



# 10 Jahre Messung von Deponiegasen und Gasemissionen auf Deponien

Fachgebiet 22 - Anlagentechnik, Technische Überwachung

Christian Mader, Matthias Müller

## Gliederung:

1. Grundlagen der Deponiegasbildung
2. Warum und für Wen Durchführung der Messungen
3. Messung an Deponiegaspegeln
4. Flammenionisationsdetektor (FID) – Messungen
5. Ausblick, neue Messmethoden
6. Zusammenfassung

# WAS IST DEPONIEGAS?

## Definition

Als Deponiegas werden im Allgemeinen die im Deponiekörper durch mikrobielle Abbauprozesse entstandenen gasförmigen Stoffwechselprodukte, soweit sie nicht gelöst werden, sowie die in die Gasphase übergegangenen abgelagerten Stoffe bezeichnet.

## Inhaltsstoffe

Hauptbestandteile:	Methan (ca. 50 - 60 Vol.-%), Kohlendioxid (ca. 30 - 40 Vol.-%)
Nebenbestandteile:	Sauerstoff, Stickstoff, Schwefelwasserstoff, Wasser und weitere organische Bestandteile

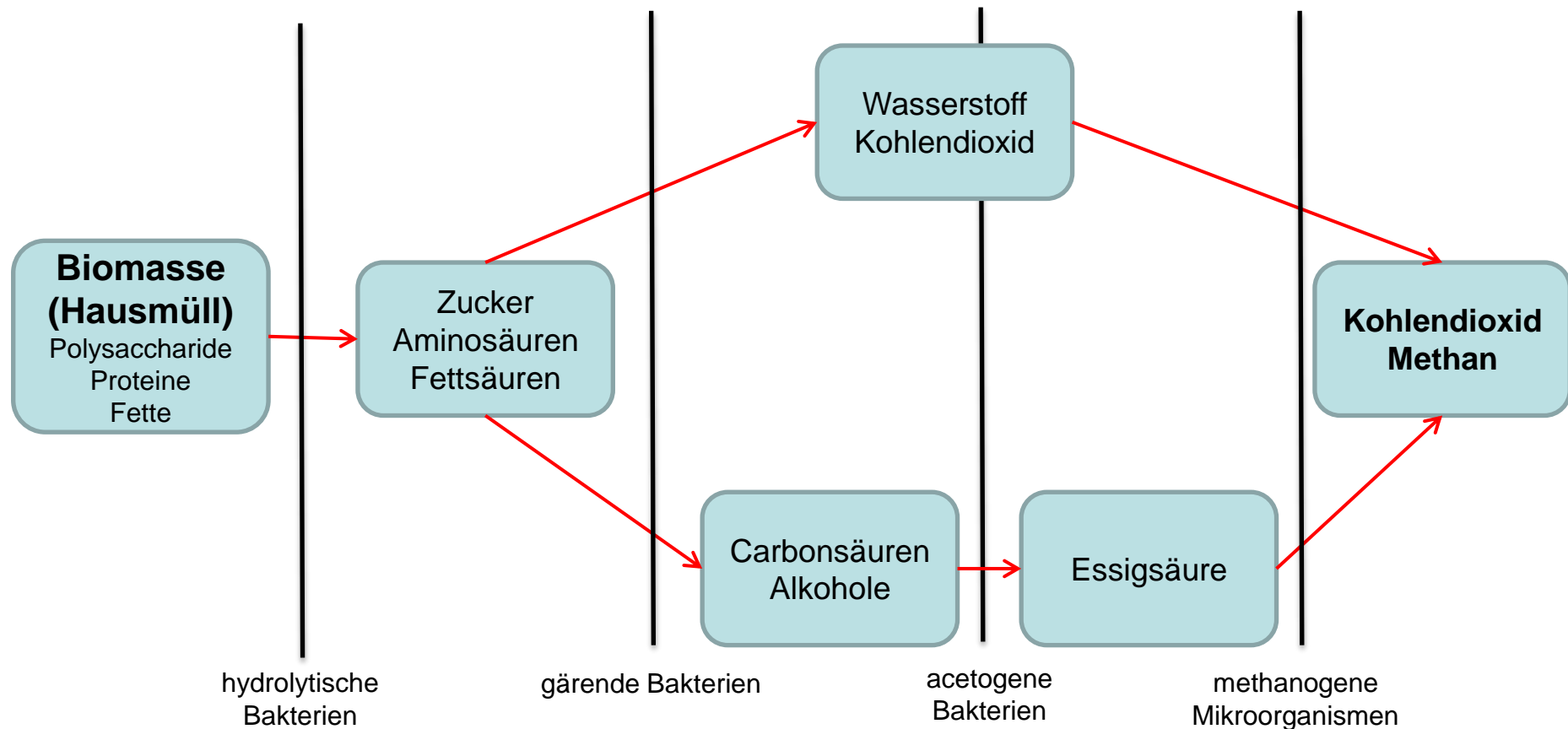
# ENTSTEHUNG VON DEPONIEGAS

## 1. Stufe Hydrolyse

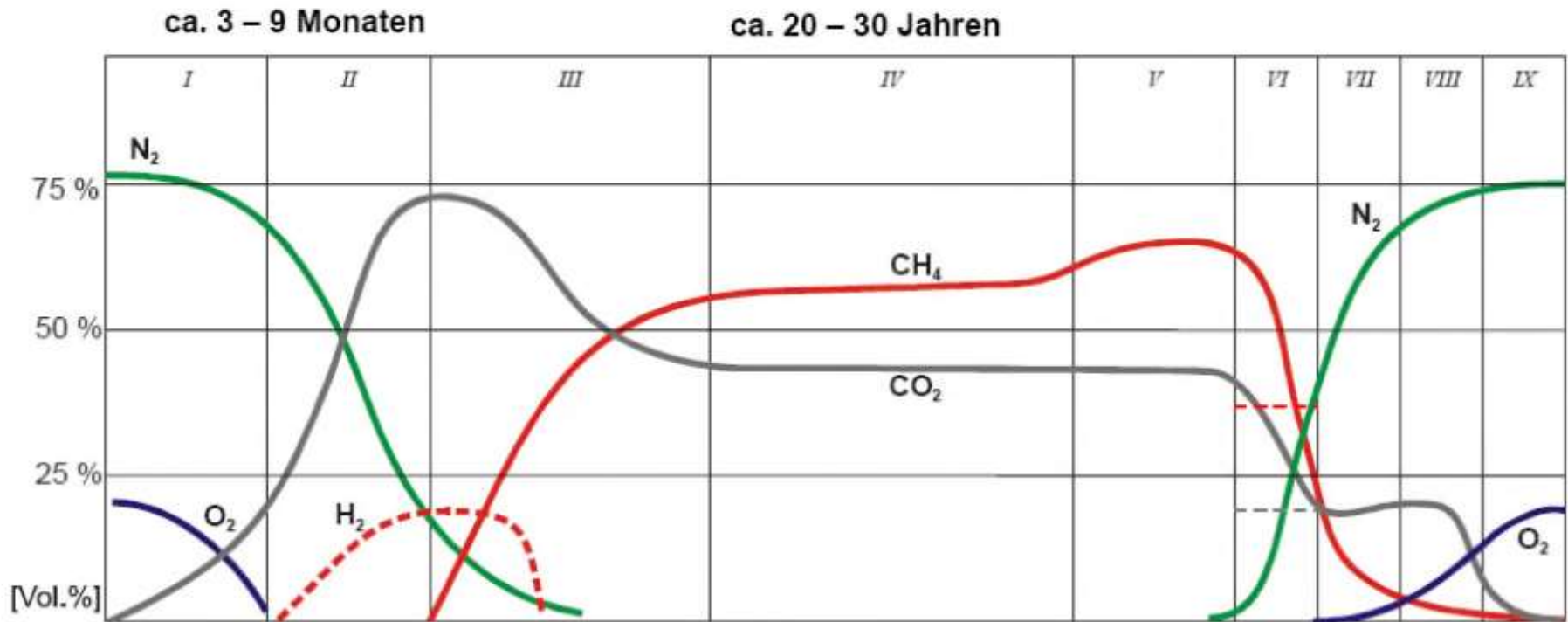
## 2. Stufe Säurebildung

## 3. Stufe Essigsäurebildung

## 4. Stufe Methanbildung



# PHASEN DER DEPONIEGASBILDUNG



Quelle: W. H. Stachowitz, 21. Kasseler Abfallforum

Phase I - aerobe Phase  
 Phase II - saure Gärung  
 Phase III - Methangärung instabil  
 Phase IV - Methanbildung stabil

Phase V - Langzeitphase  
 Phase VI - Lufteindringphase  
 Phase VII - Methanoxidationsphase  
 Phase VIII - Kohlendioxidphase

# RECHTLICHES ZUR MESSUNG VON DEPONIEGASEN

## **Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV)**

- Gemäß §12 hat der Deponiebetreiber bis zum Ende der Nachsorgephase Messungen und Kontrollen nach Anhang 5 Nr. 3.2 durchzuführen.
- Entsprechend Anhang 5 Nr. 3.2 DepV ist der Deponiebetreiber verpflichtet, die Wirksamkeit einer eventuellen Entgasung oder der Restgasoxidation halbjährlich mittels Messungen mit Flammenionisationsdetektor, Laser-Absorptionsspektrometrie oder mittels gleichwertiger Verfahren auf der Deponieoberfläche und an Gaspegeln im näheren Deponieumfeld zu kontrollieren.

# RECHTLICHES ZUR MESSUNG VON DEPONIEGASEN

## Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV)

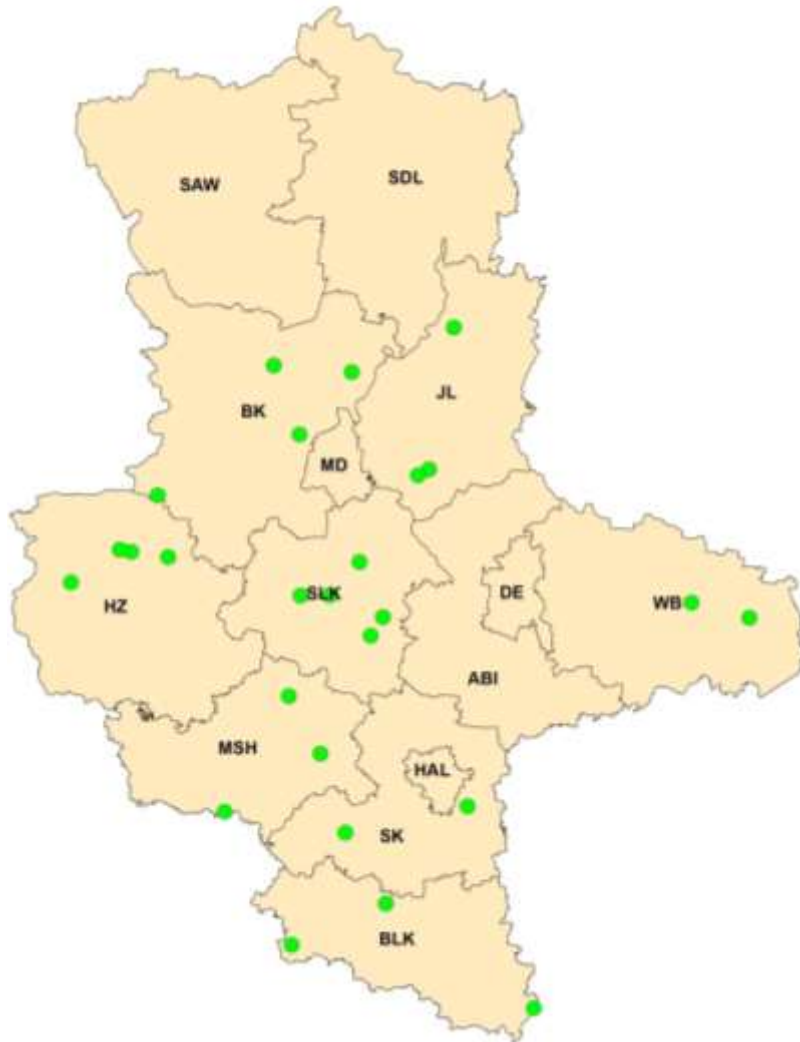
- Unter Anhang 5 Nr. 10 „Kriterien für die Feststellung des Abschlusses der Nachsorge“ heißt es unter Nr. 2:  
  
„Eine Gasbildung findet nicht statt oder ist soweit zum Erliegen gekommen, dass keine aktive Entgasung erforderlich ist, austretende Restgase ausreichend oxidiert werden und schädliche Einwirkungen auf die Umgebung durch Gasmigration ausgeschlossen werden können. Eine ausreichende Methanoxidation des Restgases ist nachzuweisen.“

# AUFTRAGGEBER DER MESSUNGEN

- Die Messungen werden zum Großteil in Amtshilfe oder im Rahmen von Langzeituntersuchungen durchgeführt
- Auftraggeber sind:
  - Landesverwaltungsamt
  - Untere Abfallbehörden der Landkreise
  - Eigenbetriebe der Landkreise
  - Landesamt für Geologie und Bergwesen



# ÜBERSICHT ÜBER MESSSTANDORTE



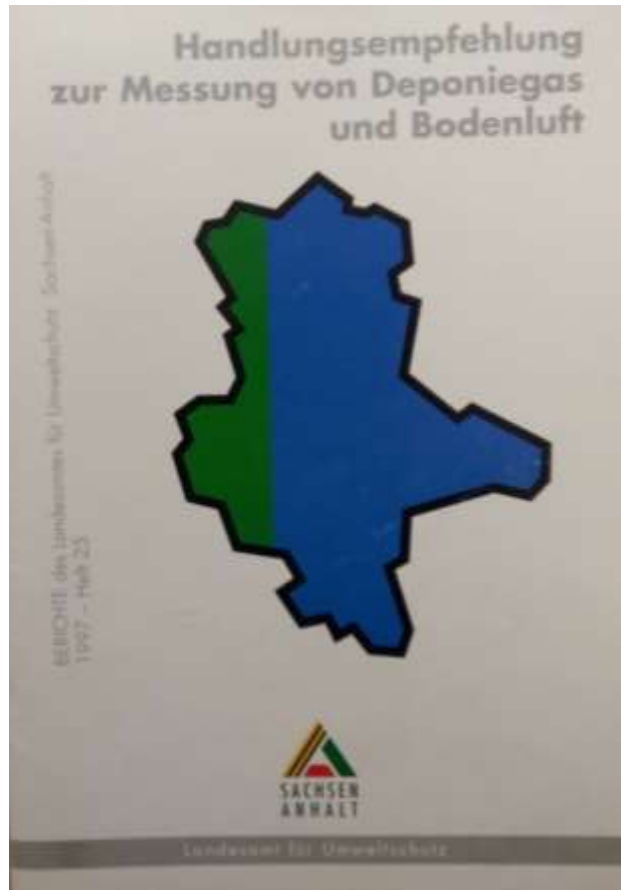
- Aktuell werden an 17 Standorten FID-Begehungen und an 9 Standorten Gaspegelmessungen durchgeführt.
- An einigen ausgewählten Standorten finden Grund- und Sickerwasseruntersuchungen statt.

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

- Bereits im November 1992: Beschaffung eines ersten Bodenluftprobenahmesystems und Durchführung von Messungen beginnend an Altlasten und später auch an Deponiestandorten
- Durchführung der Messungen zur Ermittlung von Gaskonzentrationen in der Bodenluft im Rahmen der Altlastenbewertung und Altlastensanierung
- Kontrolle der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen
- Langzeitbeprobungsprogramm an ausgewählten Deponiestandorten, um die Entwicklung der Gaszusammensetzung zu verfolgen



# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



- Im Ergebnis der vielen durchgeführten Messungen wurde u.a. die „Handlungsempfehlung zur Messung von Deponiegas und Bodenluft“ herausgegeben
- Die Handlungsempfehlung sollte damals den Behörden eine erste Hilfestellung bei der Beurteilung von Messungen an Altlasten und Deponien und den daraus abzuleitenden Maßnahmen geben

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

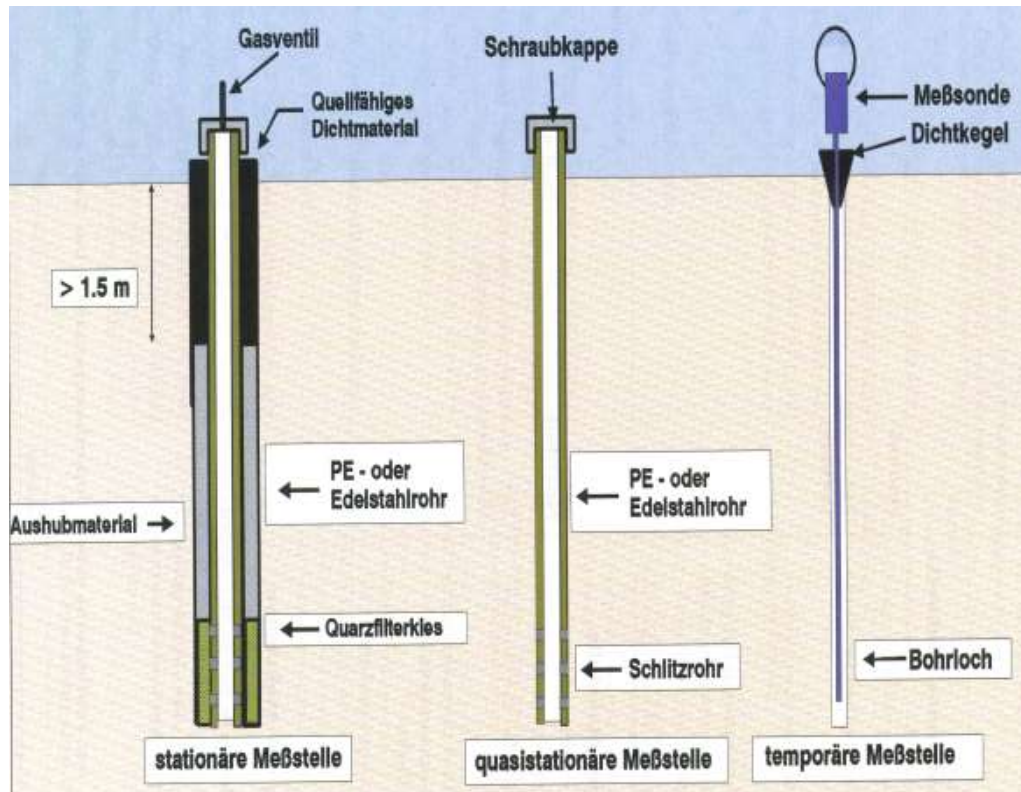
## MESSPRINZIP

- Messgerät
  - Bodenluftprobenahmesystem im Tragekoffer mit Mess- und Pumpsystem und digitaler Messwertanzeige



- 4 Messkanäle für Methan, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff und Sauerstoff
- Messkanäle:
  - Methan – NDIR-Sensor, Messbereich 0,5 – 80 Vol.-%
  - Kohlendioxid – NDIR-Sensor, Messbereich 0,5 – 80 Vol.-%
  - Schwefelwasserstoff – Halbleitersensor, Messbereich 0,2 – 100 ppm
  - Sauerstoff – Elektrochemischer Sensor, Messbereich 0,5 – 50 Vol.-%

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



Grundsätzlich werden drei Arten von Gasmessstellen unterschieden:

- Stationäre Messstelle
- Quasistationäre Messstelle
- Temporäre Messstelle

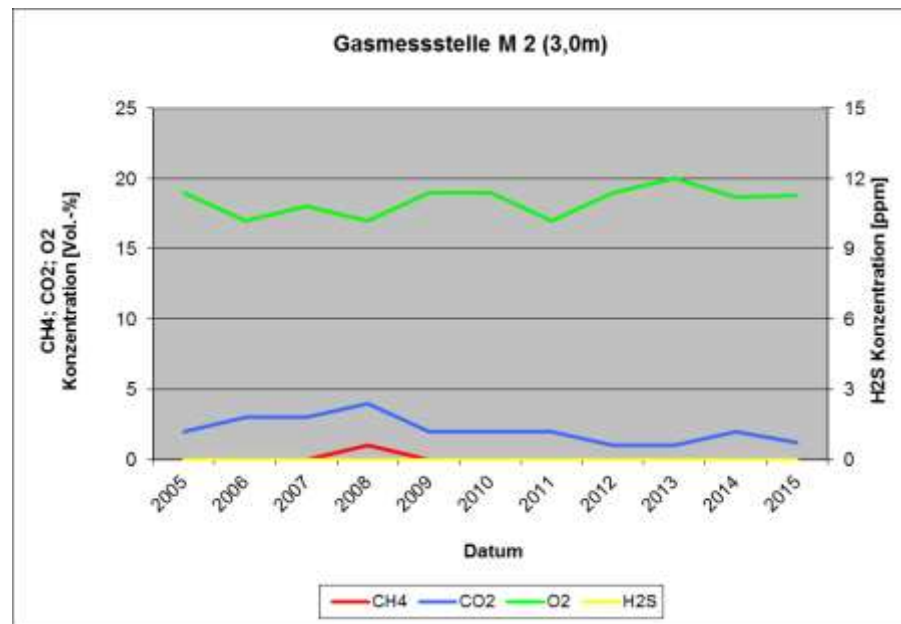
# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

## Stationäre Messstellen

- Werden vom Deponiebetreiber im Umfeld der Deponie oder an besonders gefährdeten Bereichen errichtet
- Dienen im Wesentlichen zur Überwachung von Deponiegasmigrationen aus dem Deponiekörper in das Umfeld
- Im Normalfall sollte in solchen Pegeln kein Methan oder Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden
- Es sollte nur Kohlendioxid in niedrigen Konzentrationen sowie Sauerstoff und Stickstoff vorhanden sein



# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



Beispiel für Messergebnisse eines Gasmigrationspegels

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

## Quasistationäre Messstellen

- Werden vom LAU abgeteuft und ausgebaut
- Errichtung erfolgt zielabhängig bis in den Abfallkörper oder nur bis in die Oberflächenabdeckung
- Es kann die Entwicklung der Gaskonzentration im Abfallkörper als auch die Veränderung der Gaszusammensetzung beim durchströmen der Oberflächenabdichtung gemessen werden (Nachweis der Methanoxidation)



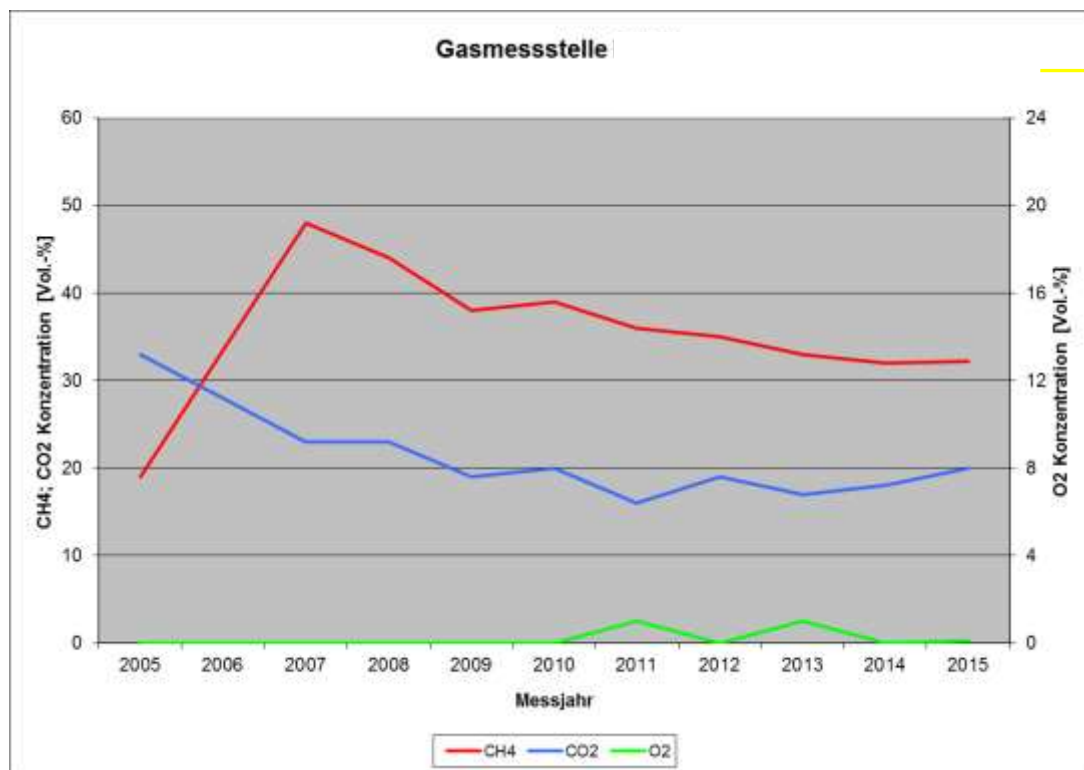


# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

## Temporäre Messstellen

- Können ebenfalls vom LAU errichtet werden
- Dienen hauptsächlich zur Erfassung des IST-Zustandes, um einen Überblick über die Gassituation am Standort zu erhalten
- Messstellen werden direkt nach dem Abteufen und erfolgter Messung wieder verschlossen

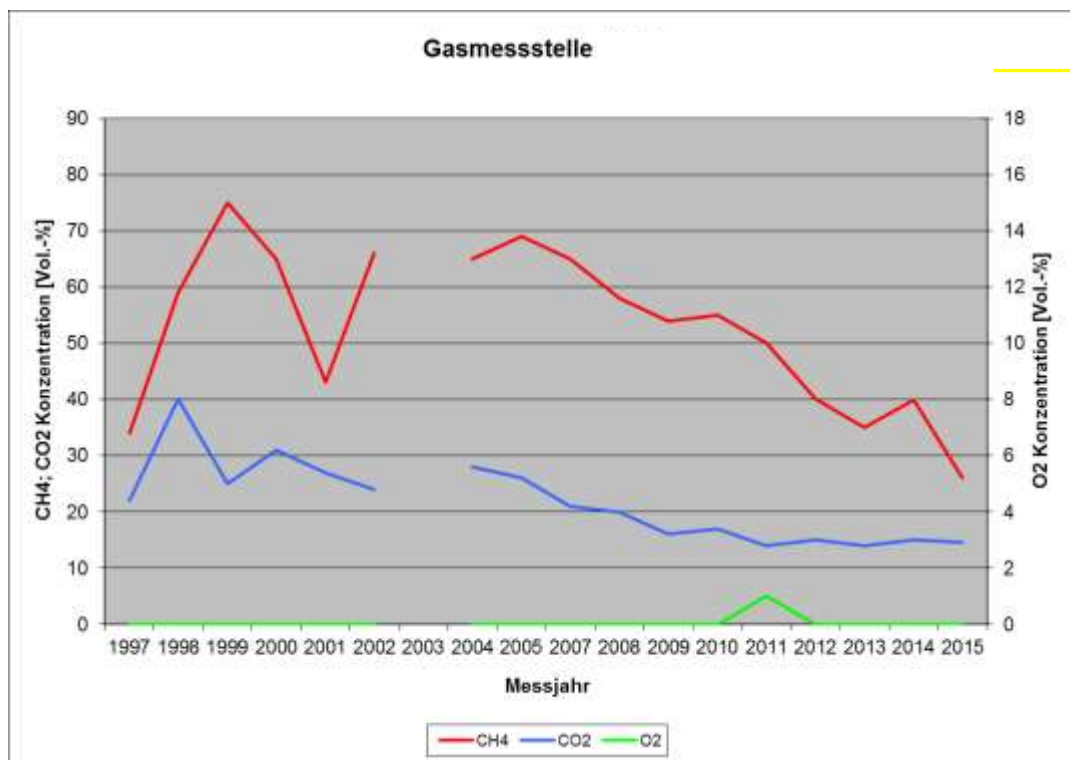
# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



© GeoBasis-DE / LVermGeo LSA

- Errichtung der Pegel 2005, zum Ende der Ablagerungsphase
- bis 2007 Anstieg der Methankonzentration
- Von Beginn an kein hohes biologisches Potenzial vorhanden

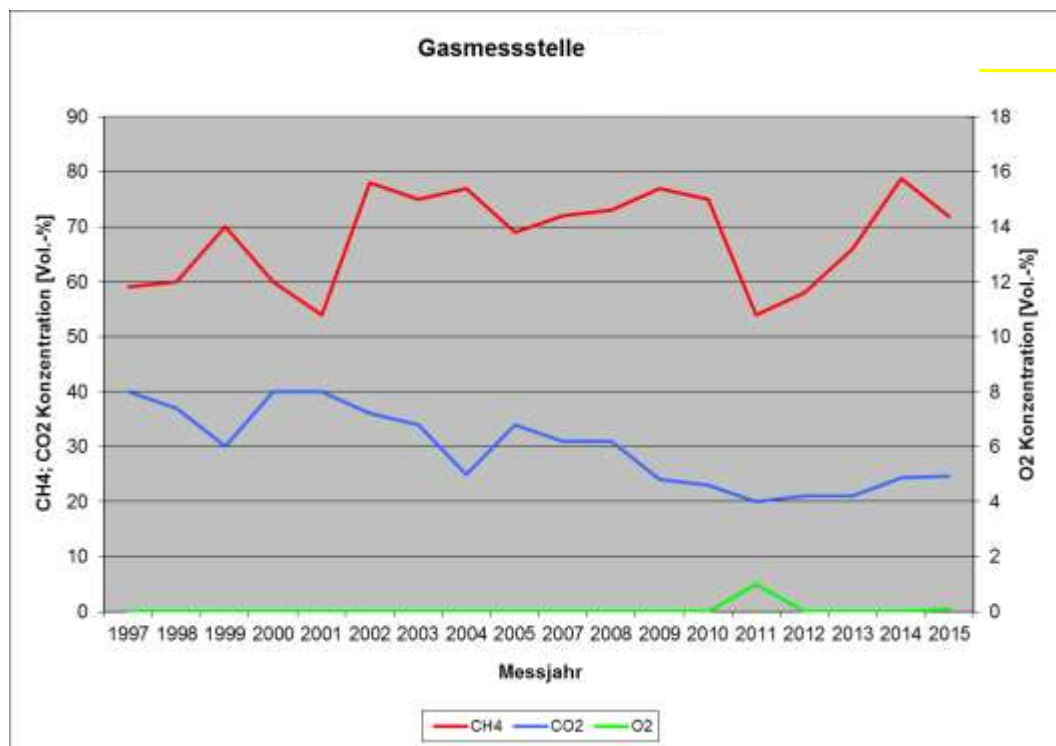
# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



© GeoBasis-DE / LVermGeo LSA

- Verlauf der Gaskonzentration in einem Gaspegel im Randbereich, mittleres Ablagerungsalter
- Bereich wird über die Aktiventgasungsanlage erfasst

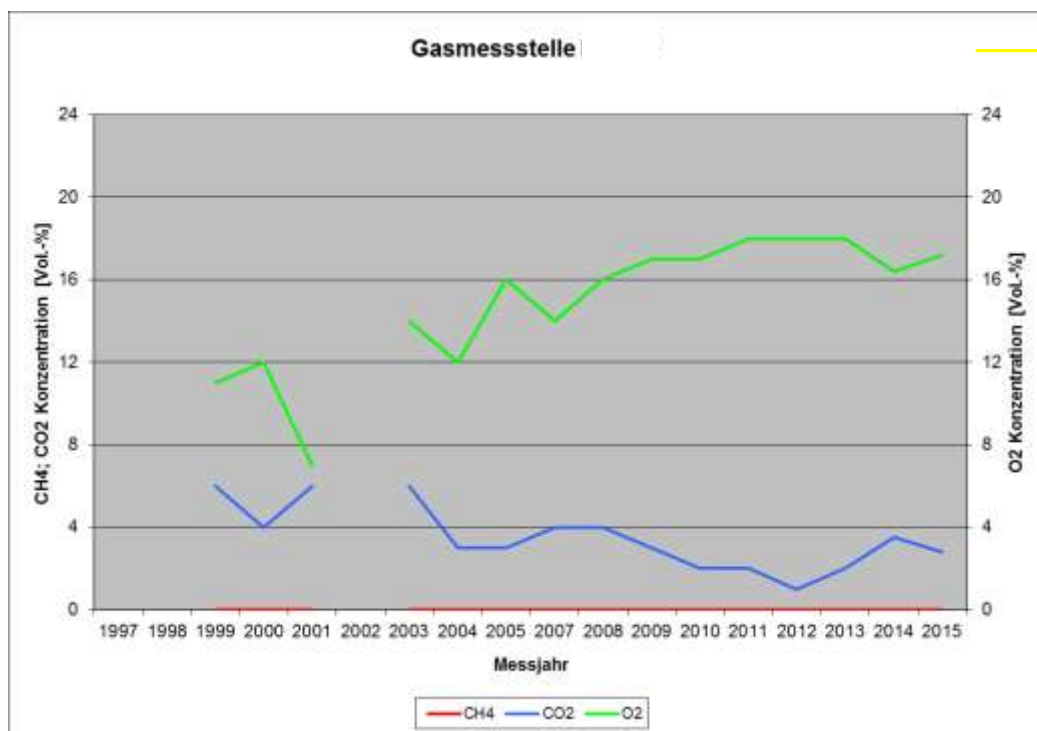
# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



© GeoBasis-DE / LVermGeo LSA

- Verlauf der Gaskonzentration in einem Gaspegel im Bereich der älteren Ablagerungen
- Bereich wird kaum über die Aktiventgasungsanlage erfasst

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

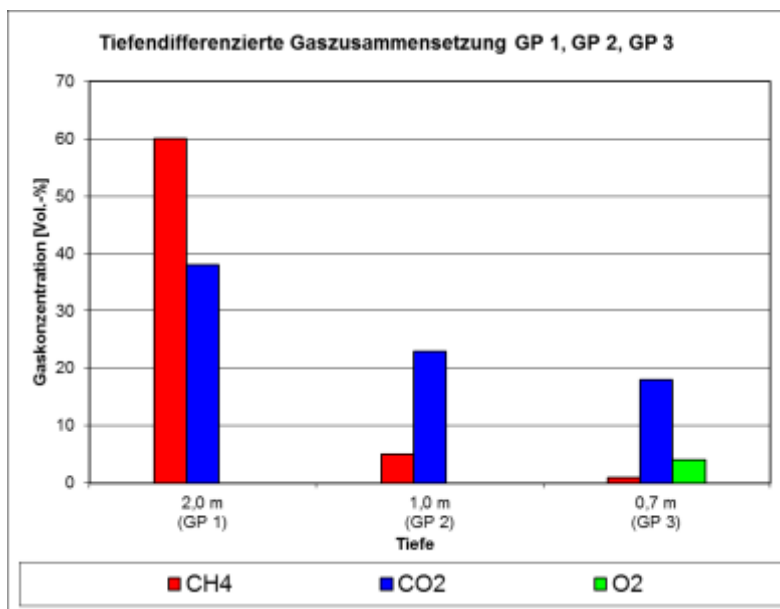


© GeoBasis-DE / LVermGeo LSA

- Verlauf der Gaskonzentration in einem Gasmigrationspegel außerhalb des Deponiekörpers
- Seit 1999 kein Methan nachgewiesen, d.h. es migriert kein Deponiegas in das Deponieumfeld

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN

## Beispiel Methanoxidation



- Gaspegel (GP) 1 im Abfallkörper und deponietypische Konzentration 60 Vol.-% Methan und 39 Vol.-% Kohlendioxid
- GP 2 befindet sich 1 m innerhalb der Rekultivierungsschicht, Methanabbau hat begonnen, die Konzentration liegt nur noch bei 5 Vol.-%, wobei der Kohlendioxidgehalt deutlich über 20 Vol.-% liegt
- GP 3 befindet sich 0,7 m innerhalb der Reku-Schicht, Methan fast vollständig abgebaut, Kohlendioxid immer noch deutlich erhöht, Sauerstoffgehalt beginnt langsam zu steigen



# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



Ausrüstung und Errichtung der Gaspegel

# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



Über die Jahre  
veränderte sich nicht  
nur die  
Gaszusammensetzung



# MESSUNG AN DEPONIEGASPEGELN



Gasmessung nicht nur auf Deponien:  
Messung der Gaskonzentration in einer  
Talsperrenmauer (links)  
Messung im Wohngebiet, welches auf einem  
ehemaligen LPG-Gelände errichtet wurde  
(rechts)

# FID-MESSUNGEN

- Stilllegung eines Großteils der Hausmülldeponien bis zum 31.05.2005
- Danach zahlreiche Anfragen aus Landkreisen sowie aus dem Landesverwaltungsamt zur Bestimmung der Oberflächenemissionen der stillgelegten Deponien sowie zahlreicher Altdeponien, die aus der Nachsorge entlassen werden sollten
- Februar 2007 Beschaffung eines mobilen Flammenionisationsdetektors (FID) und Beginn der Messreihen

# FID-MESSUNGEN

## Messprinzip

- angesaugtes Gas wird in einem Brenner mit dem Brenngas (Wasserstoff) vermischt und verbrannt
- Messprinzip beruht auf Änderung der elektrischen Leitfähigkeit der Brenngasflamme zwischen zwei Elektroden durch ionisierbare gasförmige Komponenten
- Brenngasflamme wird durch Wasserstoff und Sauerstoff des angesaugten Gases gespeist
- Ionisierbarer Gasanteil besteht bei Deponiegasen i. d. R. zu über 99 Vol.-% aus Methan
- d.h. Messwert kann direkt als Methankonzentration angesehen werden

# FID-MESSUNGEN

- Ermittlung der Methankonzentration an der Deponieoberfläche
- Einschätzung der Emissionssituation
- Kontrolle der Wirksamkeit der Aktiventgasung
- Wirksamkeitsnachweis auf Methanoxidationsflächen in Verbindung mit Gaspegelmessungen
- Schwachstellenuntersuchung am „Bauwerk Deponie“
- Messdurchführung gemäß der VDI-Richtlinie 3860

# FID-MESSUNGEN

## Erforderliche Gerätschaften

- Tragbarer mobiler Flammenionisationsdetektor (FID)
- Saugglocke
- Prüfeinrichtung
- Messgeräte für Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit, Windrichtung
- GPS zur Positionsbestimmung





# FID-MESSUNGEN

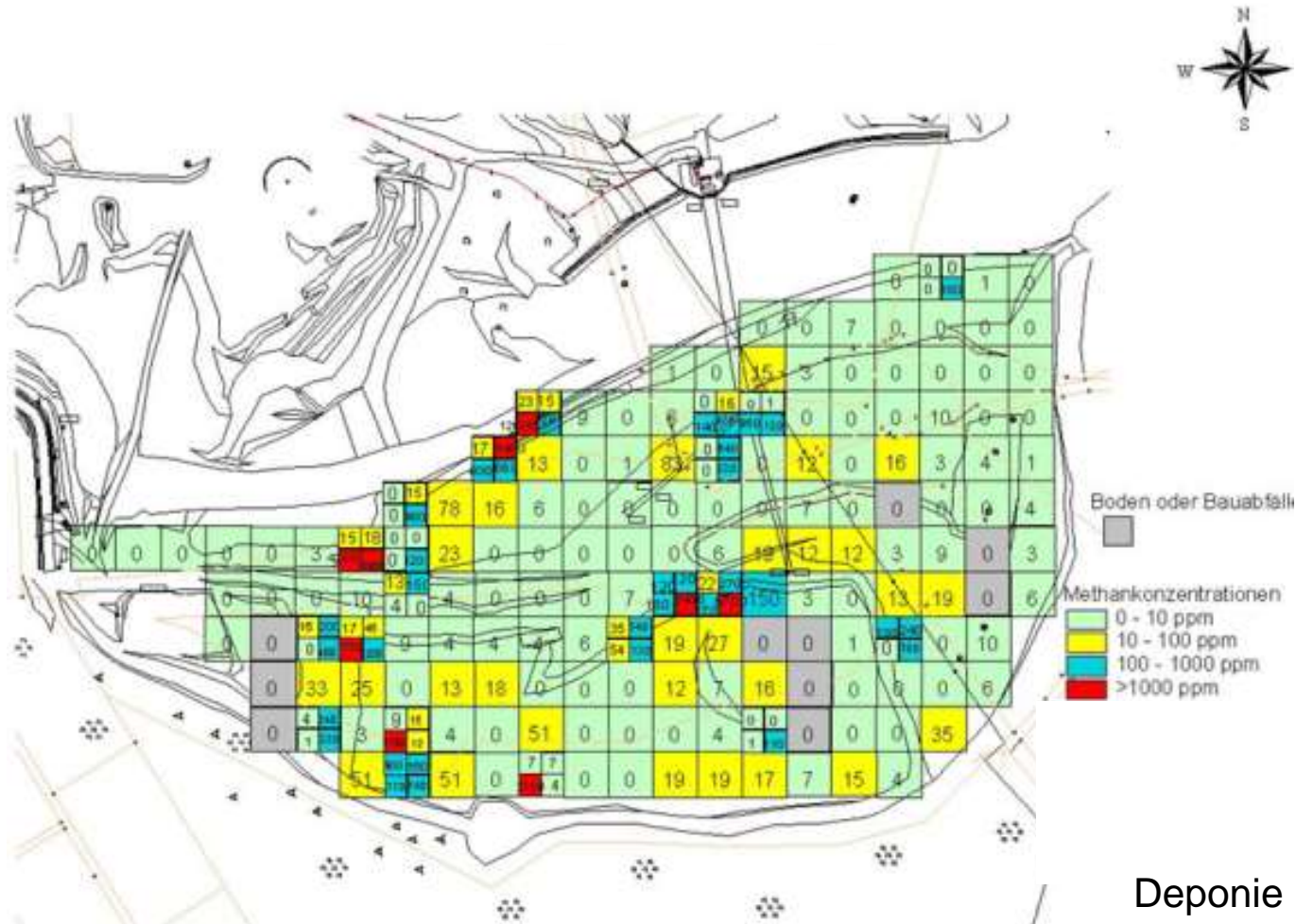


# FID-MESSUNGEN

und dann konnte es auch  
schon losgehen



# FID-MESSUNGEN



Deponie im Jahr 2009

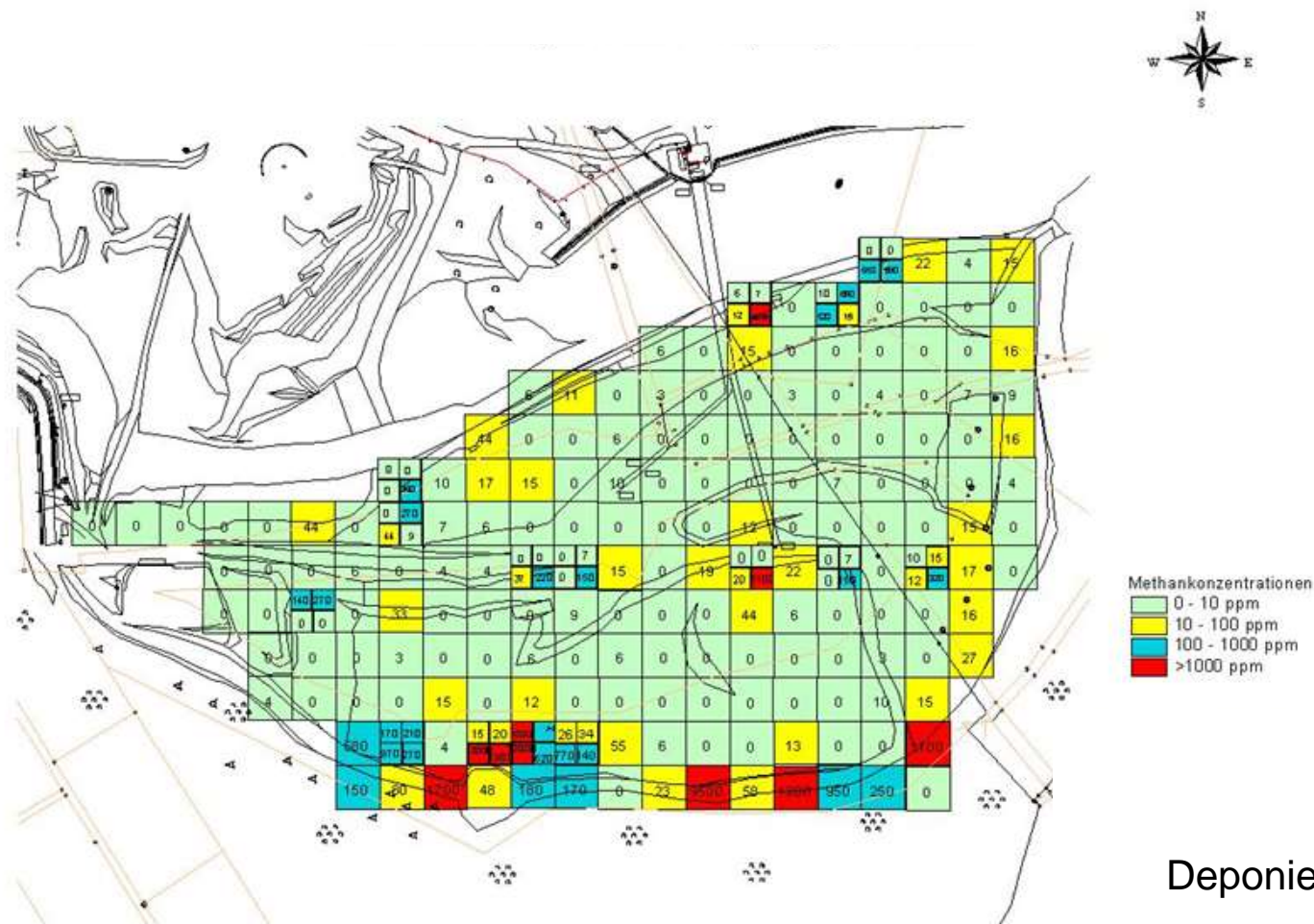


# FID-MESSUNGEN



Deponie im Jahr 2010

# FID-MESSUNGEN



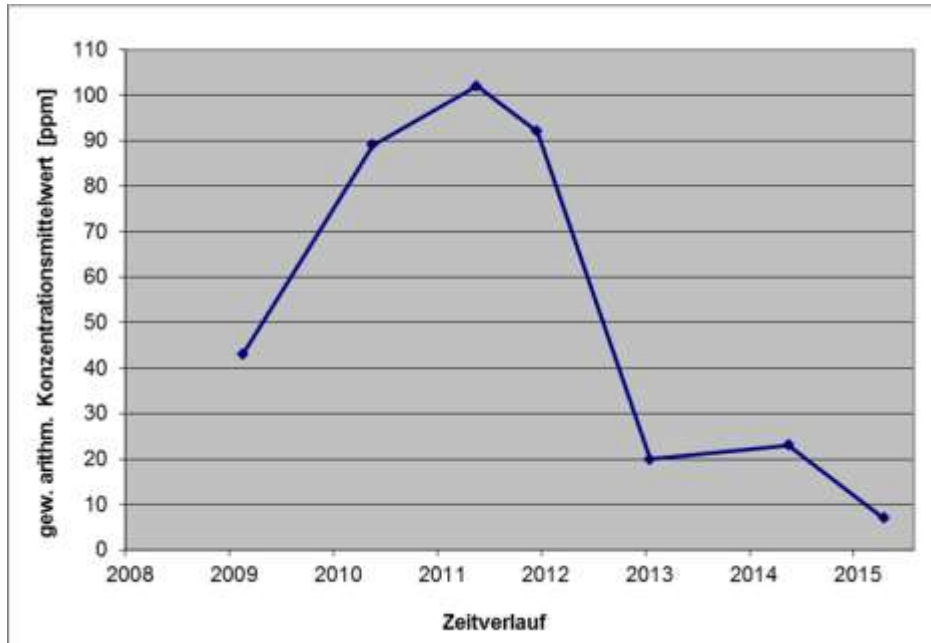
Deponie im Jahr 2012

# FID-MESSUNGEN



FID-Messung  
2015 nach  
Einbau  
Oberflächen-  
abdichtungs-  
system

# FID-MESSUNGEN



Zeitliche Entwicklung der Methankonzentration am Standort

- Durch verschiedene Maßnahmen (wie Abteufen neuer Gasbrunnen, Ertüchtigung des Gasfassungssystems und Aufbau einer kompletten temporären Oberflächenabdeckung) konnten die von der Deponie ausgehenden Oberflächenemissionen deutlich reduziert werden



# FID-MESSUNGEN

## Schwachstellenuntersuchung

- Im Rahmen der Schwachstellenuntersuchung werden die Bauwerke und Installationen auf dem Deponiekörper untersucht
- Dies können sein: Gassammelstationen, Gasbrunnen, Schachtbauwerke oder auch Biofilter
- Neben diesen Bauwerken haben sich aber auch Lysimeter, sowie Setzungspegel und teilweise auch Sohlgerinnen zur Ableitung des Oberflächenwassers als Schwachstellen erwiesen



# FID-MESSUNGEN

2013



© GeoBasis-DE / LVermGeo LSA

2015



Stand: 2012-14, MLU

Schwachstellenuntersuchung:

- Im Rahmen der Schwachstellenuntersuchung 2013 teilweise hohe bis sehr hohe Emissionen an den Gasbrunnen und Betonschächten
- Im Jahr 2015 nur noch keine bis geringe Emissionen nachzuweisen

# FID-MESSUNGEN



Die Messbedingungen  
sind auch nicht immer  
einfach...



... vor den Messungen  
an die Bewuchspflege  
denken!



# FID-MESSUNGEN

Noch ein Hinweis für die Planer



Bei der Nachnutzung an das Mess- und Kontrollprogramm in der Nachsorgephase denken.



© GeoBasis-DE / LVermGeo LSA



# AUSBLICK NEUE MESSVERFAHREN

Andere Verfahren zur Bestimmung von Methanemissionen:

- Laser-Absorptionsspektrometrie
- Fourier-Transformations-Infrarot (FTIR) – Verfahren

# LASER-ABSORPTIONSSPEKTROMETRIE

- verschiedene Verfahren z.B. Remote Methane Leak Detector (RMLD)
- Grundprinzip: Aussendung eines IR-Laserstrahls  
Absorption des Laserlichts vom Methan  
Aus der Reflektion kann der Methangehalt errechnet werden

# FTIR – VERFAHREN

- FTIR = Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometrie
- Analyse charakteristischer spektraler Signaturen atmosphärischer Komponenten
- Messung einer großen Zahl von atmosphärischen Gasen
  - z.B.: CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>
- Durch Schwächung des Strahlers kann die Konzentration berechnet werden

# ZUSAMMENFASSUNG

- Landesamt für Umweltschutz führt seit mehr als 10 Jahren erfolgreich Deponiegasmessungen durch
- Es werden Pegelmessungen zum Nachweis der Gasentwicklung sowie zur Gasmigration durchgeführt
- Die FID Messungen dienen u.a. dem Nachweis der Methanoxidation sowie dem Wirksamkeitsnachweis der Aktiventgasung sowie der Schwachstellenuntersuchung
- Trotz des Verbots der Einlagerung organischer Abfälle auf Deponien bleiben die Messungen von Deponieemissionen noch über längere Zeiträume wichtiger Bestandteil der Deponieüberwachung, gerade im Hinblick auf die spätere Entlassung aus der Nachsorge

## Zum Schluss noch ein paar Impressionen...



## Zum Schluss noch ein paar Impressionen...







**Christian Mader**  
**Fachgebiet 22 – Anlagentechnik, Technische Überwachung**  
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt  
Reideburger Straße 47  
06116 Halle (Saale)

Tel.: +49 345 5704 486  
Fax: +49 345 5240 405  
E-Mail: christian.mader@lau.mlu.sachsen-anhalt.de



**Matthias Müller**  
**Fachgebiet 22 – Anlagentechnik, Technische Überwachung**  
Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt  
Reideburger Straße 47  
06116 Halle (Saale)

Tel.: +49 345 5704 422  
Fax: +49 345 5240 405  
E-Mail: matthias.mueller@lau.mlu.sachsen-anhalt.de