

# Erfahrungen mit der *in situ* – Stabilisierung und Aerobisierung bei Einsatz von tiefenverfilterten Gasbrunnen

Förderprogramm, Verfahrenstechnik, Umsatz, Referenzprojekte

Dipl.-Ing.  
Biotechn. Jürgen Forsting

19. Mai 2014

Internationale Bio- und  
Deponiegasfachtagung & Ausstellung  
in Bayreuth 2014

Synergien nutzen und voneinander  
lernen VIII vom 19. bis 22. Mai 2014



**Wasser**

**Umwelt**

**Infrastruktur**

**Energie**

**Bauwerke**

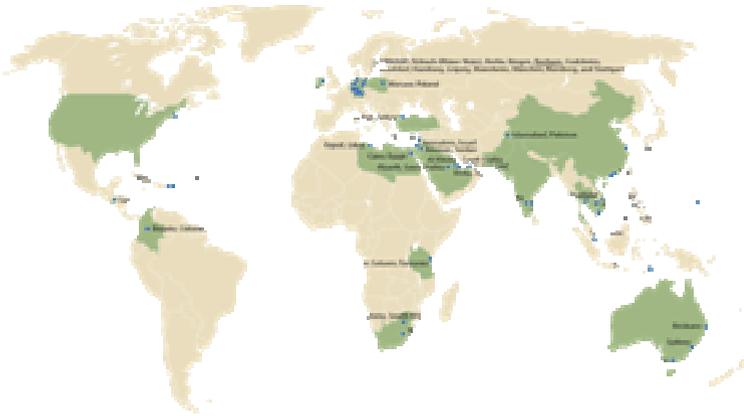
**Geotechnik**

**CDM  
Smith**

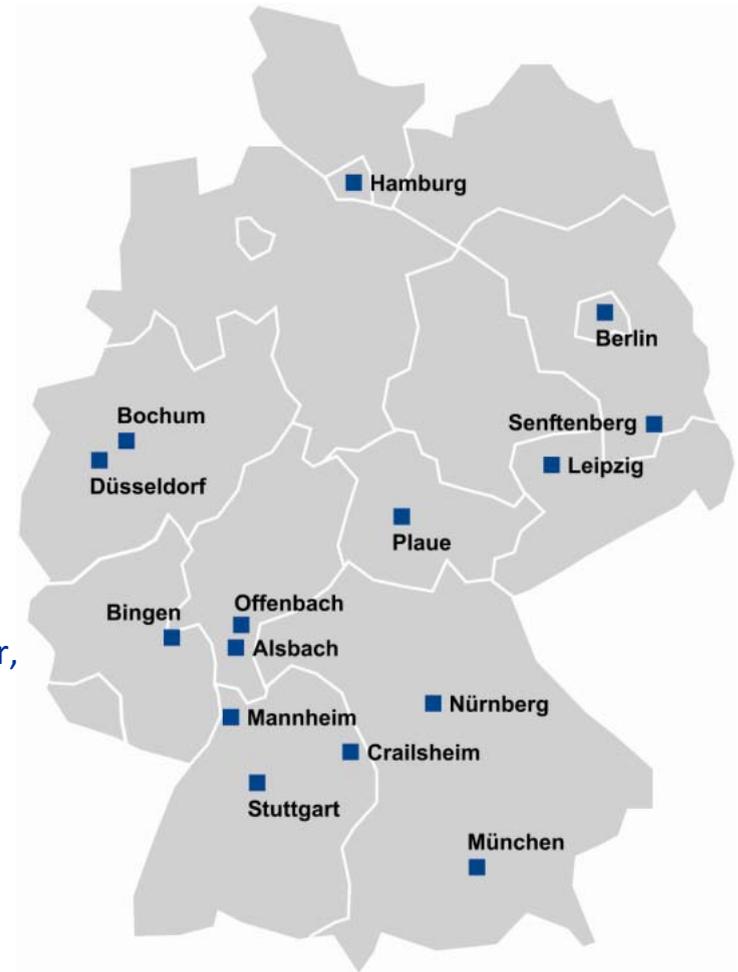
# 0. Inhalte

1. Ingenieurbüro CDM Smith Consult GmbH - Kurzvorstellung
2. Ausgangssituation (weitere Ursachen unzureichender Gas erfassung; rückläufige Deponie gas mengen ...) und Lösungsansatz
3. Idee der Stabilisierung als weitergehende Maßnahme
4. Verfügbare Verfahren zur *in situ* – Stabilisierung (über die Gasphase)
5. Ansätze zur Optimierung der Gasfassung
6. Tiefenverfilterte Gasbrunnen zur *in situ* - Stabilisierung (Verfahren)
  1. Herstellung und Wirkungsweise
  2. Weitere Wirkungsmechanismen und Folgen
  3. Stabilisierung - anaerob (Phase I) und aerob (Phase II)
  4. Untersuchende Maßnahmen und Bestimmung Wirkungsgrad einer *in situ* - Stabilisierung
  7. Förderfähige Klimaschutzmaßnahmen bei der Vermeidung von Deponie gas emissionen
  8. Referenzprojekte *in situ* – Stabilisierung und Aerobisierung
  9. Referenzprojekte Tiefenentgasung
  10. Referenzprojekte Fördermaßnahmen
  11. Zusammenfassung

# 1. Ingenieurbüro CDM Smith Consult GmbH

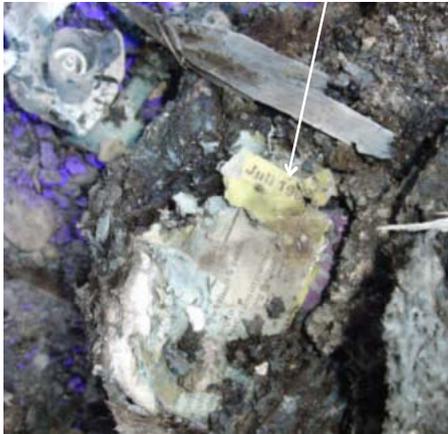


- Consulting, Ingenieurdienstleistungen und Projektrealisierung
- Geschäftsbereiche: Wasser, Umwelt, Infrastruktur, Energie, Bauwerke und Geotechnik
- rd. 500 Mitarbeiter in Europa, rd. 5.000 Mitarbeiter weltweit
- Mitarbeiteraktiengesellschaft



## 2. Ausgangssituation

Verpackung Juli 1969



Zeitung Anfang 1976



Sowohl bei Deponien, die vor mehr als 25 Jahren stillgelegt wurden als auch bei Deponien, welche ab 2005 stillgelegt wurden, ist sehr oft festzustellen, dass Abfall ab ca. 10 - 15 m Tiefe i. d. R. nur mäßig bis schwach umgesetzt ist:

- Zeitungen noch gut lesbar sind;
- Blätter mit Originalstruktur erhalten sind.

Blätter mit Struktur aus 11 m Tiefe (GOK)



## 2. Ausgangssituation

- Ende der Zufuhr von organischen Abfällen (Hausmüll) seit 01.06.2005; rückläufige Gasbildung mit voranschreitendem biologischen Abbau;
- Abdecken und Abdichten der Oberfläche mit wasserundurchlässigen Materialien und somit Wassergehaltsreduzierung in der Deponie – „Mumifizierung“;
- Veränderte Gaswegsamkeiten durch biologischen Abbau und sich einstellende Setzungen – Kurzschlüsse;
- Durch Verringerung der Umsetzungsaktivitäten; dadurch Abkühlung und biologische Hemmung (Spirale) – fehlendes Temperaturoptimum;
- Infolge Setzungen, Verockerungen oder Leitungsschäden kommt es zu (Teil)-verschlüssen oder Undichtigkeiten des bestehenden Leitungssystems und somit zu einer eingeschränkten bis schlechten Deponiegasfassung (Alterungsprozesse);
- Nicht optimal eingesetzte (besaugte) Gasbrunnen sind anfällig für Fremdlufteinträge (fehlende Unterdruckfestigkeit am Brunnenkopf); deshalb wird vielerorts die Absaugleistung heruntergeregelt, bei geschlossenem Brunnen die Qualität bestimmt und schließlich der Brunnen abgeworfen.

## 2. Ausgangssituation und Lösungsansatz

- 2012 dokumentierte das Statistische Bundesamt erstmalig die erfassten Deponiegasmengen – demnach liegen die Erfassungsraten im Durchschnitt bei nur knapp 20 % !
  - Erfahrungswerte sowie Einzelbetrachtungen von Deponiebetreibern zeigen jedoch einen realistisch erreichbaren Erfassungsgrad zwischen 40 – 50 % bei guter Gasfassungsanlage;
  - Es werden somit weiterhin deutlich weniger als 50 % des fassbaren Deponiegases adäquat erfasst bzw. verwertet;
  - Zur berücksichtigen ist zudem:
    - mögliche zusätzliche Unsicherheiten zur genauen Bestimmung der Gasfassungsrate sind jedoch auch die eigentlichen Gasbildungsmengen (Bestimmung/Berechnung über Gasprognosemodelle; Unsicherheiten zu den abgelagerten abbaubaren Inhaltsstoffen, Abbaugeschwindigkeiten etc.)<sup>1</sup>
- **Nichts desto trotz – Handlungspflicht Gasfassung:**  
**Gemäß Deponieverordnung für Hausmülldeponien ist diese ohnehin gegeben.**  
**Es sollten jedoch zur Verkürzung der Nachsorgephase (Stabilisierung) sowie der Emissionsminimierung die bestehenden Gasfassungssysteme standortspezifisch zielgerichtet geprüft und bei Bedarf durch Modifikation bzw. durch Erneuerung optimiert werden.**

**Zusätzliche Motivation über mögliche Fördermittel für Maßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative**

<sup>1</sup>Verweis auf Fachgespräch UBA, Hr. Butz, Vorstellung Sachverständigengutachten Ing.-Gruppe RUK am 01.04.2014 in Berlin

### 3. Idee der Stabilisierung - zweistufiges Verfahren

#### **Stufe 1: Anaerobe *in situ* - Stabilisierung**

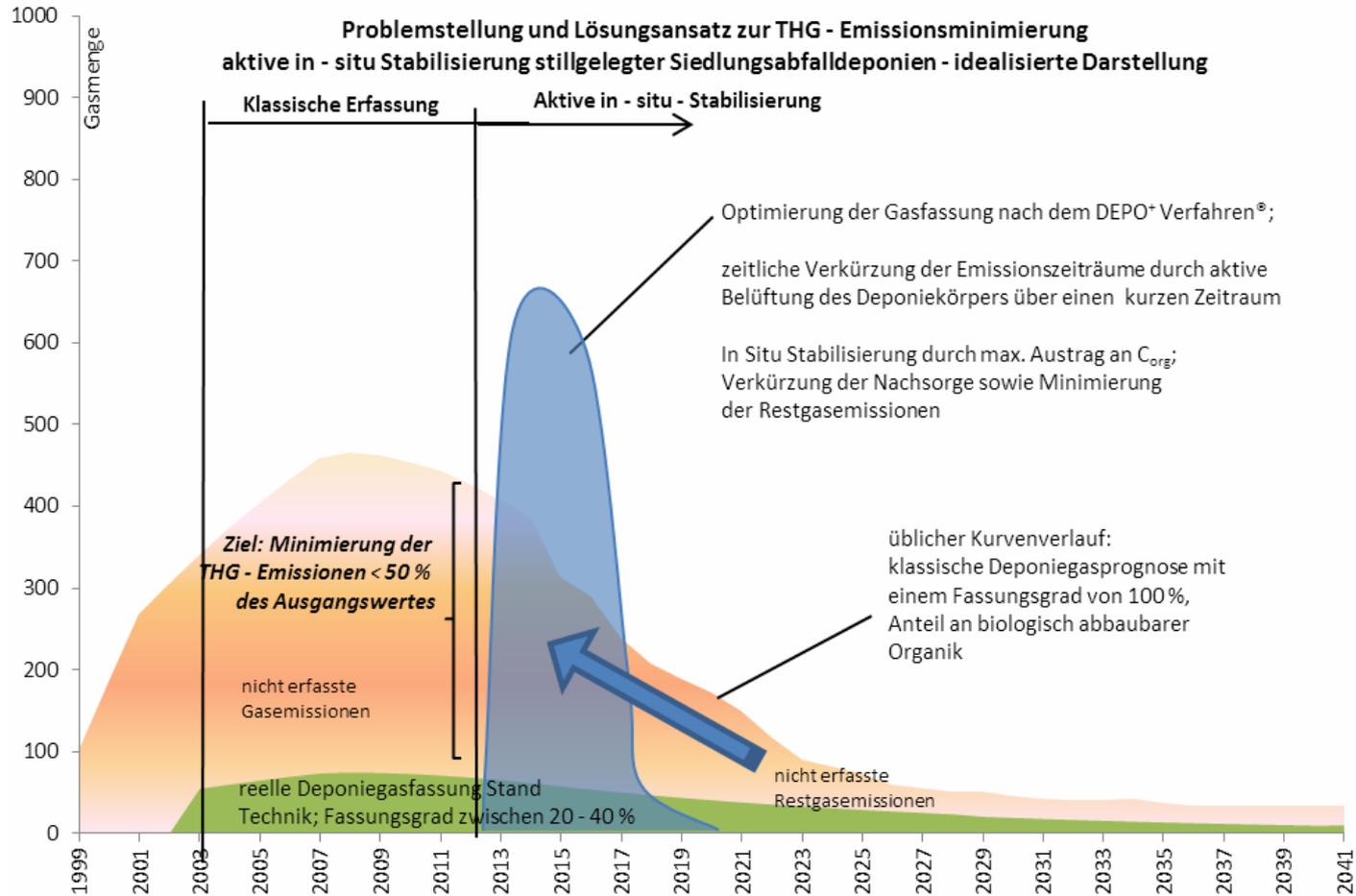
Intensivierung und Beschleunigung der anaeroben Abbauprozesse durch gezieltes Besaugen (Anlegen eines gezielten Unterdruckes) sowie Infiltrationsmaßnahmen; Minimierung bzw. Verhinderung der vorliegenden Endprodukthemmung (u. a. Krümpelbeck) durch Einstauung (Partialdruckverschiebung, Gradientenverlagerung) von nicht erfasstem Deponiegas

#### **Stufe 2: Aerobe *in situ* - Stabilisierung**

Parallel als auch nach Beendigung der anaeroben Abbauprozesse (Anaerobe *in situ* - Stabilisierung) wird der über die Oberfläche, den Randbereich bzw. über benachbarte Gasbrunnen passiv eingetragene Luftsauerstoff metabolisiert.

- Starke und zielgerichtete Übersaugung mit Einzelvolumenströmen  $> 40 \text{ m}^3/\text{h}$  pro Gasbrunnen
- Maximaler Umsatz an eingetragendem Luftsauerstoff

### 3. Idee der Stabilisierung als weitergehende Maßnahme

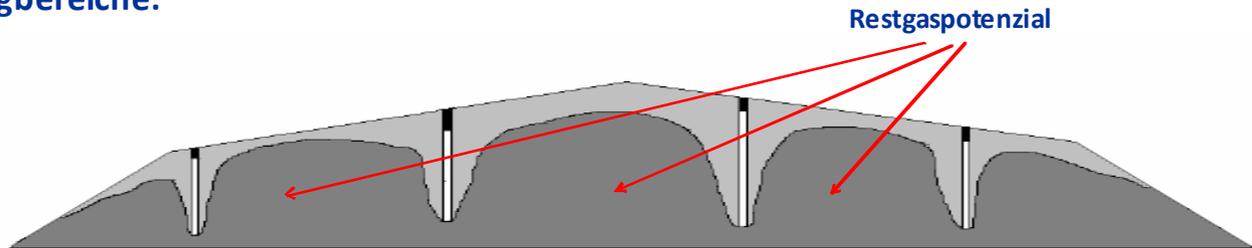


## 4. Verfügbare Verfahren zur *in situ* - Stabilisierung

- Hochdruckbelüftung (z. B. Biopuster®)
  - Stoßartige Belüftung mit Einzeldrücken bis zu 6 bar;
  - Eingetragene Luft zum Teil auch mit Sauerstoff angereichert;
  - Überwiegender Einsatz bei Deponierückbaumaßnahmen.
- Niederdruckbelüftung (z. B. AEROflott®, AIRFLOW®, Smell-Well®)
  - Aktive Belüftung/Lufteintrag und gleichzeitige Abluftabsaugung;
  - Belüftung und Besaugung mit geringen Drücken;
  - Gleichzeitige Absaugung benachbarter Kollektoren.
- **Saugbelüftung mit tiefenverfilterten Gasbrunnen**
  - Gezielte Besaugung des Deponiekörpers über tiefenverfilterte Gasbrunnen;
  - Emissionsfreiheit durch gleichmäßigen Unterdruck auf dem Deponiekörper;
  - Steuerung des Systems flexibel über verschiedene Flüsse/Unterdrücke und nach Gasqualität, auch in einzelnen Deponieabschnitten für unterschiedliche Zielstellungen
  - Verbesserte Besaugung, Reduzierung der Endprodukt hemmung, weitere Aktivierung (insbesondere anaerober) biologischer Abbauprozesse; Temperaturanstieg
  - Parallel (in unterschiedlichen Bereichen) ablaufende aerobe und anaerobe Abbauprozesse
  - energetischer Nutzung des Deponiegases mit parallel verlaufender *in situ* Stabilisierung (u. a. auch förderfähig) möglich.

## 5. Ansätze zur Optimierung der Gasfassung

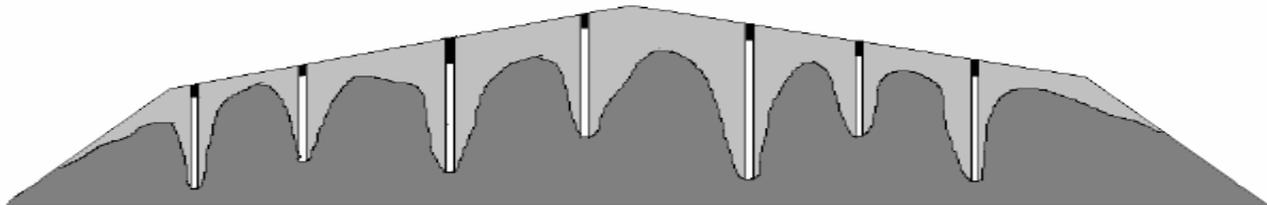
Übliche Absaugbereiche:



Was wird überwiegend gemacht?

**Verbesserte Absaugbereiche:**

Erhöhte Anzahl klassischer Gasbrunnen



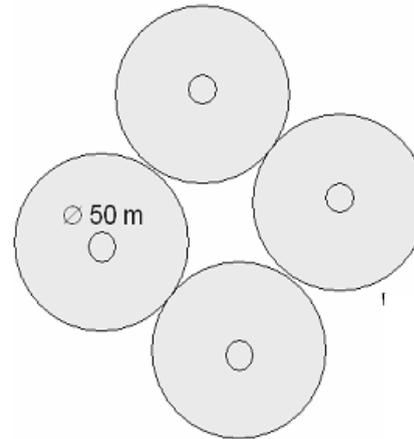
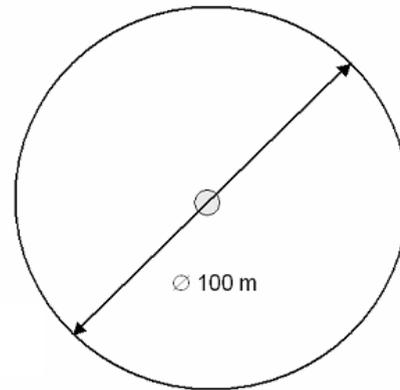
**Weitere Möglichkeit:**

Verbesserung klassischer Gasbrunnen zu tiefenverfilterten Gasbrunnen

## 6. Tiefenverfilterte Gasbrunnen zur *in situ* - Stabilisierung

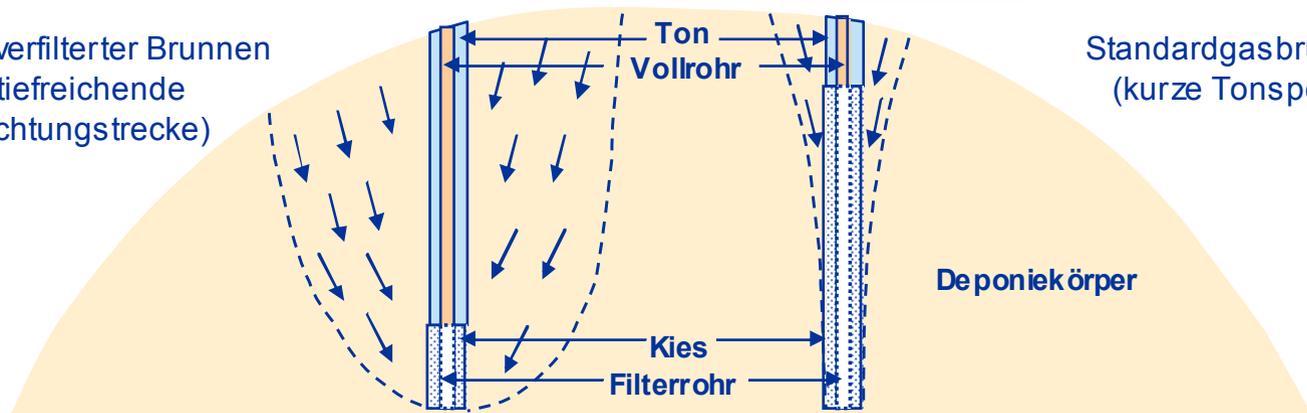
Tiefenverfilterter Gasbrunnen

Standardgasbrunnen



Tiefenverfilterter Brunnen  
(tiefreichende  
Dichtungstrecke)

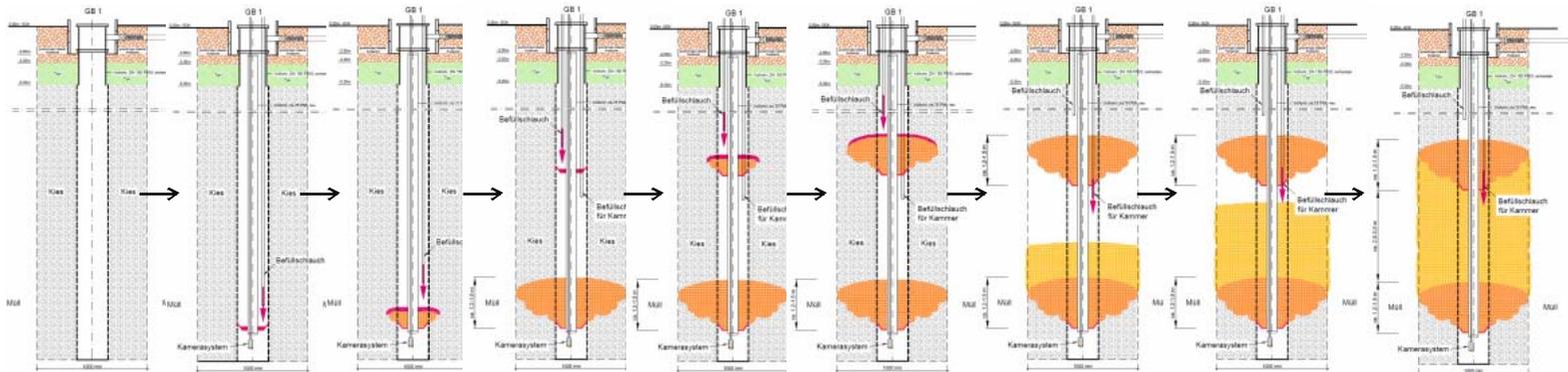
Standardgasbrunnen  
(kurze Tonsperre)



# 6.1 Herstellung und Wirkungsweise

## Technische Umsetzung tiefenverfilterter Gasbrunnen – zwei Möglichkeiten:

1. Modifikation bestehender Gasbrunnen durch Verpressung mit einem speziellen Zweikomponentenschaum in gewünschten (üblich: obere) Gasbrunnenbereichen:



2. Neuerrichtung eines Gasbrunnens; spezieller, tiefenverfilterter Ausbau je nach erbohrtem Material und tiefenzonaler Bestimmung der Gaszusammensetzung

## 6.2 Weitere Wirkungsmechanismen und Folgen

-> Erhöhung der Unterdruckfestigkeit des Saugsystems, besserer Wirkungsgrad der Gasfassung

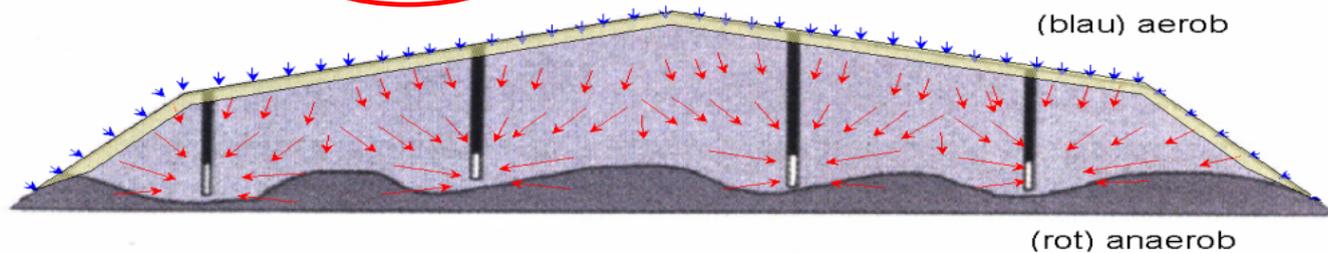
- unmittelbar: Erhöhung der Gasfassungsrate
- mittelbar: Aktivierung biogen verfügbarer Organik;  
Erhöhung der Milieutemperatur;  
Umsetzung höhermolekularer Organik (Lignin etc. durch aerobe Abbauprozesse)
- durchgängig: Erhöhung der stofflichen Entfrachtung über den Gaspfad – maximaler Austrag an org. Kohlenstoff ( $c_{org}$ )
- $CO_{2(eq)}$ -Minderungspotenzial von mehr als 50 % zum IST-Zustand wird erreicht bzw. kann nachgewiesen werden
- Je nach Beschaffenheit des Deponiegases bzw. des Gasdargebotes:
  - Bereitstellung des Deponiegases für eine wirtschaftliche Nutzung auch in der sog. Schwachgasphase (Phase I) – u. a. Wärmeauskopplung bis 7 Vol.-% Methan (z. B. eFlox - Verfahren<sup>©</sup>)
  - Sofort oder im weiteren Verlauf Übergang zur *in situ* - Stabilisierung durch Aerobisierung (Phase II) – Förderfähiges Programm

## 6.3 Stabilisierung - anaerob (Phase I) und aerob (Phase II)

Organikabbau in der Phase des Verwertungsbetrieb (anaerob)

### Phase I

Saugleistung: ca. 30 - 50 m<sup>3</sup>/ha\*h

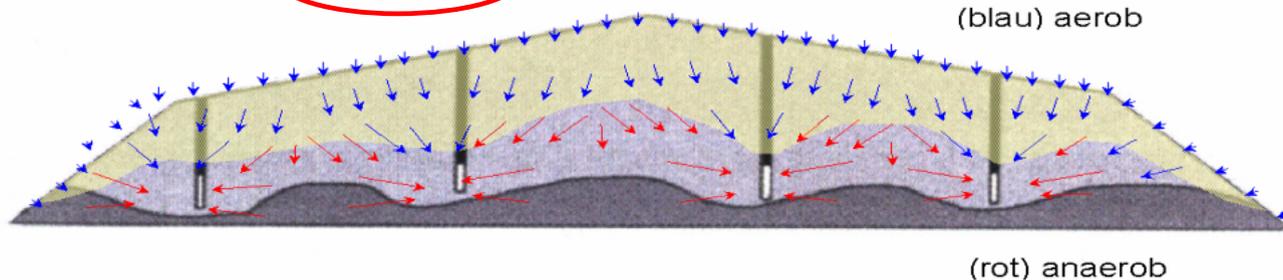


hellgelb und hellgrau: besaugter Bereich  
dunkelgrau: nicht besaugter Bereich  
Pfeillänge => Strömungsgeschwindigkeit

Organikabbau in der Phase der aeroben in situ Stabilisierung

### Phase II

Saugleistung: ca. 250 - 500 m<sup>3</sup>/ha\*h



hellgelb und hellgrau: besaugter Bereich  
dunkelgrau: nicht besaugter Bereich  
Pfeillänge => Strömungsgeschwindigkeit

## 6.4. Aerobisierung und max. Austrag $C_{org}$ - Wirkungsgrad

Kriterium:

Bestimmung des Austrages biogener Organik über den Gesamtkohlenstoff. Als Parameter werden die Methan- und Kohlendioxidkonzentrationen herangezogen

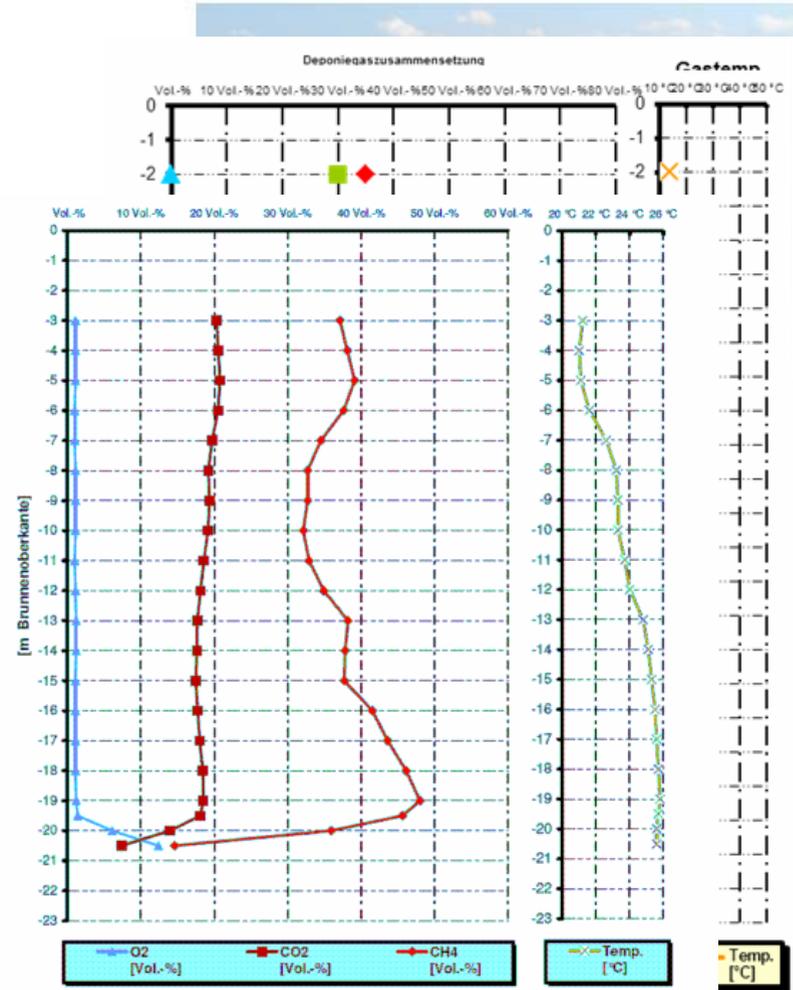
- maximaler Austrag an Kohlenstoff (über Methan und Kohlendioxid);
- maximale Umsetzung des eingetragenen Luftsauerstoff (< 0,2 Vol.-% Sauerstoff).

Erreicht wird es durch:

- Anlegen eines gezielten nahezu flächendeckenden Unterdruckes an das Gesamtsystem  
Abtragung endprodukt hemmende Stoffe, welche bei nichtaktiver Gasfassung bewirken, dass **anaerobe** Abbauprozesse, und somit die Methanbildung, zum Stillstand kommt;
- Durch den über den angelegten Unterdruck über die Deponieoberfläche eindringende Luftsauerstoff erfolgt in Randbereichen eine schrittweise Umsetzung der vorhandenen biologischen abbaubaren Organik; eine **aerobe** Umsetzung.

## 6.5. Beispiele für eine Bestandsuntersuchung

- Kamerabefahrung
- Tiefengestaffelte Untersuchung der Gasqualitäten und Temperaturen
  - Nullmessung
  - Zeitmessung mit Absaugung
- Oberflächenmessungen im Umfeld des Brunnens
- Längerer Absaugversuch zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit und Reichweiten für die technische Auslegung sinnvoll
- Bohrgutanalysen bei Neubau von Gasbrunnen sinnvoll (weil aufwendig)



## 6.6. Beispiele für eine Bestandsuntersuchung



# 7. Förderfähige Klimaschutzmaßnahmen bei der Vermeidung von Deponiegasemissionen

## Entwicklungsgeschichte des Förderprogrammes

Das DBU-Projekt ORKESTRA :

Methodenentwicklung zum Emissionshandel für die Reduktion klimarelevanter Deponiegasemissionen durch den Einsatz der (...) *in situ* Stabilisierung in Kombination mit der thermischen Abluftbehandlung.<sup>1</sup>

In Abstimmung mit IFAS, BMU, UBA, PT Jülich, VKU, DWA und vielen Deponiebetreibern wurde die Stabilisierungsmaßnahme in das Förderprogramm der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) aufgenommen.<sup>1</sup>

## Daraus entstanden die Merkblätter

- *Merkblatt zur Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten;*
- *Investive Maßnahmen, die zu einer Treibhausgas-Emissionsminderung führen;*
- Aktuelle Fassungen vom 15.10.2013

<sup>1</sup>Quelle: Gemeinschaftstagung Deponietage Münster, 22.-23. Okt. 2013

## 7.1 Was wird gefördert ?

Es handelt sich bei der Förderung um ein zweistufiges Verfahren:

1. Erstellen einer Konzeptstudie für den jeweiligen Anwendungsfall (Deponie) – Stufe 1
2. Förderung der Investitionen (weitere Untersuchungen, Modifikationen Gasbrunnen, Optimierung Gasfassung etc..) für die technischen Maßnahmen (Verfahren) – Stufe 2

Weitere Details werden in den Merkblättern „*Merkblatt zur Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten*“ sowie „*Investive Maßnahmen, die zu einer Treibhausgas-Emissionsminderung führen*“ in den Fassungen vom 15.10.2013 dargestellt.

## 7.2 In welcher Höhe wird gefördert?

1. Erstellen einer Konzeptstudie für den jeweiligen Anwendungsfall (Deponie) – Stufe 1  
Nach Abstimmung mit dem BMU – Aufteilung in
  - Ausgaben für konzeptionelle Arbeit: max. 20.000 € Förderhöhe
  - Ausgaben für Erkundungen: können **über** die Maßgabe im Merkblatt hinaus anerkannt werden
2. Förderung der Investitionen (Modifikationen Gasbrunnen, Optimierung Gasfassung etc.) für die technischen Maßnahmen (Verfahren) – Stufe 2
  - Ausgaben investive Maßnahmen: max. 250.000 € Förderhöhe

Es werden maximal 50 % der Kosten gefördert. Somit liegt der Eigenanteil ebenfalls bei 50 %.  
Der Förderzeitraum beträgt in der Regel ein Jahr.

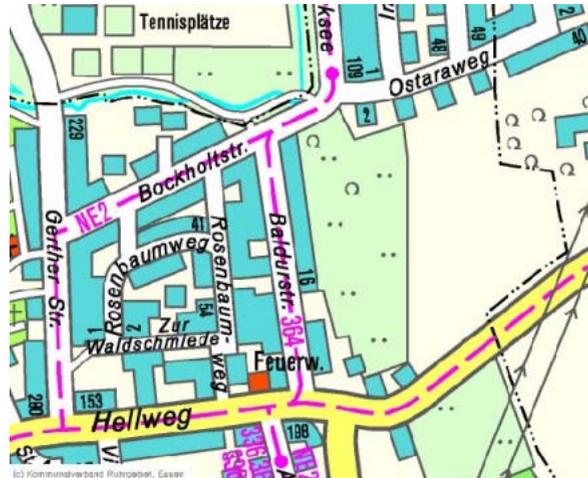
Nächste Antragsperiode:

Einreichungsfristen betragen für das kommende Jahr: 01.01. – 30.04.2014 (beendet)

**Für das Jahr 2015 werden voraussichtlich wieder Fördermittel zur Verfügung gestellt !**

## 8. Referenzen: abgeschlossene *in situ* – Stabilisierung

### Altablagerung Bochum (Baldurstraße/Bockholtstraße)



Ablagerungsmenge: zwischen 100.000 bis 150.000 to

Ablagerungszeitraum: Mitte 1950'er bis Mitte 1970'er

Austrag Corg: zum Ende kleiner 2 kg/h (2002 > 5 Vol.-% CO<sub>2</sub> bei knapp 200 m<sup>3</sup>/h)

Aerobisierungszeitraum: 1990 – 2002

Planung und Durchführung Institut Fresenius Dortmund, Jürgen Kanitz. Die Gasbrunnen zeigten 2002 nach intermittierendem Betrieb kein Methan mehr an und eine Gasbildung war innerhalb eines Jahres nicht mehr erkennbar.

## 8. Referenzen: abgeschlossene *in situ* – Stabilisierung

### Altanlage Bochum (Kassenberger Straße)



Übersicht Gelände



Standort rückgebaute Absauganlage

Ablagerungsmenge: seit 1950'er bis 1970'er mit Siedlungsabfällen

Ablagerungszeitraum: zwischen 100.000 bis 200.000 to. (mangelnde Datenlage)

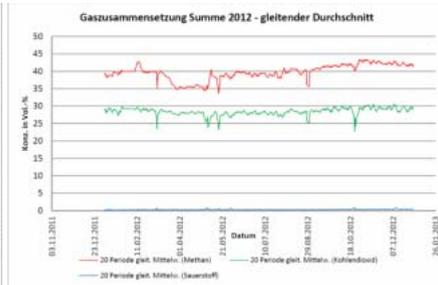
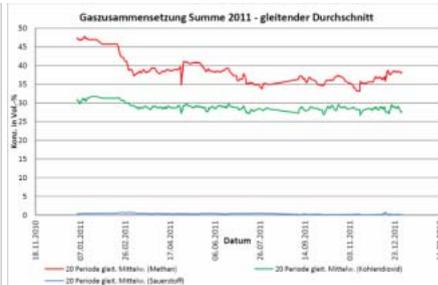
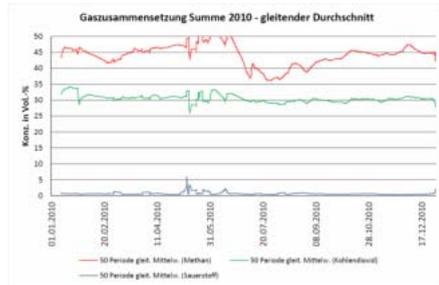
Austrag Corg: zum Ende kleiner 2 kg/h

Aerobisierungszeitraum: 1990 – 2002

Planung und Durchführung Institut Fresenius Dortmund, Jürgen Kanitz. Die Gasbrunnen zeigten 2002 nach intermittierendem Betrieb kein Methan mehr an und eine Gasbildung war innerhalb eines Jahres nicht mehr erkennbar.

# 8. Referenzen: laufende *in situ* – Stabilisierung - Nutzung

Deponie Werderberg Parey („quasistationäre“ Besaugung über einen langen Zeitraum)



2010: 141 m<sup>3</sup>/h Gesamt: 964.017 m<sup>3</sup>/a

2011: 140 m<sup>3</sup>/h Gesamt: 1.178.800 m<sup>3</sup>/a

2012: 110 m<sup>3</sup>/h Gesamt: 897.710 m<sup>3</sup>/a

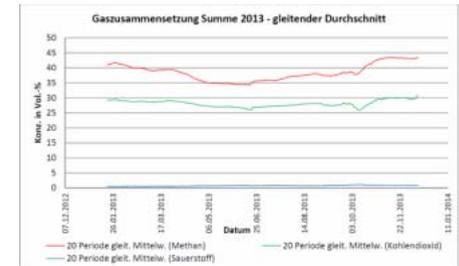
Ablagerungsmenge: ca. 830.000 to. auf ca. 7 ha

Ablagerungszeitraum: 1976 bis 2005

Austrag Corg: 2010: 55,2 kg/h; 2013: 36 kg/h

Stabilisierungszeitraum: 2007 bis dato; Prämissen zurzeit langfristige energetische Nutzung

Durch den deutlich erhöhten Erfassungsgrad ergibt sich eine längere Betriebslaufzeit sowie eine entsprechend weitergehende Entfrachtung des Deponiekörpers von biologisch abbaubarer Organik, die sich zudem positiv auf die Nachsorgezeit der Deponie auswirkt. Gleichmäßiger Unterdruck: Emissionsfreiheit über Oberfläche erreicht.



2013: 110 m<sup>3</sup>/h Gesamt: 885.610 m<sup>3</sup>/h

# 8. Referenzen: laufende *in situ* – Stabilisierung - Sicherung

## Freizeitpark Marienfelde



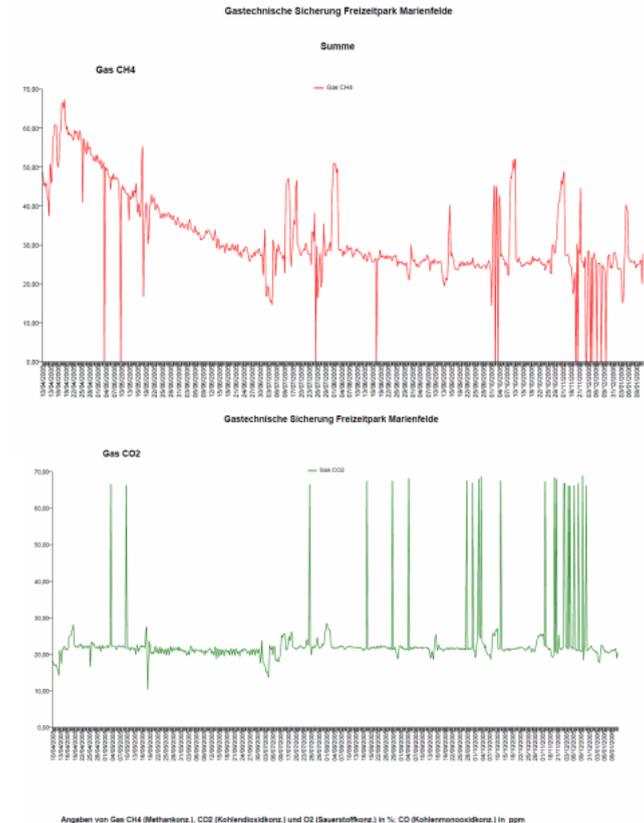
Ablagerungsmenge: auf 37 ha ca. 4,4 Mio. to.

Ablagerungszeitraum: ~ 1950 bis 1981

Austrag Corg: zurzeit bei knapp 89 kg/h

Stabilisierungszeitraum: 2005 bis da to

Planung und Ausführung durch A3 GmbH, Kanitz/Forsting; durch CDM weitergeführt. Die gastechnische Sicherung umfasst einen Bereich von ca. 11 ha. Kriterium für den Erfolg der Sanierungsmaßnahme war das Unterschreiten der Methankonzentration von unter 3,0 Vol.-% Methan an der Oberfläche des Freizeitparks Marienfelde. Bei Deponiemächtigkeiten von durchschnittlich 22 m wird mit den speziell tiefenverfilterten Gasbrunnen eine sichere Gasfassung (mit anschließender Aerobisierung und Schwachgasentsorgung) durchgeführt.

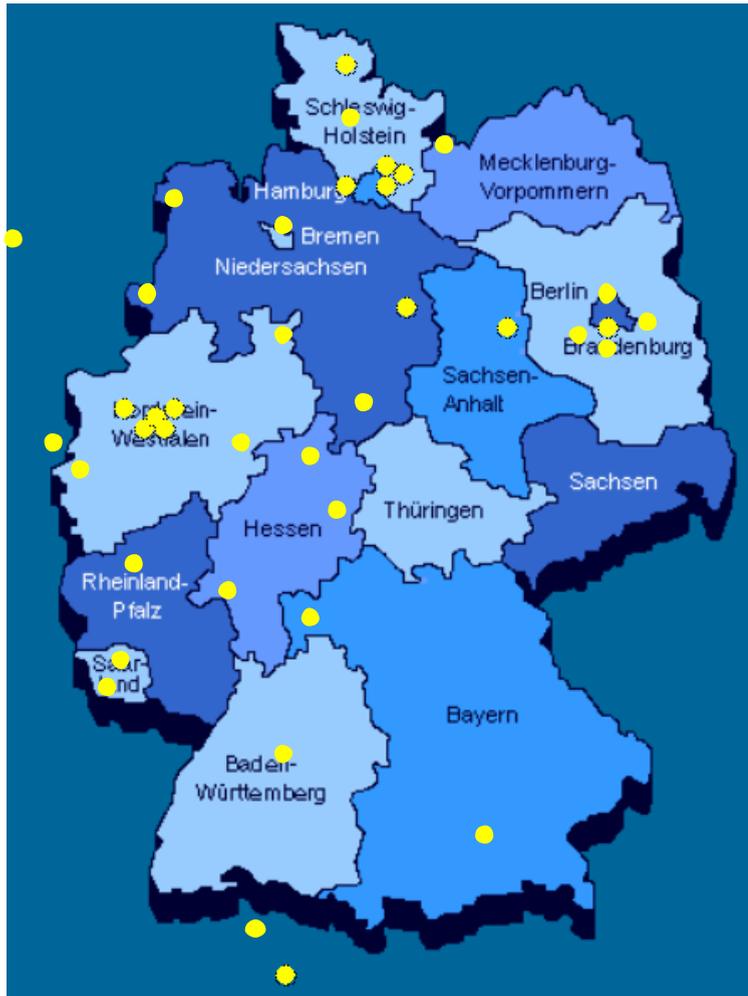


Angaben von Gas CH4 (Methankonz.), CO2 (Kohlendioxidkonz.) und O2 (Sauerstoffkonz.) in %, CO (Kohlenmonoxidkonz.) in ppm

## 9. Referenzprojekte CDM Smith (Fördermaßnahmen)

- **Deponie Wilsum, Grafschaft Bad Bentheim mit DAS – IB GmbH**
  - Untersuchende Maßnahmen, Erstellung einer Potenzialstudie (Stufe 1)
  - Eigenmittel: 41.888 €
  - Förderhöhe: **41.888 €**
  
- **Deponie Illingen, Saarland**
  - Bauliche Umsetzung, Investive Maßnahmen (Stufe 2)
  - Eigenmittel: 306.682 €
  - Förderhöhe: **250.000 €**
  
- **Deponie Lisdorf, Saarland**
  - Untersuchende Maßnahmen, Erstellung einer Potenzialstudie (Stufe 1)
  - Eigenmittel: 11.350 €
  - Förderhöhe: **11.350 €**
  
- **Deponie Kirschenplantage, Hessen**
  - Erstellung einer Potenzialstudie Förderhöhe: Altbereich Kirschenplantage (Stufe 1)
  - Eigenmittel: 14.441 €
  - Förderhöhe: **14.441 €**
  
  - Investive Maßnahmen, Sektor 1 und 2 Kirschenplantage (Stufe 2)
  - Eigenmittel: 127.650 €
  - Förderhöhe: **127.650 €**

## 10. Referenzen CDM Smith (Tiefenentgasung, DEPO<sup>+</sup> Verfahren)



### Projekterfahrungen:

- Deponien München NW, Aschaffenburg, Bayern
- Deponie Am Lemberg, Baden-Württemberg
- Deponien Marienfelde und Lübars, BSR Berlin
- Deponie Vorketzin, Wernsdorf und Fresdorfer Heide, Brandenburg
- Deponie Blockland, Bremen
- Deponie Neu-Wulmstorf, Stenwarde und Oher Tannen, SRHH Hamburg
- Deponie Am Mittelrück, Kirschenplantage und Flörsheim, Hessen
- Deponie Ihlenberg, Mecklenburg-Vorpommern
- Deponien Breinermoor, Deiderode, Wesendorf und Wilsum, Niedersachsen
- Deponie Alsdorf, Donnerberg, Kornharpen, Pohlsche Heide, Lüdenscheid, Wehrden, NRW
- Deponie Sehlem, Rheinland-Pfalz
- Deponien Illingen und Lisdorf, Saarland
- Deponie Werderberg-Parey, Sachsen-Anhalt
- Deponie Ahrenshöft, Alt Duvenstedt, Schleswig-Holstein
- Deponie Braambergen und Schinnen, Niederlande
- Deponie Sass Grand, Engadin, Schweiz



**bedankt sich für  
Ihre Aufmerksamkeit !**