen in den kommenden 5 Jahren zusätzlich um ca. 100 Millionen t – d.h. um fast 12 % - reduziert werden.

Im Jahre 2002 (wiederum ein warmes Jahr) nahm die CO₂ – Emission gegenüber 2001 nur um 0,2 % temperaturbereinigt ab. Um das nationale Ziel erreichen zu können, müssen die CO₂ – Emissionen laut DIW im laufenden Jahr und den folgenden 2 Jahren temperaturbereinigt um rund 11 % reduziert werden. Selbst der deutsche Beitrag zum Kyoto – Klimaschutzprotokoll (s.o.) könnte derzeit verfehlt werden, warnt der DIW in einer dpa – Pressemitteilung vom 20. Februar 2003.

2.2.2 Deponiegas und mögliche Technologien zur CO₂ - Emissionsreduzierung

Aus den Darstellungen unter 2.1 sowie dem Stand der Technik, dem Abfallgesetz und den Förderungen durch das Einspeisegesetz für Erneuerbare – Energien (EEG) ist zu erwarten, dass es keinen CO₂ – Zertifikatshandel in Deutschland für Technologien oberhalb von 25 Vol % CH₄ (reine Verbrennung / Oxydation) und ca. 35 – 38 Vol % (Nutzung durch Gasmotore) geben wird, da eine Doppelförderung ausgeschlossen wird. Doch nicht in allen Ländern gibt es eine gesetzliche Einspeisevergütung.

Über den Einsatz von Micro - Gasturbinen (Pro2 Anlagentechnik GmbH) in diesem Leistungsbereich, d.h. um 25 - 30 Vol % CH₄ bei ca. 95 kW el und das Membranverfahren zur Nutzbarmachung von Deponiegas mit geringen Methankonzentration (S.T.E.P. Partnerschaft, Aachen) muss gesondert nachgedacht werden. Erste Anwendungen für die Micro – Gasturbine kann die Pro2 seit 2001 mit Deponie – und Biogas vorweisen. Bei dem Membranverfahren der S.T.E.P. wird CO₂ aus dem Deponie – Mittelgas (20 bis 35 Vol % CH₄) abgereichert. Durch diese Abreicherung (CO₂ als Permeat) vor der motorischen Nutzung „erhöht“ sich der CH₄ – Gehalt im verbleibenden Deponiegas. Ein wirtschaftlicher Nutzen lässt sich derzeit (ohne CO₂ – Zertifikatshandel) nur bei einem vorhandenen BHKW auf einer Deponie mit CH₄ > 25 Vol % und ca. 300m³/h Deponiegas realisieren.

Somit verbleibt m.E. ein möglicher CO₂ – Zertifikatshandel im Betriebsbereich unterhalb der Unteren Explosionsgrenze (UEG), d.h. für die Techniken: Biofilter (Diverse Anbieter), VocsiBox® (Haase Energietechnik AG), Depotherm® (UMAT – Deponietechnik GmbH) als sogenannte „Nichtkatalytische Oxydation“ und die katalytische Schwachgasentsorgung (Pro2 Anlagentechnik GmbH).

2.3 Werte des CO₂ – Zertifikatshandel

| Preis pro „t“ CO ₂ – Äquivalent | „Börse“ | Quelle |
|--|--|---|
| 6,58 € | Hessen Tender, Frühjahr 2003 | wlb 1-2/2003 Pilotprojekt der Hessischen Landesregierung www.Hessen-tender.de |
| 5 bis 30 € | UBA – Erwartung, Fachgebiet II 6.3 „Emissionssituation“ | Email vom 22.01.03 an den Verfasser |
| 40 € | Geldbuße ab 2005 für Unternehmen pro Tonne „ungenehmigtes“ CO ₂ | Rat der Europäischen Union – Politische Einigung vom 11. Dezember 2002, 14935/02 „Handel mit Treibhausgasemissionsberechtigungen“, Artikel 16 |
| 100 € | Geldbuße ab 2008 für Unternehmen pro Tonne „ungenehmigtes“ CO ₂ | Rat der Europäischen Union – Politische Einigung vom 11. Dezember 2002, 14935/02 „Handel mit Treibhausgasemissionsberechtigungen“, Artikel 16 |
| 5 – 10 € | Öko – Institut e.V. | Kurzbericht für die WWF Umweltstiftung, 9. Dezember 2002 |
| 3 – 5 € | Zertifikatsverkauf der Schmack Biogas AG | Email an den Verfasser vom 10. Februar 2003 |
| 20 – 33 € | IG BCE – Gutachten | Information v. 10. April 2002, Wirtschaftsminister Werner Müller und www.igbce.de vom 27.01.2003 |
| 5.5 – 7 \$ | DIE ZEIT, Wirtschaft | Schmutz im Angebot 48 / 2000 www.zeit.de vom 11.02.2003 |
| 7 \$ | Gutachten, Wirtschaftsvereinigung Stahl | Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Gutachten „Emissionsrechtshandel der Europäischen Kommission ..“, vom 22.10.2002 |
| 20 – 40 € | Fraunhofer Institut | www.isi.fhg.de/u/planspiel/zsfg.pdf vom 26.02.2003 |

| | | |
|--------|-----------------------------|--|
| £ 15 | UK Emmissions Trading Group | www.greenergy.com/our_company/media_centre/arc_april_2000_co2.html |
| 6- 7 € | Future Camp, H. Dr. Geres | derzeitiger Marktpreis der EU - Allowances |

2.4 Technologievergleiche für den möglichen CO₂ – Zertifikatshandel

2.4.1 Biofilter

Zur Methanoxydation ist eine unabdingbare Voraussetzung die Schaffung von idealen physikalischen und chemischen Bedingungen: Wärme (ca. 30°C Temperatur), Feuchte (30 bis 70 % der jeweiligen max. Wasserhaltekapazität), pH neutral bis schwach sauer, Nährstoffe im / am Biofiltermaterial etc. , die es den im Flüssigkeitsfilm angesiedelten Mikroorganismen ermöglichen, ihren Stoffwechsel aufrecht zu erhalten. Hierzu ist ein relativ hoher Aufwand an Technik und Personal erforderlich um die Temperatur auszuregeln (auch im Winter), die optimale Feuchte zu finden, den pH – Wert einzustellen etc. . Können diese Bedingungen nicht optimal eingestellt werden, wird die biologische Abbauleistung aufgrund von irreversiblen Schädigungen der Mikroorganismen negativ beeinflusst. Als „gute“ biologische Reinigung von CH₄ können ca. 70 % Reduzierung, nach G. Kobelt 1999 (Symposium „Schwachgas“ am 17. März in Offenbach), angesetzt werden. In praktischen Versuchen von: “C. Cuhls, J. Clemens, J. Stockinger, H. Doedens; Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 62 (2002) Nr. 4 – April, S. 141 ff“ ergab sich eine schlechte Abbaubarkeit von CH₄ bei einer zu hohen Befeuchtung des Biofilters und mangelnder O₂ – Versorgung durch die Ausbildung anaerober Zonen im Biofilter.

Nach J. Streese, R. Stegmann „Mikrobielle Oxidation von Methan aus Altdeponien in Biofiltern“ ergibt sich bei Einhaltung der o.g. Bedingungen (pH, T, f) bei: 50m³/h Deponiegas, CH₄ = 20 Vol %, Rohgas mit 400m³/h bei 2,5 Vol % CH₄ und einer gewünschten Reinigungsleistung von 90% ein Biofiltervolumen von 415 m³ (d.h. > 20 m * 20 m * 1m)! Für den Praxisbetrieb werden aufgrund von Austrocknungen und unterschiedlichen Temperaturen im Biofilter noch größere Biofilter erwartet. In älteren Publikationen ergaben sich noch ca. 276m³ Biofiltervolumen aufgrund von Laboruntersuchungen.

Nach Meinung des Verfassers scheiden damit Biofilter für den CO₂ – Zertifikatshandel (durch eine ungesicherte Methan – Oxydation) aus.

2.4.2 Technische Anlagen, sog. „Nichtkatalytische Oxydation“ und „katalytische Oxydation“

Kurzbeschreibung der „Nichtkatalytische Oxydation“: In diesen Anlagen wird das Methan durch die thermische Oxydation in CO₂ und H₂O umgesetzt. Diese thermische Oxydation ist ein exothermer Prozess und findet bei ca. 850°C bis 1.000°C (je nach Anlagenhersteller) in den isolierten Reaktoren statt. Die freiwerdende Wärmeenergie wird dabei ins gereinigte Abgas abgegeben und zum Heizen des Reaktors verwandt. Ein autothermer Betrieb ist ab ca.0,3 bis 0,5 Vol % CH₄ (je nach Anlagenhersteller) möglich. Ein „unverdünnter“ Betrieb bis ca. 1 – 1,5 Vol % CH₄ möglich. Bei höheren Methangehalten überhitzt sich der Reaktor, welches durch eine Luftzumischung vermieden wird. Das Anfahren / Anheizen der Anlage erfolgt elektrisch oder mit einem kleinen Pilotgasbrenner. Es handelt sich um einen diskontinuierlichen Prozess, da

mittels Umschaltklappen die Fließrichtung im „Reaktor“ aufgrund des sich entwickelnden Temperaturprofils getauscht werden muss.

Das sich in der Entwicklung befindende Verfahren der „katalytischen Oxydation“ hat sich zum Ziel gesetzt, Arbeitsbereiche von 5 bis 25 Vol % Methan zu erreichen. Damit würden zwei Vorteile für dieses Verfahren sprechen: Das Deponiegas muss nicht verdünnt werden und es wäre ein kontinuierlicher Prozess ohne Umschalten.

2.5 Mögliche Erlöse und Kosten bei Einsatz der Technologien unter 2.4.2 durch den CO₂ – Zertifikatshandel

Da es sich im folgenden um Deponiegas (mit dem Leitgas: CH₄) handelt, wird zwar nachfolgend von CO₂ – Zertifikaten gesprochen, im eigentlichen Sinne handelt es sich jedoch um „Kohlendioxidäquivalente“ mit einem äquivalenten Erderwärmungspotential.

2.5.1 Voraussetzungen

- a) „Project document“ und „Base line“
In diesen Dokumenten werden die CO₂ – Minderungen und die Technik bestimmt sowie die Substitutionen und die Referenzsituation
- b) Gültigkeit / Validierung
In der Validierung wird die Methode, die zur Bestimmung der Emissionsminderung verwendet wird, einmalig geprüft und festgelegt.
- c) Überwachungs- / Monitoringbericht
Dieser Bericht dokumentiert und belegt die relevanten Daten zur Emissionsminderung. Ein Beobachtungszeitraum wird festgelegt.
- d) Zertifizierung
Nach Prüfung des Überwachungsbericht in Übereinstimmung mit der Validierung wird eine CO₂ – Minderungs Menge für den Beobachtungszeitraum (i.d.R. Kalenderjahr) zertifiziert.

Die Phasen b und d müssen von unabhängigen Stellen begleitet und bestätigt werden, die Phasen a und c können vom Projektträger selbst erbracht werden.

2.5.2 Beispielanlagen

a) hohe Menge, geringe Beladung

1.500m³/h Mischgas, Beladung 1 Vol % CH₄, Energiebedarf ca. 15 kW el, Betriebsstunden p.a. 8.400h

CO₂ – Mehrbelastung nur wenn das EVU keine Allowances hat !:

$15 \text{ kW} * 8.400 \text{ h} * 0,6 \text{ bis } 0,9 \text{ kg} / \text{kWh} = 75,6 \text{ t} / \text{a} \text{ bis } 113 \text{ t} / \text{a}$

CO₂ – Entlastung durch die Methanoxydation:

$15 \text{ m}^3/\text{h} * 8.400 \text{ h} * 23 \text{ GWP} * 0,7 \text{ kg} / \text{m}^3 = 2.030 \text{ t} / \text{a}$

CO₂ – Einsparung:

ca. 1.960 t / a bis 1.920 t / a

Wert der Einsparung nach 2.3:

$1.920 \text{ t / a bis } 1.960 \text{ t / a} * 5 \text{ € / t bis } 100 \text{ € / t} = 9.600 \text{ € / a bis } 196.000 \text{ € / a}$

Investitionsmehrkosten gegenüber einer Biofilteranlage ca. 50.000 € bis 75.000 € je nach Ausführung und Ausstattung.

Kosten pro t / CO₂ – Reduzierung (10 a bei Wartung in Instandsetzung von 5 k€ /a ohne Abschreibung und Zins:

Invest. ca. 110 k€ + 10 * 5 k€ = 160 k€ + 8400 h * 0,1 € / kWh * 15 kW * 10a = 286 k €

CO₂ – Einsparung: 10 a * 1.920 t / a = 19.200 t

Kosten in diesem Beispiel : ca. 15 € / t CO₂ Äquivalent

b) Reale Anlage „Lampertheim am Sportplatz“

Betrachtungs - Zeitraum: Mai 2000 bis Dezember 2002

(Angaben vom Magistrat der Stadt Lampertheim, Rechtsamt / Bodenschutzabteilung, Herrn Dipl.-Geol. Stephan Frech und ITD Birkemeyer, Herr Birkemeyer).

Oxydiertes Methan: 146.631,1 m³ (Die Aufzeichnung erfolgte erst ab Mai 2000)

Energiebedarf: 65.765 kWh

Investition im Jahre 1999: Ingenieurkosten, Planungskosten, Genehmigungen, Nebenkosten (Fundament, Zaun), Verdichter und VocsiBox® 173.500 €

Wartungs- und Instandhaltungskosten per anno: bis 2001: 5.000 € ab 2002: 6.400 €

CO₂ – Mehrbelastung nur wenn das EVU keine Allowances hat !:

$65.765 \text{ kWh} * 0,6 \text{ bis } 0,9 \text{ kg / kWh} = 39,5 \text{ t bis } 59,2 \text{ t}$

CO₂ – Entlastung durch die Methanoxydation:

$146.631,1 \text{ m}^3 * 23 \text{ GWP} * 0,7 \text{ kg / m}^3 = 2.361 \text{ t}$

CO₂ – Einsparung:

ca. 2.300 t

Wert der Einsparung nach 2.3 bis Ende 2002:

$2.300 \text{ t} * 5 \text{ € / t bis } 100 \text{ € / t} = 11.500 \text{ € bis } 230.000 \text{ €}$

Kosten pro t / CO₂ – Reduzierung (10 a bei Wartung und Instandsetzung ohne Abschreibung und Zins:

Invest. und Betriebskosten: $174 \text{ k€} + 3 * 5 \text{ k€} = 174 \text{ k€} + 65.765 \text{ kWh} * 0,1 \text{ € / kWh} = 196 \text{ k €}$

CO₂ – Einsparung bis Ende 2002: 2.300 t

Kosten in diesem Zeitraum (32 Monate) : ca. 85 € / t CO₂

Auf 10 Jahren gerechnet (120 Monate): ca. 30 € / t CO₂ Äquivalent

2.5.3 Grenzkostenbetrachtung / Break Even Point: EEG – Einspeisevergütung oder CO₂ – Zertifikatshandel ?

Hier kann für einen relativ einfachen Vergleich folgender Ansatz getroffen werden, **wenn die Minderung (Verbrennung im Gasmotor gemäß TA - Luft) des Deponiegases (CH₄ – Oxydation) – als St.d.T. – und die daraus entstehenden Abgasemissionen der Gasmotore vernachlässigt werden.**

Das Einkommen aus der Einspeisevergütung p.a. :
 $x \text{ kW el} * 0,0767 \text{ €/ kWh} * \text{Betriebsstunden p.a.} = \text{Jahreserlös}$

wird dem möglichen Erlös aus der CO₂ – Reduzierung (CO₂ Einsparung bei den Kraftwerken als Bundesdurchschnitt) gegenübergestellt:

$x \text{ kW el} * 0,6 - 0,9 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh} * \text{Wert des CO}_2\text{- Zertifikates} = \text{Jahreserlös}$

Dies ergibt dann die Grenzkosten von:

$\text{Wert des CO}_2\text{- Zertifikates} = (0,0767 \text{ €/kWh}) / (0,6 - 0,9 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}) = 9 - 13 \text{ € / t CO}_2 \text{ Äquivalent}$

Dies bedeutet, dass ab einem Erlös von ca. 9 – 13 € / t CO₂ bei einem Verstromungsbetrieb des Deponiegases sich keine EEG – Einspeisevergütung mehr wirtschaftlich darstellt, sondern der abgesicherte CO₂ – Zertifikatshandel. Anzumerken bleibt, dass der erzeugte „Grüne“ – Strom (die Ware in kWh) dann ebenfalls noch als zusätzliche Einnahme verkauft werden kann (z.B. Öko – Strombörsen) und ggfs. Verkauf der Motor- und Abgaswärmeenergie zzgl. der daraus entstehenden weiteren CO₂ – Zertifikate.

2.5.4 Kosten zur CO₂ – Reduzierung durch andere technische Maßnahmen

Die Kosten technischer Maßnahmen werden in den Studien der FhG Karlsruhe, Prognos Basel, BMFT – Projekt – Nr.: 0326630 aus 1991 und Jochen, E. Energieszenarien mit reduzierten CO₂ – Emissionen bis 2050, in Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 8, 1997 in einer Bandbreite von 163 € bis 205 € je Tonne CO₂ benannt. In Übereinstimmung mit dem UBA wird für die Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplans 2003 (Bundesministerium für Verkehr, Bau – und Wohnungswesen, Stand Febr. 2002) ein Kostenansatz von 205 € pro Tonne CO₂ angesetzt.

3. Fazit

Eine Ökobilanz als Entscheidungshilfe für die Aufrechterhaltung oder Einstellung des Schwachgasentsorgungsbetriebes für den CO₂ – Emissionshandel ist mehr als nur notwendig, da mit diesen Anlagen kostengünstig CO₂ – Emissionen des schwach kalorischen Deponiemethangases reduziert werden.

Ein CO₂ – Zertifikats - Handel würde für die Betreiber von (älteren) Deponien einen Anreiz schaffen, Schwachgasentsorgungsanlagen zu installieren. Andernfalls würden vermutlich nur wenige Anlagen aus möglichen Explosionsschutzgründen installiert und die geruchsminimierende Biofiltertechnologie mit wenig Einfluss auf die Reduzierung der CH₄ – Emissionen bevorzugt werden.

Auf keinen Fall darf die „politische“ Definition oder Meinung übernommen werden, die folgende These vertritt:

Müll der im Jahre „x“ angefallen und eingebaut wurde, verursachte im Jahre „x“ Emissionen, die später (HEUTE und in Zukunft) emittiert werden. Somit wird es ab 2005 nur noch vorbehandelten Müll ohne Emissionen bzw. schon per Definition reduzierte CH₄ - / CO₂ – Emissionen aus dem alten Müll geben. Mit dieser Argumentation haben wir natürlich zum Basisjahr des Emissionshandels höhere CO₂ – Emissionen, die ohne ein aktives Zutun per Definition schon „reduziert“ wurden.

Eine ketzerische Frage sei in diesem Zusammenhang erlaubt:

Gilt dies dann auch für Kohle, Öl und Erdgas? Diese fossilen Brennstoffe sind vor Millionen Jahren entstanden ... und die Emissionen entstehen ja auch erst später..

Somit lässt sich natürlich am kostengünstigsten eine Reduktion der CO₂ – Emissionen darstellen.

Nach Einschätzung des UBA (Herren Butz und Kühleis vom 5. März 2003) „ist die zeitliche Zuordnung der Deponiegasemissionen kein zwangsläufiger Ausschluss für den Emissionshandel. Ob und welche Maßnahmen (z.B. Schwachgasbehandlung) in den Emissionshandel einbezogen werden können“ ist zur Zeit unklar. Ein Leitfaden wird erarbeitet.

Ferner sieht das Kyoto – Protokoll vor, dass Treibhausgase auch im Rahmen von privatwirtschaftlichen Projekten reduziert werden können, wenn diese den Bestimmungen der flexiblen Mechanismen Joint Implementation (JI) bzw. dem Clean Development Mechanism (CDM) entsprechen. JI (Gemeinschaftliche Umsetzung) umfasst Klimaschutzprojekte zwischen Unternehmen aus den Industrieländern, während der CDM umweltorientierte Entwicklungsprojekte solcher Unternehmen in Entwicklungs- und Schwellenländern bezeichnet. Das zugrunde liegende Prinzip bei JI und CDM ist gleich: Ein Investor führt ein Projekt durch, das Emissionen mindert (z.B. Bau der Deponieschwachgasentsorgungsanlage oder Gasnutzung) und erhält dafür Emissionsgutschriften. Downloads über <http://www.bmu.de/fset1024.php>, Stand 5.III.03)

Nach heutigem Stand (Gespräch aus KW 12/03) kommen derzeit in Deutschland die v.g. Projekte nur als JI - Maßnahme mit einem ausländischen Investor in Betracht oder nationale Ausgleichsprojekte (z.B. über die KfW). Die Koordination läuft über das BMU – Herrn Thomas Forth – in Berlin. Ein Leitfaden als Ergänzungsrichtlinie wird hier bis April (Vorentwurf) und als Richtlinienentwurf im Juni 2003 erarbeitet. Das BMU (Ressortzuständigkeit Klimaschutz) ist Genehmigungsbehörde für JI.

Hier muss somit kurzfristig Lobby – Arbeit der Deponiebetreiber einsetzen, um eine Berücksichtigung für den CO₂ – Zertifikatshandel zu finden, denn noch ist Bewegung. Derzeit laufen im Ausland schon Deponie – und Grubengasprojekte.

Schon heute sollte sich jeder (zukünftige) Betreiber eines Deponiegasverstromungsaggregats fragen, welche Erlössituation (EEG – Einspeisevergütung oder Verkauf der CO₂ – Zertifikate plus freier Energieverkauf) für

ihn die wirtschaftlichste ist, denn es gibt schon heute Firmen, die aus Image – Gründen CO₂ - Zertifikate erwerben.

Quellen und weitere Literatur:

ACMMO, Association of coal mine methane operators “Carbon Emissions – Emissions from Generation Displaced by Coal Mine Methane” October 2002

Einspeisungsgesetz für Erneuerbare – Energien / EEG vom 29. März 2000 der Bundesrepublik Deutschland
EN 50054

Future Camp, Herr Dr. Geres, div. emails, Telefongespräch und Fachartikel „CO₂ an der Börse“ Punktum -
Fachartikel

Haase Energietechnik AG, Prospektblatt, Autotherme Oxidation für Abluft und Schwachgase, FE-366/6.2002
RD

http://www.greenergy.com/GermanSite/infocenter/co2_wissenschaft.html am 17.02.2003

IEC 79-20: IEC 60 079-20 (1996)

Intergovernmental Panel on Climate Change Third Assessment Report, 2001, UK

Kobelt G., Der Einsatz von Biofiltern zur Behandlung von Deponiegasen – Möglichkeiten und Grenzen 1999,
Symposium „Schwachgasentsorgung“ in Offenbach

Kühne, Alexander SS01, Humboldt- Universität zu Berlin, Fachgebiet Ressourcenökonomie, Treibhauseffekt
und Klimaschutzpolitik

Ott Markus, CO₂ – Zertifikatshandel: erstmals wird Methan-Vermeidung durch Biogasanlagen vergütet,
Tagungsband zur 12. Jahrestagung des Biogasfachverbandes 2003

Ott Markus, Schmack Biogas AG, email vom 10. Februar 2003 an den Verfasser

Pro2 Anlagentechnik GmbH, Pressemitteilung 02/05 „Neue Einsatzbereiche für Mikrogasturbine“ und email
vom 21. Febr. 2003 an den Verfasser

Rat der Europäischen Union – Politische Einigung vom 11. Dezember 2002, 14935/02 „Handel mit
Treibhausgasemissionsberechtigungen“

Redeker / Schön: Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe, im Auftrag der PTB
Braunschweig

Stachowitz W.H. und Glüsing J., TerraTech 1 / 1999 „Entgasung von Altablagerungen gemäß TASI“

Stadtwerke Karlsruhe, Informationsblatt 8/98, Treibhaus-Effekt und Ozonloch

Streese J., Dammann B., Stegmann R.; Mikrobielle Oxidation von Methan in Biofiltern, Deponietechnik 2000
Hamburger Berichte 16 und Deponiegas 2003 Trierer – Berichte 14

Tabasaran / Rettenberger, UBA – Forschungsbericht 12/1982, Nr.: 10302207 Teil 1

Umat Deponietechnik GmbH, DEPOTHERM®:Verfahrens- und Anlagenbeschreibung, Stand Februar 2003

UMEG, Jahresbericht 2001, Emissionen S. 88 ff

Umweltbundesamt Berlin, div. Gespräche und emails u.a. mit Herrn Butz, FG III 3.3

VDI – Verlag GmbH, Düsseldorf 1998, „Emissionen und Luftqualität“, Reihe 12, Nr.: 365 der Fortschritt – Berichte

Wilkins, Graham T. email dated February 14th and March 4th 2003

Wuebbles D. & Edmonds J. – 1991, Primer on Greenhouse Gases, Lewis Publishers Inc. Chelsea, Michigan. First Edition IBN 087371 222 6

Yüce S, Gebel J; Untersuchung der Schwachgasnutzung mittels Membranverfahren in der Nachsorgephase von Hausmülldeponien, pdf-file der Autoren an den Verfasser vom 21. Febr. 2003