

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

Verfahrenstechnik, Umsatz, Referenzprojekte

Dipl.-Ing.
Biotechn. Jürgen Forsting

25. März 2014

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Workshop Deponiebelüftung als
Klimaschutzmaßnahme –
Investitionsförderung der Nationalen
Klimaschutzinitiative des Bundes

Wasser

Umwelt

Infrastruktur

Energie

Bauwerke

Geotechnik

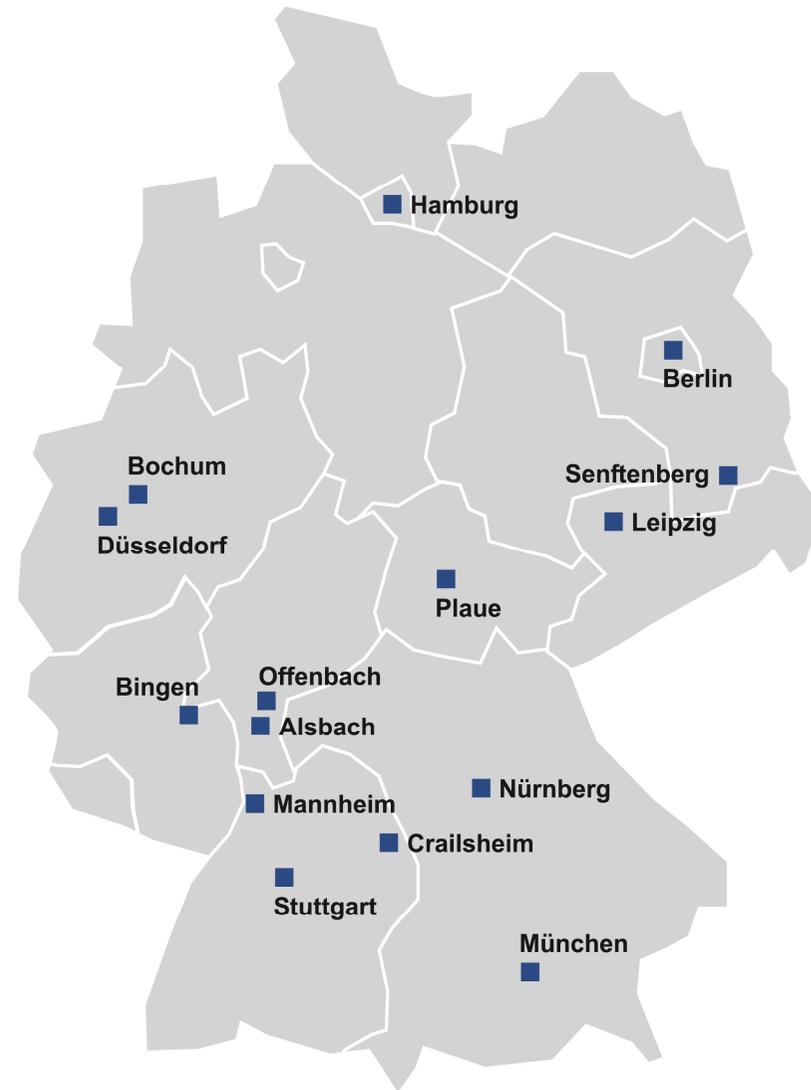
**CDM
Smith**



0. Inhalte

1. Ingenieurbüro CDM Smith Consult GmbH - Kurzvorstellung
2. Ausgangssituation (weitere Ursachen unzureichender Gaserfassung) und Lösungsansatz
3. Idee der Stabilisierung als weitergehende Maßnahme
4. Verfügbare Verfahren zur *in situ* - Stabilisierung
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)
7. Untersuchende Maßnahmen und Bestimmung Wirkungsgrad einer *in situ* - Stabilisierung
8. Referenzprojekte *in situ* – Stabilisierung und Aerobisierung
9. Referenzprojekte Tiefenentgasung
10. Referenzprojekte Fördermaßnahmen
11. Zusammenfassung

1. Ingenieurbüro CDM Smith Consult GmbH



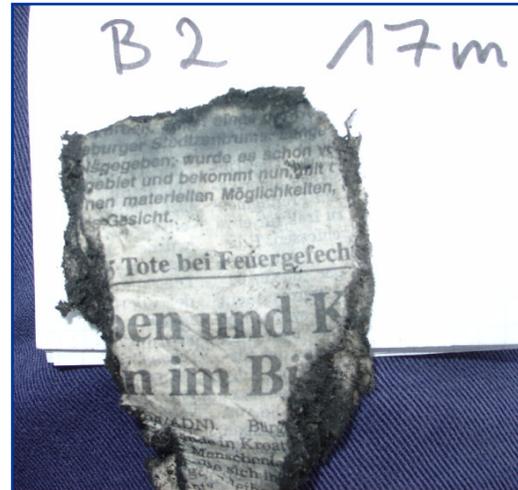
- Consulting, Ingenieurdienstleistungen und Projektrealisierung
- Geschäftsbereiche: Wasser, Umwelt, Infrastruktur, Energie, Bauwerke und Geotechnik
- rd. 500 Mitarbeiter in Europa, rd. 5.000 Mitarbeiter weltweit
- Mitarbeiteraktiengesellschaft

2. Ausgangssituation

Verpackung Juli 1969



Zeitung Anfang 1976



Blätter mit Struktur aus 11 m Tiefe (GOK)



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

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.)¹

➤ Handlungspflicht:

Gemäß Deponieverordnung für Hausmülldeponien ohnehin gegeben.

Zur Emissionsminimierung sollten aber die bestehenden Gasfassungssysteme standortspezifisch zielgerichtet geprüft und bei Bedarf durch Modifikation bzw. durch Erneuerung optimiert werden.

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

¹Verweis auf Fachgespräch UBA, Hrn. Butz, Vorstellung Sachverständigengutachten Ing.-Gruppe RUK am 01.04.2014 in Berlin

2. Weitere Ursachen unzureichender Gaserfassung

- 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.

3. Idee der Stabilisierung - zweistufiges Verfahren

Stufe 1: Anaerobe *in situ* - Stabilisierung

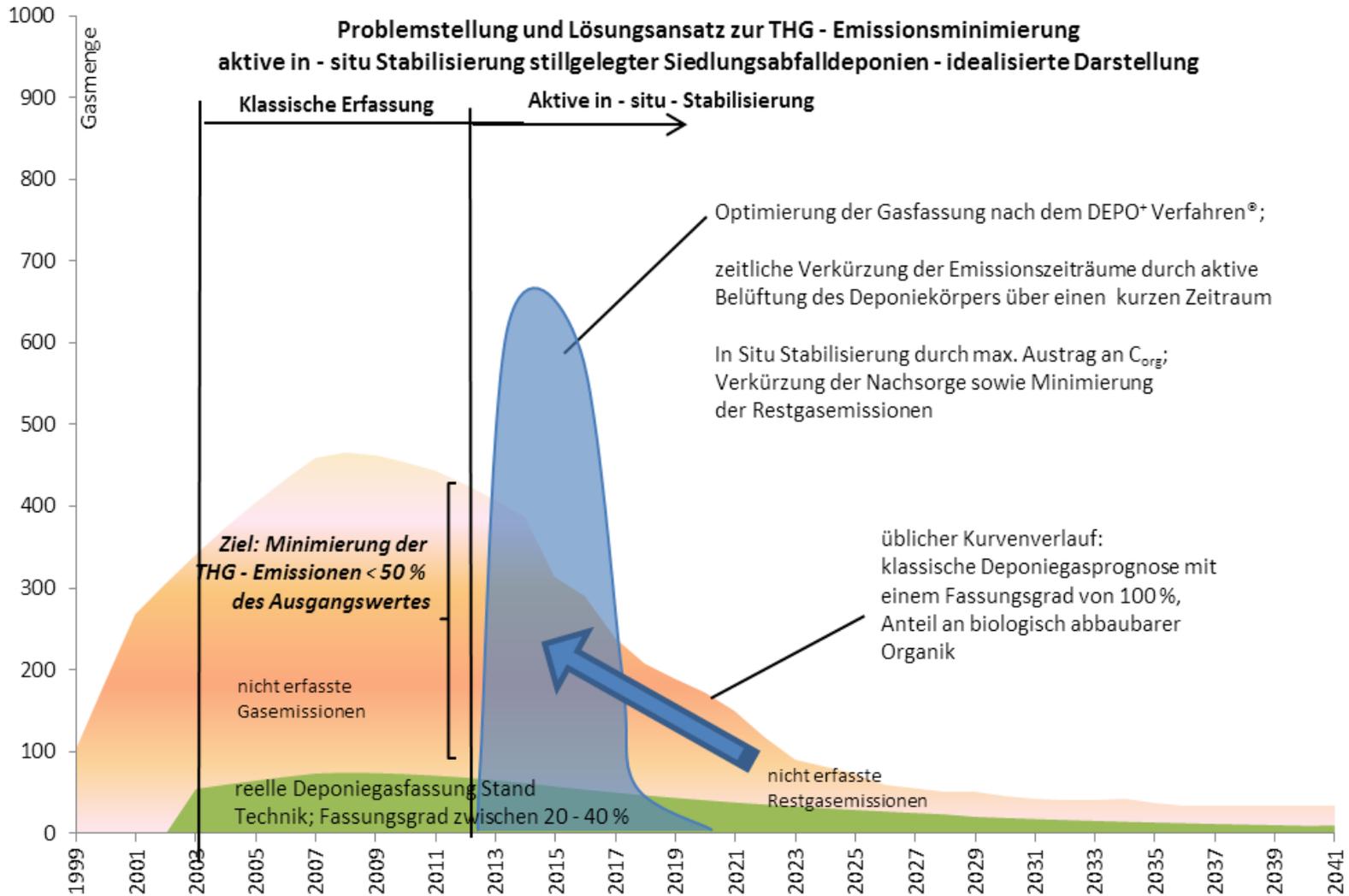
Intensivierung und Beschleunigung der anaeroben Abbauprozesse durch Anlegen eines gezielten Unterdruckes; Minimierung bzw. Verhinderung der vorliegenden Endprodukthemmung (u. a. Krümpelbeck) durch Einstauung (Partialdruckverschiebung, Gradientenverlagerung) von nicht erfasstem Deponiegas

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

3. Idee der Stabilisierung als weitergehende Maßnahme

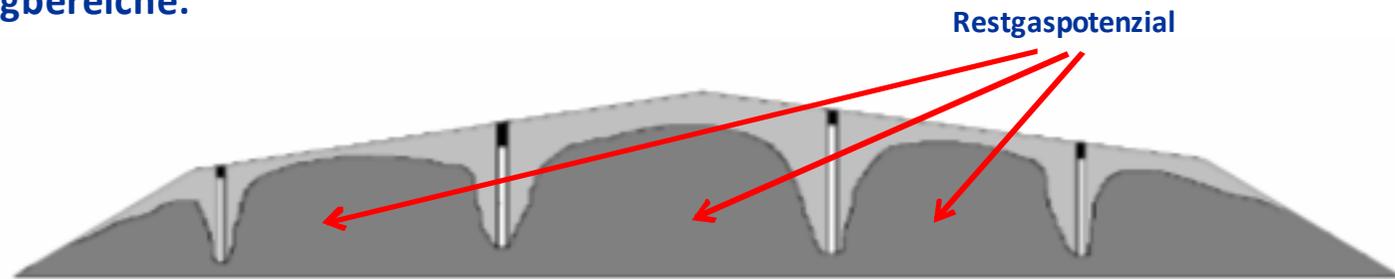


4. Verfügbare Verfahren zur *in situ* - Stabilisierung

- 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 (DEPO⁺ Verfahren[®])**
 - 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 Endproduktthemmung, 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

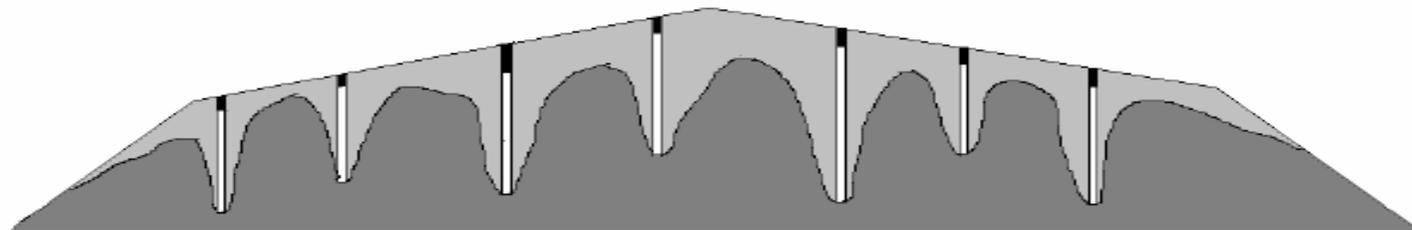
Übliche Absaugbereiche:



Was wird überwiegend gemacht?

Verbesserte Absaugbereiche:

Erhöhte Anzahl klassischer Gasbrunnen

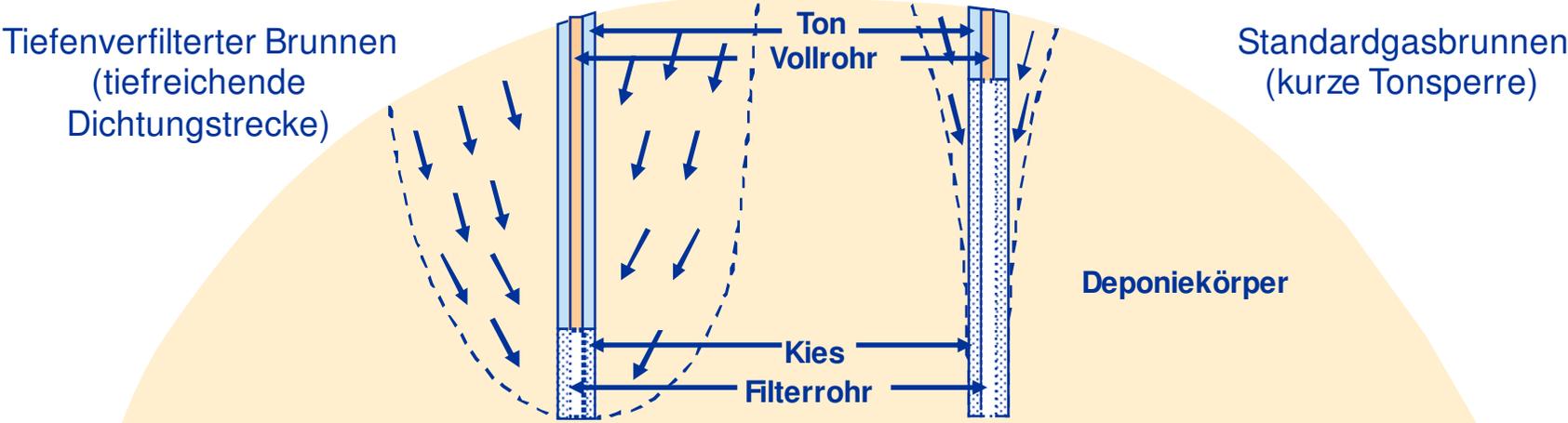
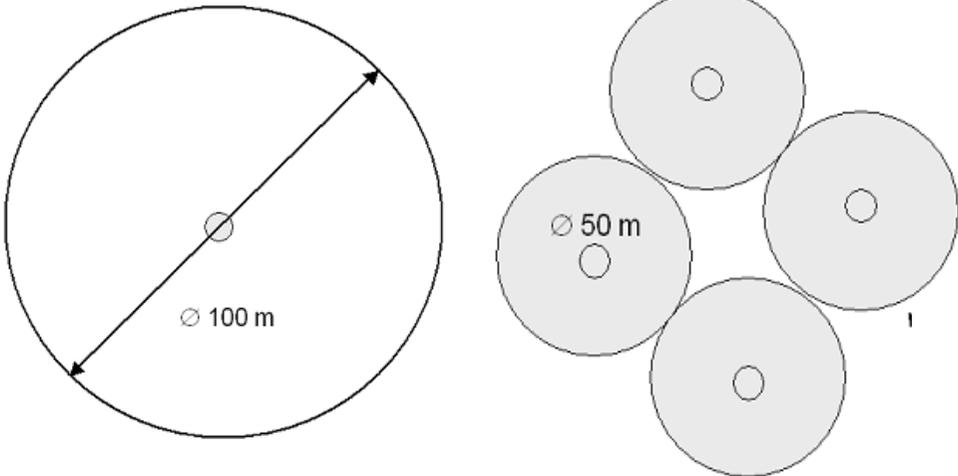


Weitere Möglichkeit:

Verbesserung klassischer Gasbrunnen zu tiefenverfilterten Gasbrunnen

6. Tiefenverfilterte Gasbrunnen zur *in situ* - Stabilisierung

Tiefenverfilterter Gasbrunnen Standardgasbrunnen



6.2 Weitere Wirkungsmechanismen und Folgen

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

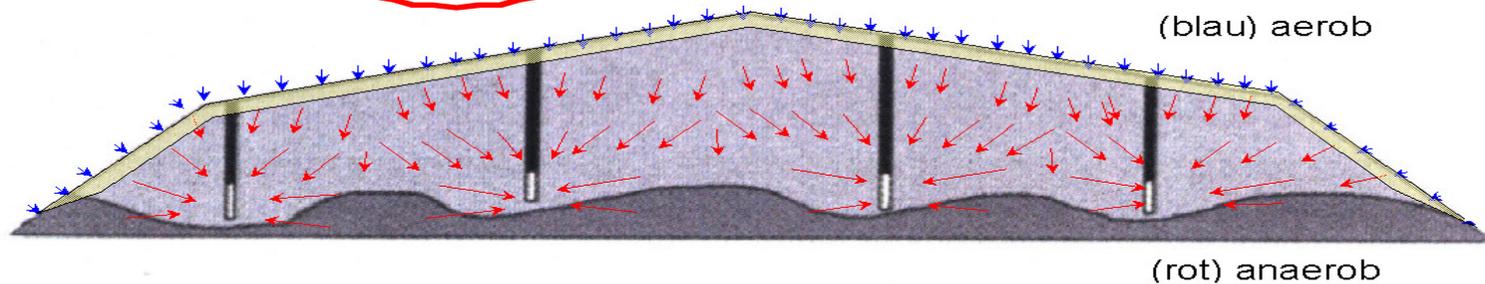
- unmittelbar: Erhöhung der Gasfassungsrate
- mittelbar: Aktivierung biogen verfügbarer Organik;
Erhöhung der Milieutemperatur;
Umsetzung höhermolekularer Organik (Lignin etc. durch aerobe Abbauprozesse)
- durchgängig: stoffliche Entfrachtung über den Gaspfad – maximaler Austrag an org. Kohlenstoff (c_{org})
- $CO_{2(eq)}$ -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[©])
 - 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 m³/ha*h

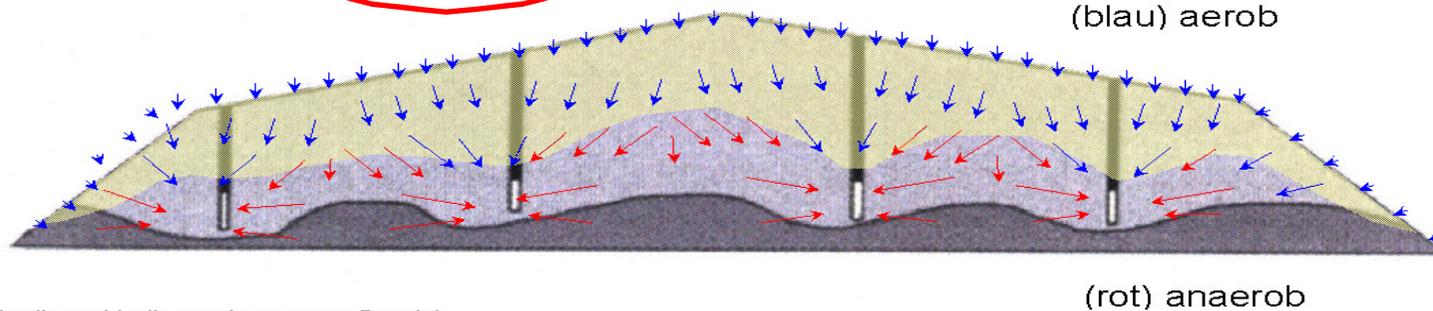


hellgelb und hellgrau: besaugter Bereich
dunkelgrau: nicht besaugter Bereich
Pfeillänge => Strömungsgeschwindigkeit

Organikabbau in der Phase der aeroben in situ Stabilisierung

Phase II

Saugleistung: ca. 250 - 500 m³/ha*h



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

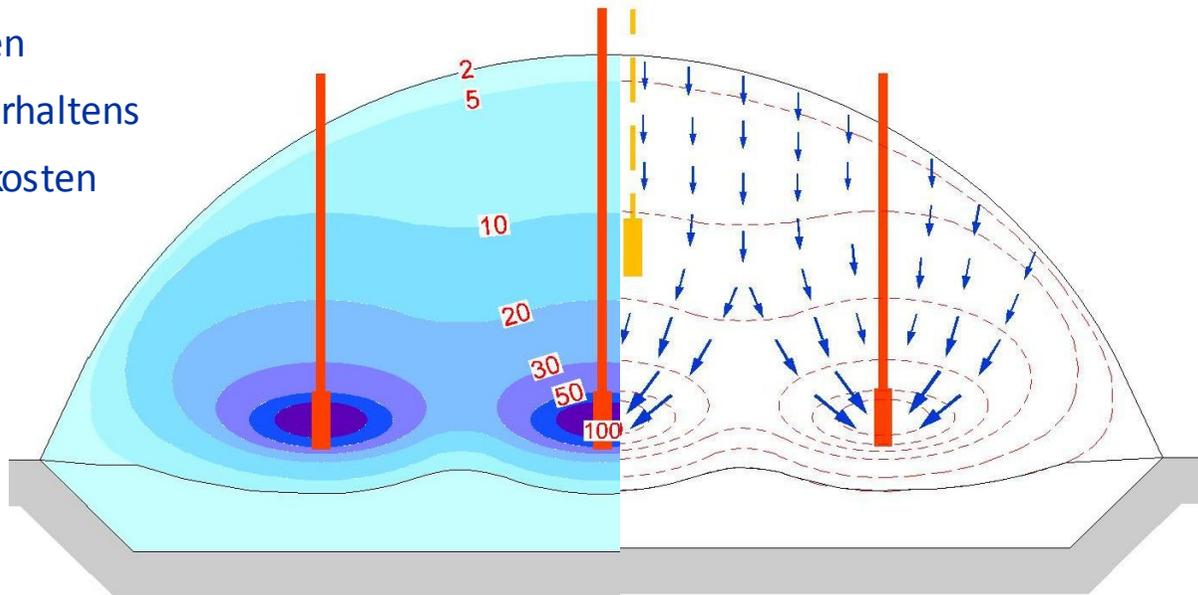
6.4 Stabilisierung - anaerob (Phase I) und aerob (Phase II)

Sauerstoffeintrag auf größtmöglicher Fläche in der Phase II → *in situ* - Aerobisierung

- Geringe Eintrittsgeschwindigkeit des Luftsauerstoffes ⇒ hohe Leistungsfähigkeit
- Geringe Temperaturentwicklung (< 40 °C, durch Biologie) ⇒ keine Deponiebrandgefahr
- Geringe Austrocknungsgefahr ⇒ Erhaltung der Biologie

Weitere Nutzeneffekte:

- Beschleunigung der Setzungen
- Verbesserung des Langzeitverhaltens
- Minimierung der Nachsorgekosten



7. 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.

7. Aerobisierung und max. Austrag C_{org} - Wirkungsgrad

Name	Zeichen	Formel	Zahlenwerte	Dimension
Volumenstrom Abgas	V_{ges}	V/t	100,00	m^3/h
Konzentration O_2 Austritt	c_{O_2}	m^3/m^3	0,50	%
Konzentration cCO_2	cCO_2		28,20	%
Konzentration cCH_4	cCH_4		38,50	%
Deponiefläche	A		83000	m^2
Deponiehöhe	h		10	m
Deponievolumen	V		830000	m^3

Umsatzberechnung Sauerstoff	U	$U=100 \cdot (21 - c_{O_2}) / 21$		%
Berechnung Umsatz O_2	U		97,62	%

Biogasbildung	rB	$rB = (cCH_4 / 100 + 0,5 \cdot cCO_2 / 100) \cdot V_{ges}$	67,75	m^3/h
Biogasbildung	rB			m^3/h

Austrag org. Kohlenstoff als CO_2	mCO_{2org}	m/t		g/h
		$mCO_{2org} = V_{ges} \cdot cCO_2 / 100 \cdot Mv \cdot MCO_2$		
Konzentration cCO_2	cCO_2		28,20	%
Molvolumen	Mv	$Mv = V / Mvol$	44,64	mol
	V		1000,00	l
	Mvol		22,40	mol/l
Molare Masse	MCO_{2org}		44,00	g/mol
Faktor	F	$F = Mv / MCO_2$	1,01	
Berechnung mCO_{2org}	mCO_{2org}		55,39	kg/h

Austrag org. Kohlenstoff als CH_4	mCH_{4org}	m/t		g/h
		$mCH_{4org} = V_{ges} \cdot cCH_4 / 100 \cdot Mv \cdot MCH_4$		
Konzentration cCH_4	cCH_4		38,50	%
Molvolumen	Mv	$Mv = V / Mvol$	44,64	mol
	V		1000,00	l
	Mvol		22,40	mol/l
Molare Masse	MCH_{4org}		16,00	g/mol
Faktor	F	$F = Mv / MCH_4$	2,79	
Berechnung mCH_{4org}	mCH_{4org}		27,50	kg/h

Austrag C_{org} anaerob				
Gasbildung Anaerob				
Gebildetes CO_2	$cCO_{2anaerob}$	$cCO_2 = cCH_4 / 2$	19,25	%
Gebildetes CH_4	cCH_4		38,50	%
Austrag C_{org} anaerob	mC_{org} anaerob		30,94	kg/h

Austrag C_{org} aerob				
Gasbildung Aerob				
Gebildetes CO_2	cCO_2	$cCO_{2aerob} = 6CO_2 - cCO_{2anaerob}$	8,95	%
Austrag C_{org} aerob	mC_{org} aerob		4,79	kg/h

Austrag Gesamt Kohlenstoff C_{org}	mC_{org}		35,73	kg/h
--------------------------------------	------------	--	-------	------

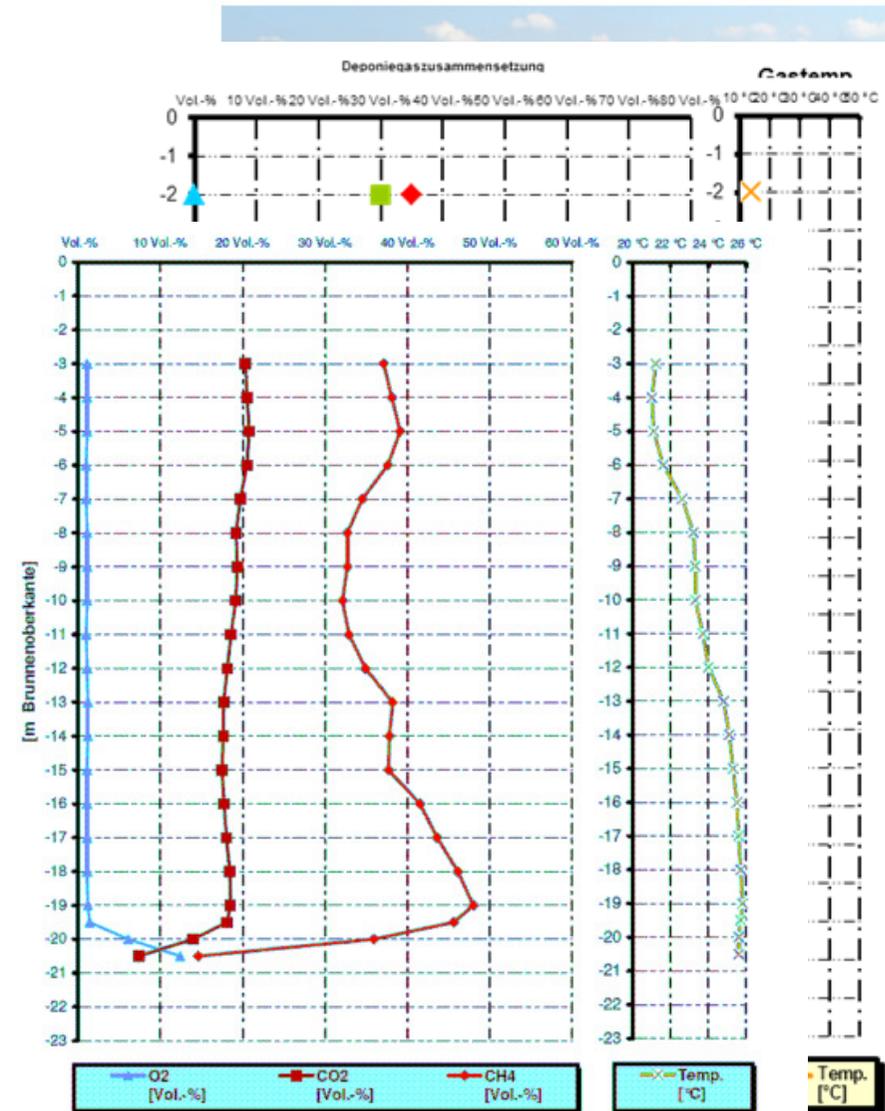
Austrag Gesamt Kohlenstoff C_{org}/m^3	mC_{org}		0,36	kg/ m^3
--	------------	--	------	-----------

Faktor Aerobisierung	F_a		0,15	
----------------------	-------	--	------	--

Exceltabelle zur Bestimmung des Austrages an Gesamtkohlenstoff (Beispiel)

7. Beispiele für eine Bestandsuntersuchung

- Kamerabefahrung
- Tiefgestaffelte 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)



7. Beispiele für eine Bestandsuntersuchung



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.-% CO₂ bei knapp 200 m³/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

Altablagerung 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- Sicherung

Freizeitpark Marienfelde



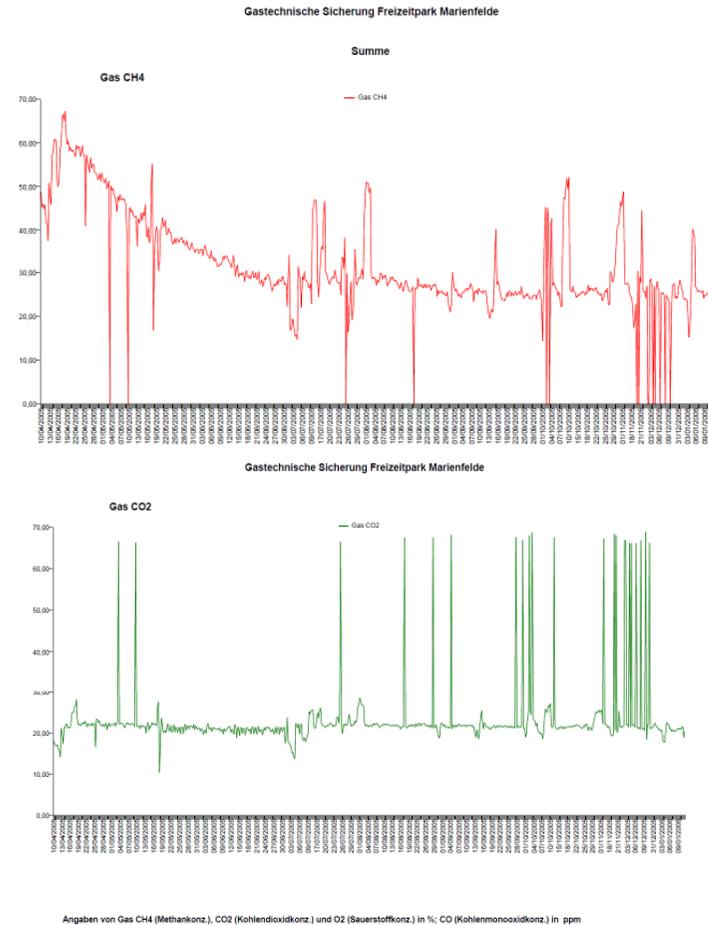
Ablagerungsmenge: auf 37 ha ca. 4,4 Mio. to.

Ablagerungszeitraum: ~ 1950 bis 1981

Austrag Corg: zurzeit bei knapp 89 kg/h

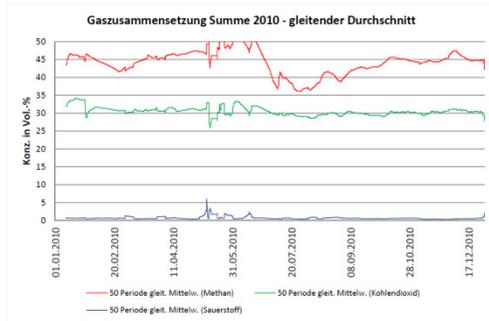
Stabilisierungszeitraum: 2005 bis dato

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.

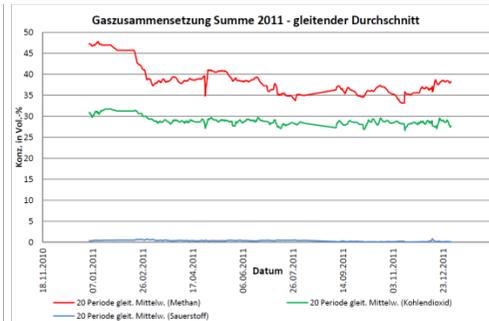


8. Referenzen: laufende *in situ* – Stabilisierung- Nutzung

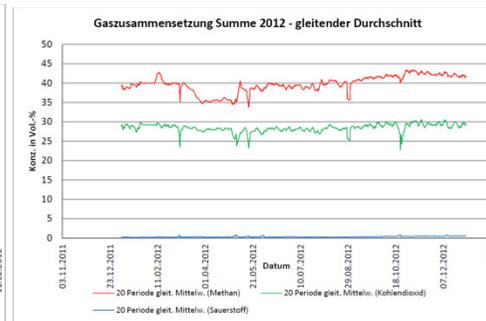
Deponie Werderberg Parey („quasistationäre“ Besaugung über einen langen Zeitraum)



2010: 141 m³/h Gesamt: 964.017 m³/a



2011: 140 m³/h Gesamt: 1.178.800 m³/a



2012: 110 m³/h Gesamt: 897.710 m³/a

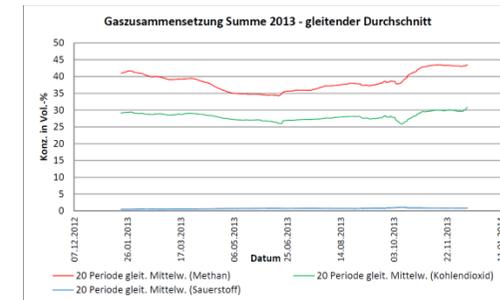
Ablagerungsmenge: ca. 830.000 to. auf ca. 7 ha

Ablagerungszeitraum: 1976 bis 2005

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

Stabilisierungszeitraum: 2007 bis dato; Prämisse 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 m³/h Gesamt: 885.610 m³/h

9. Referenzprojekte CDM Smith (Fördermaßnahmen)

- **Deponie Wilsum, Grafschaft Bad Bentheim**
 - Untersuchende Maßnahmen, Erstellung einer Potenzialstudie (Stufe 1)
 - Eigenmittel: 41.888 €
 - Förderhöhe: **41.888 €**

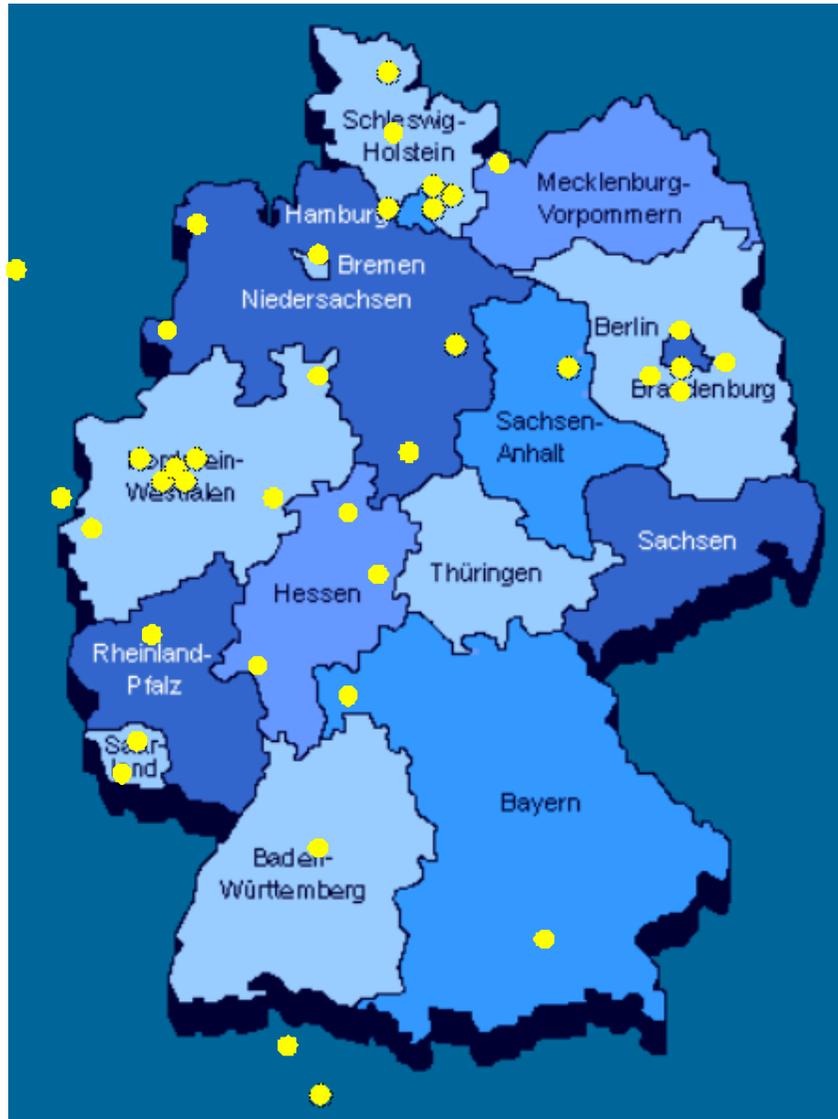
- **Deponie Illingen, Saarland**
 - Bauliche Umsetzung, Investive Maßnahmen (Stufe 2)
 - Eigenmittel: 306.682 €
 - Förderhöhe: **250.000 €**

- **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+ 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, Stemwarde 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 Sehem, 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

11. Zusammenfassung

CDM Smith hat das Know-how und die Erfahrung für

- ✓ durchgeführte und abgeschlossene *in situ* - Stabilisierungen und Aerobisierungsmaßnahmen
- ✓ die erfolgreiche Antragstellung bei Förderprogrammen von *in situ* - Stabilisierungen
- ✓ die fachgerechte Durchführung der gesamten Bestandsuntersuchung
- ✓ die Erstellung von Potenzialanalysen und Maßnahmenkonzepten

CDM Smith hat das Know-how und die Anlagentechnik für

- ✓ die Untersuchung des Gasfassungssystems
- ✓ Tiefenzonale Untersuchungen, Kamerabefahrungen, Bestandsaufnahmen etc.
- ✓ die Durchführung von Absaugversuchen inkl. Gasbehandlung
- ✓ die Umrüstung/Modifikation zu tiefenverfilterten Gasbrunnen



**bedankt sich für
Ihre Aufmerksamkeit !**