Nachhaltige Potenziale bei der optimierten Gaserfassung und Behandlung von Deponiegas – Bestimmung des Gaserfassungsgrades in der Praxis

Vorstellung erster Ergebnisse eines Verbundvorhabens, aktueller Stand und Ausblick

CDM Smith Consult GmbH
Dipl.-Ing. Biotechn.
Senior Consultant
Jürgen Forsting

November 2022

CDM Smith

GGT Kanitz & Partner GbR
Geotechnik und Gastechnik auf Deponien

Technische Hochschule Georg Agricola

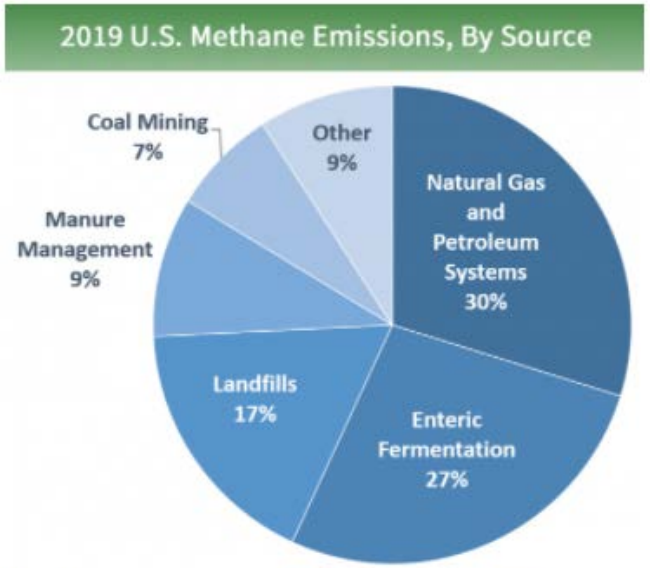
Situation Deponiegas als THG

Potenziale und Handlungsbedarf – Klimaschutz und Deponiegase

kommunalwirtschaft.eu

Home | Tagesanzeiger | Veranstaltungen | [GGSC] | Blog | Technik | Blitzlicht | Wertstoffhöfe

Startseite / Deutsche Umwelthilfe zum heutigen Start des „Global Methane Pledge“:



Note: All emission estimates from the *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2019* (excludes land sector).

https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases#methane

Kreislaufwirtschaftsrecht [GGSC]

Berlin - 28.07.2021

Klimaschutzklage gegen Deponiebetreiber denkbar?

Weltweit mehren sich Klimaschutzklagen, die teils erfolgreich sind. Ist es denkbar, dass auch Betreiber von Deponien (z.B. örE) wegen der Emission von klimawirksamen Deponiegasen einer aussichtsreichen Klimaschutzklage eines Umweltverbandes ausgesetzt sein könnten? In Betracht kommen insbesondere Fälle, in denen die Deponieentgasung nicht dem Stand der Technik entspricht oder die Oberflächenabdichtung der Deponie nicht unverzüglich aufgebracht wird.

Aktuelle erfolgreiche Klimaschutzklagen

Im März verpflichtete das Bundesverfassungsgericht bekanntlich den Bundesgesetzgeber, das verabschiedete Klimaschutzgesetz nachzubessern und schon jetzt für den Zeitraum ab 2030 konkrete CO2-Minderungsziele festzulegen (BVerfG, Beschl. v. 24.03.2021 - 1 BvR 2656/18). Im Mai verurteilte das Bezirksgericht Den Haag Royal Dutch Shell, die CO2-Emissionen des Konzerns bis 2030 um 45% gegenüber dem Stand von 2019 zu reduzieren (Urt. v. 26.05.2021 - C/09/571932 / HA ZA 19-379).

Verbandsklagen auf behördliches Einschreiten

Verletzt ein Deponiebetreiber umwelt- und klimabezogene Betreiberpflichten, so kann ein anerkannter Umweltverband nach dem Umweltrechtsbehelfsgesetz (UmwRG) verlangen, dass Behörden die Betreiberpflicht durchsetzen und Pflichtverletzungen unterbinden.

Maßnahmen, die Gegenstand einer Verbandsklage sein können, sind nach § 1 Abs. 1 Nr. 6 UmwRG u. a. Verwaltungsakte über Überwachungs- oder Aufsichtsmaßnahmen zur Umsetzung oder Durchführung von Zulassungsentscheidungen. Die hier relevanten Betreiberpflichten betreffen die Deponieentgasung nach dem Stand der Technik (insbesondere nach Anhang 5 Nr. 7 DepV) und

zum unverzüglichen Aufbringen der Oberflächenabdichtung nach dem Ende der Ablagerungsphase (§ 10 Abs 1 Nr. 1 DepV). Solche Betreiberpflichten sind jedenfalls bei Bedarf mit Verwaltungsakten im Sinne der Verbandsklagebefugnis durchzusetzen (Rechtsgrundlagen: §§ 39, 62 KrWG, § 22 DepV), zumal dies der Einhaltung der Zulassungsvoraussetzungen für den Deponiebetrieb dient.

Fazit

Zurzeit fokussieren sich Umweltverbände mit ihren Klimaschutzklagen (noch) auf die staatliche Gesetzgebung und transnationale Unternehmen mit hohem CO2-Ausstoß. Die Abfallwirtschaft ist jedoch auch vor dem Hintergrund der Klimaschutzklagen gut beraten, ihren Beitrag zum Klimawandel zu reduzieren. Vermeidbare Deponiegasemissionen könnten durchaus ein Anlass für eine „Musterklage“ sein, die beispielhaft einen Fall öffentlichkeitswirksam aufgreift. Wie dargelegt, hätte eine solche Klimaschutzklage im Falle einer Betreiberpflichtverletzung durchaus Aussicht auf Erfolg.

https://kommunalwirtschaft.eu/ggsc/detail/i46282?src=4d4fbb1d66a481e16ed94445ba86d5b2&catid=174

Ausgangssituation – Gaserfassungsgrad - DE

- Ausgangssituation: 2012 dokumentierte das Statistische Bundesamt erstmalig die **erfassten Deponiegasmengen** – demnach lagen 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; vergleichbare Ergebnisse zeigen u. a. auch aktuelle externe Studien)[1]

(1 Verweis auf Tagungsbeitrag Deponietechnik 2018 in Hamburg Ende Januar 2018 – Modifizierte Ansätze zur Quantifizierung von Siedlungsabfalldeponien – Ergebnisse eines UFOPLAN-Vorhabens – Stegmann, Heyer et al

Den Gaserfassungsgrad bzw. die Gaserfassung einer jeden Deponie gilt es individuell zu bestimmen:

Anhand von detaillierten Untersuchungen direkt am Deponiekörper und dessen Gaserfassungseinrichtungen.

Definition des Gaserfassungsgrades

Definition des Gaserfassungsgrades - DE

Klassischer Ansatz zur Bestimmung des Gaserfassungsgrades:

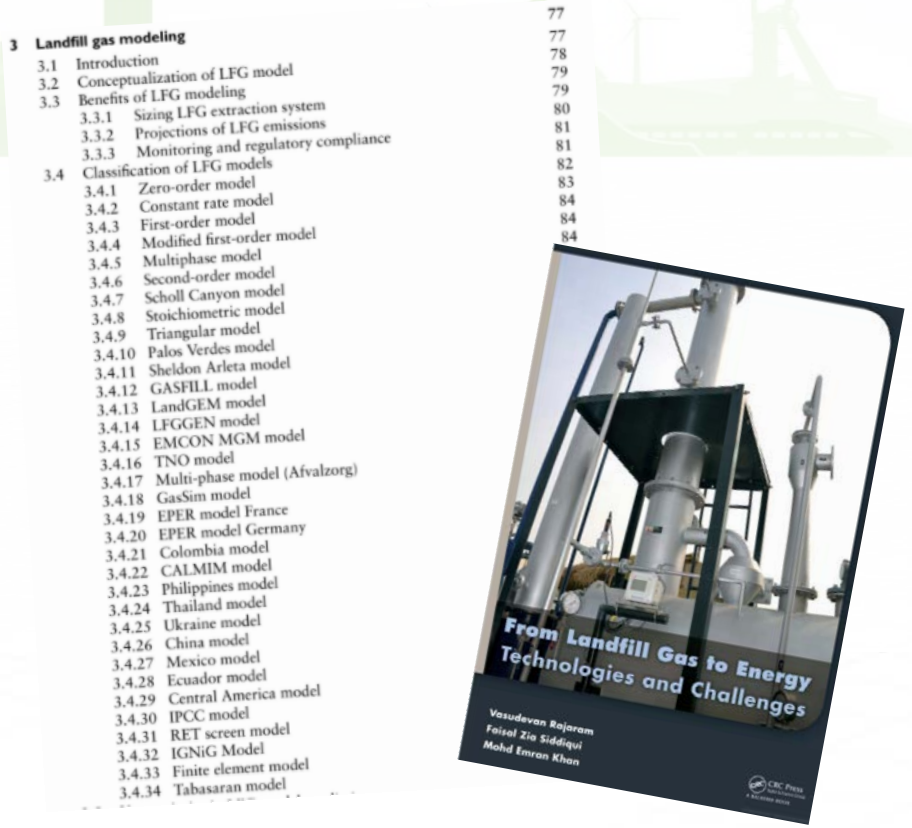
- Berechnung des Deponiegaspotenzials über gängige Gasprognosemodelle wie 2006 *IPCC Waste Model* FOD – Methode, angepasst 2020, das Multiphasenmodell nach *Afvalzorg*© 2015 oder vergleichbar – immerhin mehr als 35 angewendete Modelle weltweit.

- Dem gegenübergestellt wird dann das unter regulären Bedingungen tatsächlich erfasste Deponiegas. Aus dem Verhältnis dieser beiden Ergebnisse wird dann der Gaserfassungsgrad ermittelt.

Dieser gewählte Ansatz ist mit nicht zu vernachlässigenden Ungenauigkeiten behaftet.

Wie verhält sich das mit den Gegebenheiten im Deponiekörper ?

Welche Bedingungen werden vor Ort im Deponiekörper eigentlich angetroffen ?



Zusätzliche Einflüsse auf die Bestimmung des rechnerischen Gaspotenzials

Häufig nicht zu bestimmende und nicht quantifizierbare Einflüsse:

- heterogener Aufbau der Ablagerung; lagenweiser Einbau; Kontaktierungen;
- Eingestaute und dichtere Deponiebereiche;
- Was wurde wann unter welchen Bedingungen abgelagert ?
- Welche DOC, DOC_f, k-Werte setze ich bei welchen Menge ein ?
  (guter Ansatz: BQS10.1, UFO-Plan 2018)

DOC = Abbaubarer organischer Kohlenstoff (unter aeroben Bedingungen)
DOC_f = Anteil der DOC-Zersetzung unter anaeroben Bedingungen

Methode C C nach UFO Plan 2018	Standardauswahl Abfalltyp	DOC	DOC_f	MCF	k (1/Jahr)		HWZ $t_{1/2}$
	Organik	0,15	0,8	0,9	0,231		3
	Garten/Park	0,2	0,4	0,9	0,173		4
	Papier/Pappe/Karton	0,4	0,31	0,9	0,099		7
	Holz/Stroh	0,43	0,1	0,9	0,014		50
	Textilien	0,24	0,4	0,9	0,099		7
	Windeln	0,24	0,4	0,9	0,099		7
	Schlämme	0,05	0,8	0,9	0,231		3
	Verbundmaterialien	0,1	0,4	0,9	0,099		7

- Wie kann ich anhand von den vielen Informationen zu meiner Ablagerung (z. B. über die einzelnen Abfallfraktionen, den Abfallschlüsseln, der ggf. vorliegenden Abfallstatistiken, …) genauere Gasprognosen erstellen ?
- die komplexe Geometrie des Bauwerkes und die daraus resultierende Gasverteilung fließen häufig nicht mit in diese Betrachtungsweise ein;

Somit sind zwingend am Deponiekörper Untersuchungen (Gasabsaugversuche, Aufschlussbohrungen, Bestimmung der Gasgängigkeiten, etc.) durchzuführen.

Gaspotenziale – Unterschiede in der Theorie und in der Praxis

Immer wieder treten große Differenzen zwischen der rechnerischen Bestimmung des Gaspotenzials und der Realität auf.

Masterarbeit

von

Uranie Danielle Kapseu Dongmo

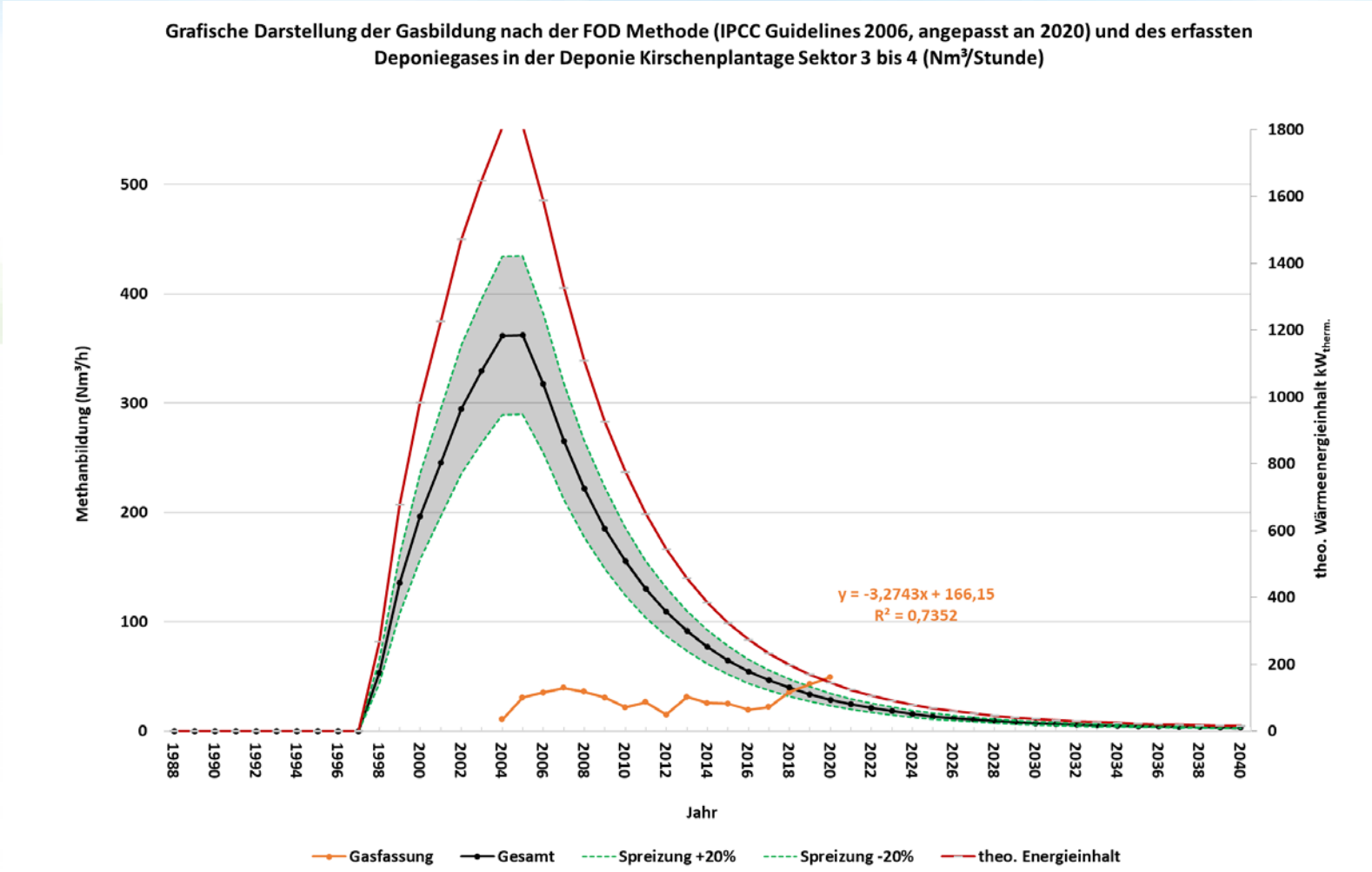
Matrikelnummer: 2017648111

SS 2021

Technische Hochschule Georg Agricola

Thema

Auswirkungen der Variationen von Eingangsparametern auf die theoretische Gasbildung nach der FOD Methode gemäß den IPCC Guidelines und dem Vergleich mit Messdaten



Ausgangssituation – Gründe rückläufiger Deponiegasmengen

- **Ende der Zufuhr von organischen Abfällen (Hausmüll) seit 01.06.2005;** rückläufige Gasbildung mit voranschreitendem biologischem 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;
- Folge daraus: 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.

Ausgangssituation – wo stehen wir in Wirklichkeit ?

Es werden somit weiterhin deutlich weniger als 50 % des theoretisch gebildeten Deponiegases adäquat erfasst bzw. verwertet; zu 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.);
- Aus diesem Grund: neben der optimalen Anwendung von Gasprognosemodellen immer gezielte Untersuchungen am Gaserfassungssystem mit anschl. Optimierung des Erfassungsgrades.

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

Bioreaktor und Bauwerk in einem: der Deponiekörper – dadurch kontinuierliche Wandlungsprozesse

Somit wiederkehrende Überprüfungen der örtlichen Gegebenheiten und Anpassungen unumgänglich

Die Zielsetzung/Motivation

- Gegenüberstellung/Vergleich gängiger Gasprognosemodelle (beim Einsatz ähnlicher Eingangsparameter):
  - Entwickeln von Tools zur Anwendung/Vergleich unterschiedlicher Gasprognosemodelle (starre und dynamische Modelle – sich verändernde Halbwertszeiten)

- Grundsätzlich gilt für die Bestimmung von Methanemission aus Siedlungsabfalldeponien und Altablagerungen folgendes:
  - CH_4-Emission = CH_4-Produktion - CH_4-Extraktion - CH_4-Oxidation – Speicherung (?)
  - CH_4 Emission = CH_4 Generation – CH_4 recovery - ((CH_4 generation – CH_4 recovery) * Oxidation)

- Entwicklung von mathematischen Strömungsmodellen im Deponiekörper unter Berücksichtigung gemessener Unterdrücke und Einzelvolumenströme in unterschiedlichen Ebenen;

- Verbesserung/Entwicklung einer Standardmethode für die Bestimmung des Restgaspotenzials im Deponiekörper als auch möglicher Methanemissionen über die Zeit (THG-Potenzial) als Vorlage;

- Setzen von Benchmarks (Vergleichsmaßstab) zur Erfassung des Restgaspotenzials bei unterschiedlichen Verfahrenstechniken (gezieltes und kontrolliertes Übersaugen aller Deponieabschnitte, starkes Übersaugen und aktiver Eintrag von Luftsauerstoff);

Vorerkundungen – praktische Untersuchungen (Auswahl)

- Kamerabefahrung zur Überprüfung der Gasbrunnen;
- Ziel der Untersuchung: Aufnahme des IST-Zustandes; Feststellung des baulichen Zustandes des Gasbrunnens; Feststellung von Scherungen, Quetschungen, Verschlüssen, Wasserständen etc.;

- Tiefenzonierung an den Gasbrunnen **mit Gasgeschwindigkeitsmessung**
- Ziel der Untersuchung: Feststellung der Gaszusammensetzung über die Gesamttiefe, erste Bestimmung des Gaspotenzials; erste Bestimmung von Undichtigkeiten in Vertikalgasbrunnen; Gaswegigkeit über die Tiefe im heterogenen Deponiekörper;

- Zeitmessung - kurzzeitiger Gasabsaugversuch
- Ziel der Untersuchung: erste Bestimmung des (Rest-)Gaspotenzials des Gasbrunnens; Bestimmung von biologisch aktiven Bereichen sowie ersten aeroben Abbauzonen; Liner-Verfahren;

- Emissionsmessungen - im Umfeld der Gasbrunnen werden Emissionsmessungen durchgeführt.
- Ziel der Untersuchung: Überprüfung der Dichtigkeit des oberen Gasbrunnenbereiches, Bestimmung der Randgängigkeiten des Gasbrunnens und somit Kurzschluss (Eintrag von oberflächennahem Luftsauerstoff), „Verdünnung“ des abgesaugten Deponiegases;

- Optional: Qualifizierte Aufschlussbohrungen - Rotationskernbohrungen mit Doppel- und Dreifachkernrohren – ungestörte Probennahme durch gekapseltes Bohrverfahren (z. B. Fachunternehmen Studersond/CH)

Voruntersuchungen - praktische Untersuchungen (Auswahl)

Bestimmung der folgenden Parameter über die Tiefe (tiefenzonale Erkundungen in der vertikalen Gasbohrung mit aktiver Absaugung):

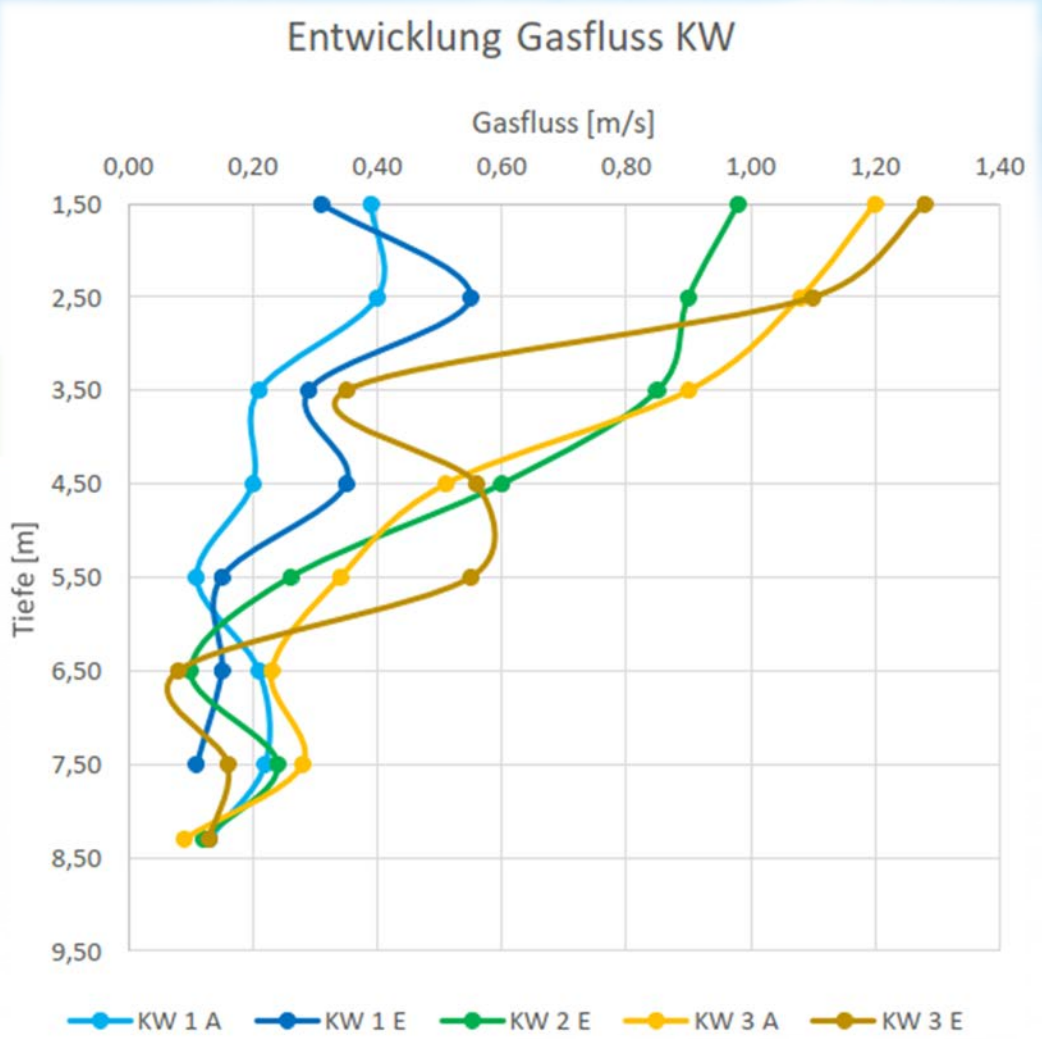
- c[CH_4] in Vol.-%
- c[CO_2] in Vol.-%
- c[O_2] in Vol.-%
- c[CO] in ppm
- c[H_2S] in ppm
- Temp. in °C
- Flow in m/sec
- light plummet depth/water level

Erste Ergebnisse (aus der Praxis - Modellierungen)

Gezielte Untersuchungen im Deponiekörper

Bestimmung der Gasgeschwindigkeiten über die Tiefe eines Vertikalgasbrunnens bei unterschiedlichen angesetzten Volumenströmen

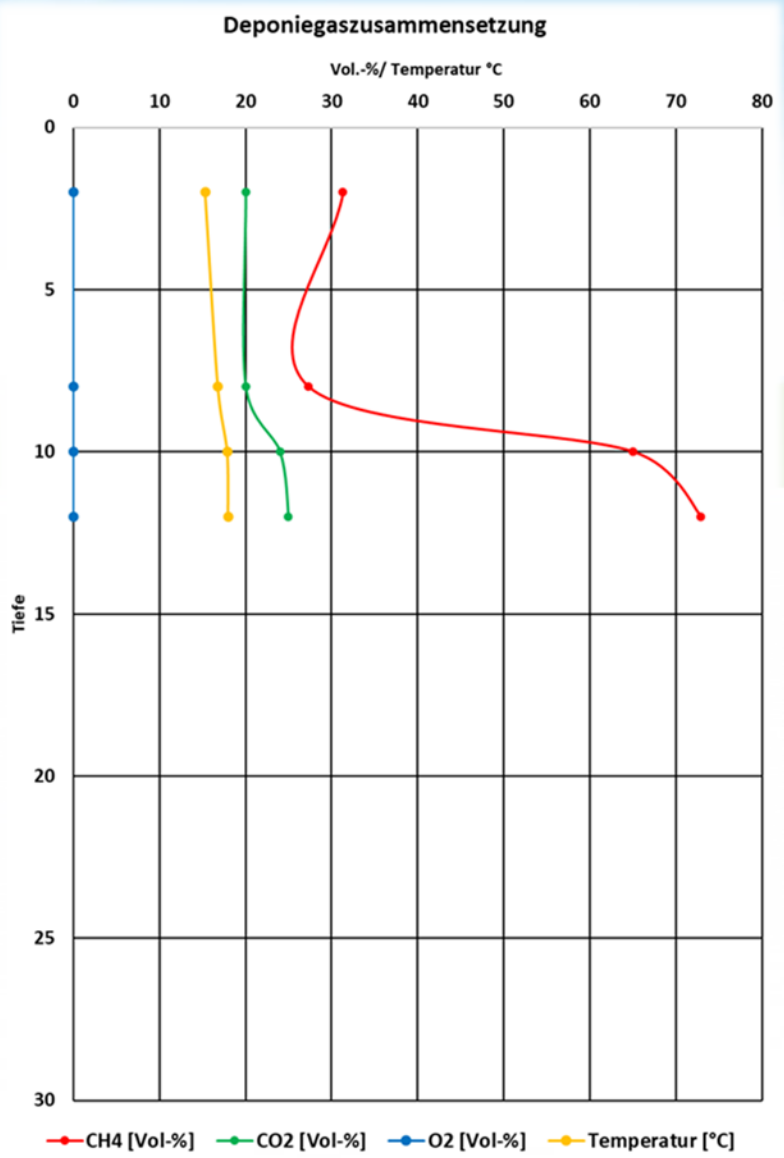
Charakterisierung Strömungsprofil

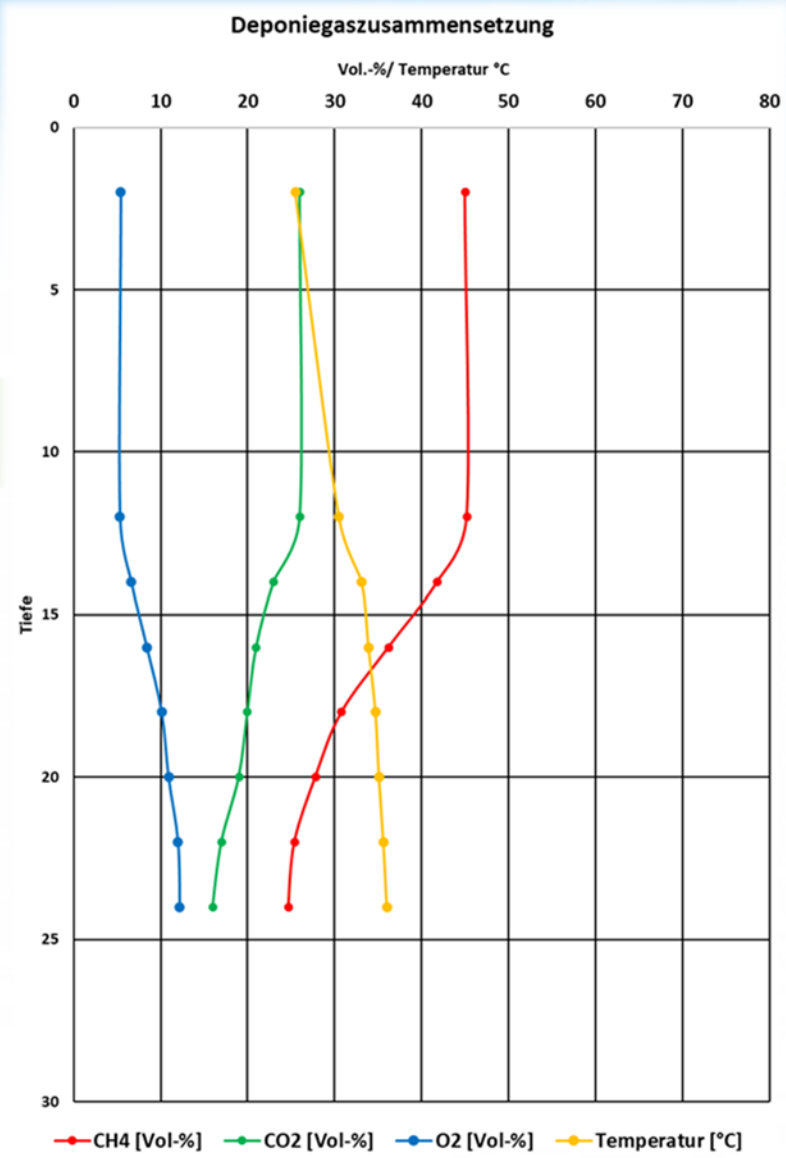


Gezielte Untersuchungen im Deponiekörper

u. a. durch gezielte tiefengestaffelte Untersuchungen;

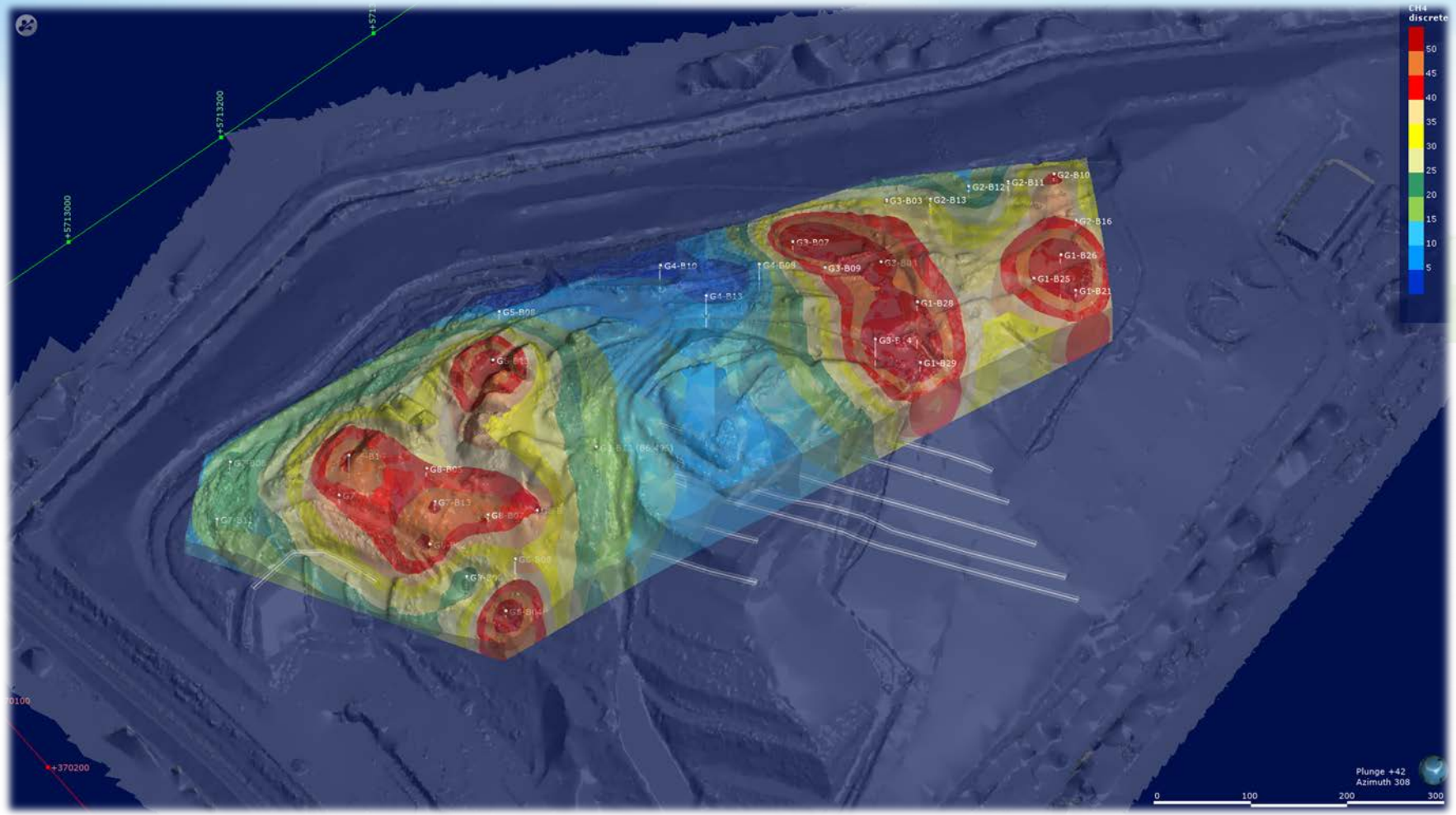
Bestimmung der Gaszusammensetzungen, Unterdrücke, Volumenströme über unterschiedliche Ebenen im Vertikalgasbrunnen





CDM Smith GGT Technische Hochschule Georg Agricola

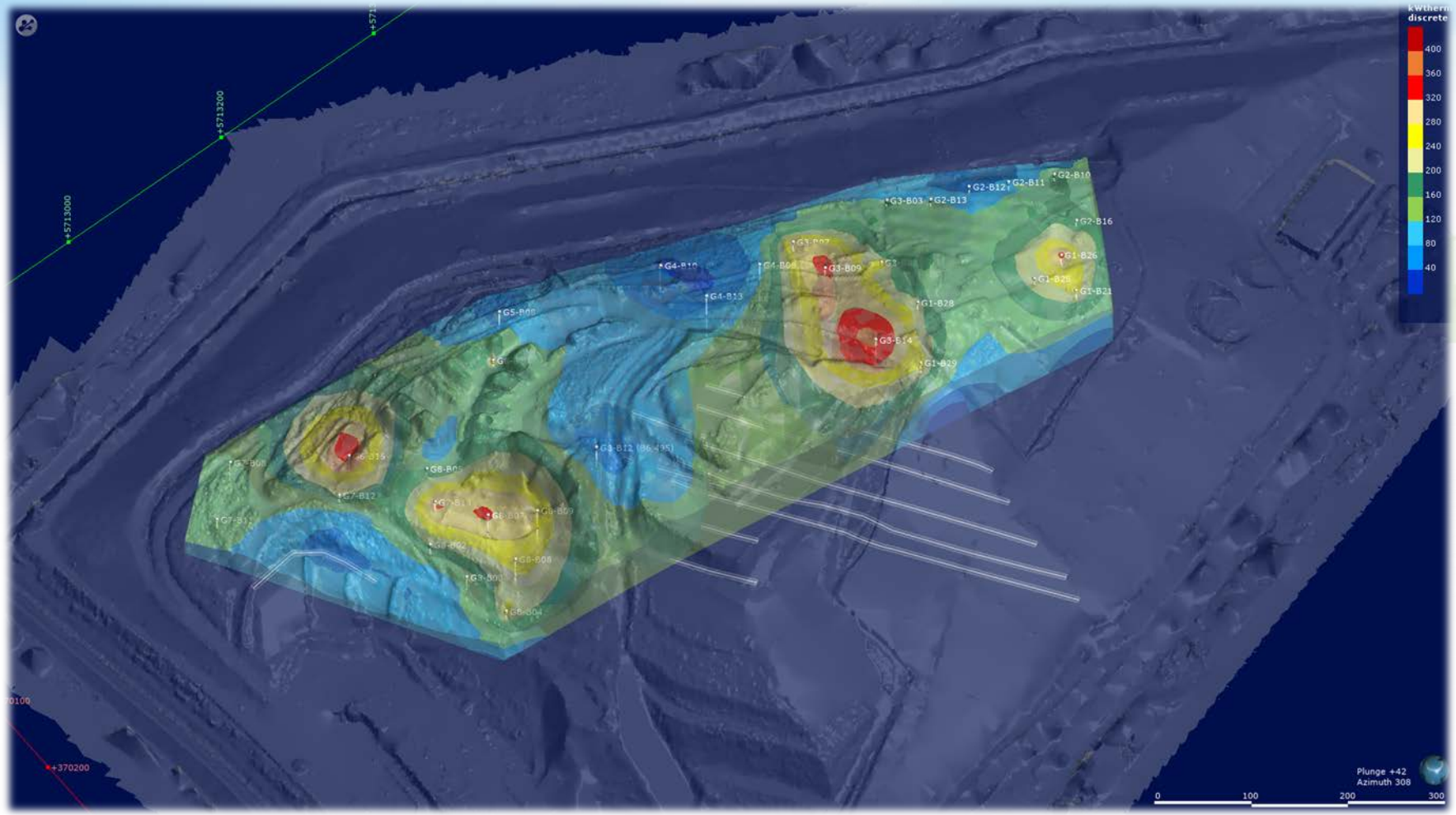
Zielsetzung – Modellierung der Ergebnisse - Methan



3D Modelle zur Darstellung der Methanverteilung (räumliche Darstellung der Gaszusammensetzung – spheroidale Darstellung).

theor. Energiegehalt [KWTherm/Gasunterstation]			
Nummer	Min. Höhenwert	Max. Höhenwert	Farbe
1	0,000	10,000	
2	10,000	20,000	
3	20,000	30,000	
4	30,000	40,000	
5	40,000	50,000	
6	50,000	60,000	
7	60,000	70,000	
8	70,000	80,000	
9	80,000	90,000	
10	90,000	150,000	

Zielsetzung – Modellierung der Ergebnisse – theo. Energieinhalt



3D Modelle zur Bestimmung des theoretischen Energieinhaltes kW_{therm}/h (räumliche Darstellung der Gaszusammensetzung bezogen auf den Einzelvolumenstrom).

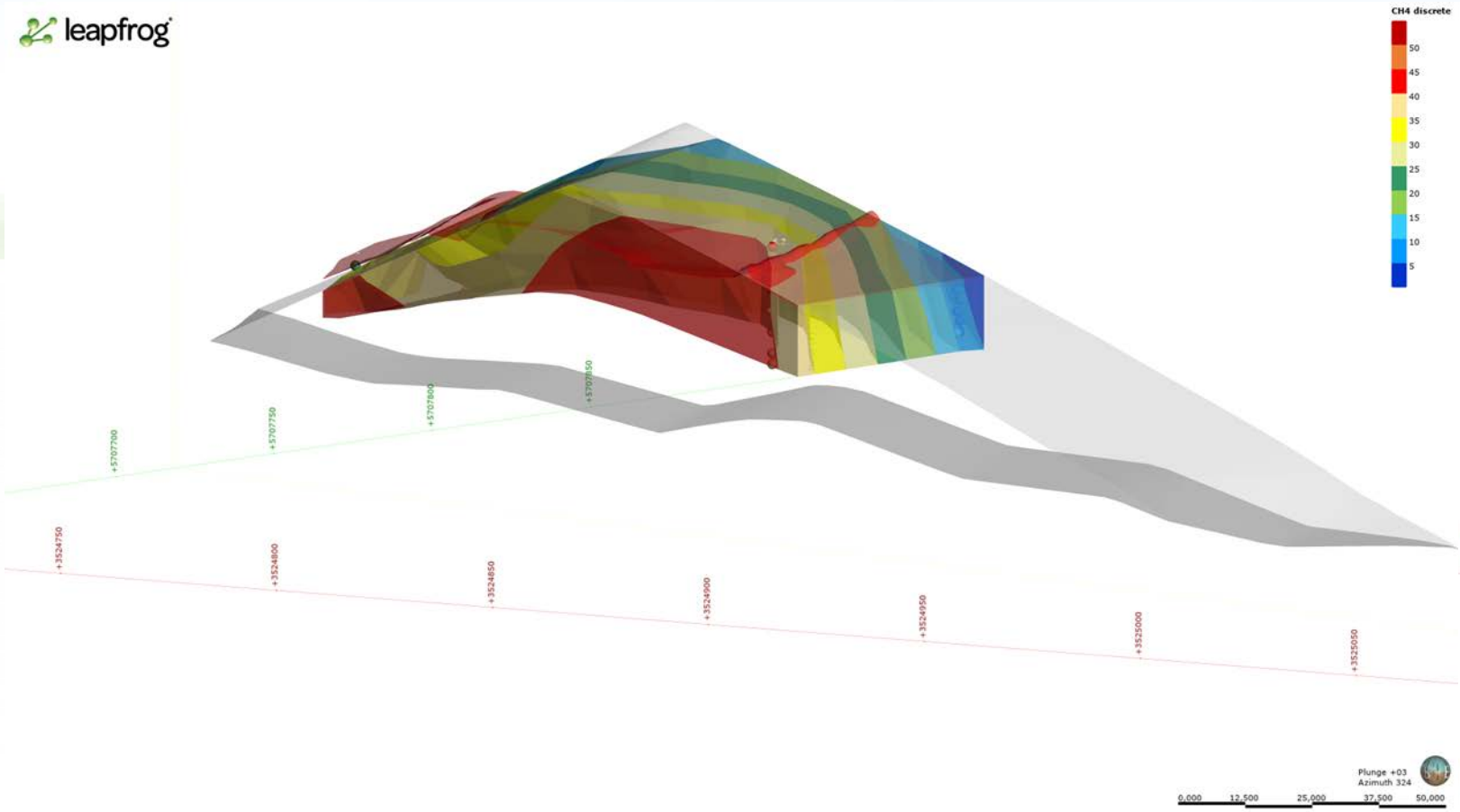
theor. Energiegehalt [KW_{Therm}/Gasunterstation]			
Nummer	Min. Höhenwert	Max. Höhenwert	Farbe
1	0,000	10,000	
2	10,000	20,000	
3	20,000	30,000	
4	30,000	40,000	
5	40,000	50,000	
6	50,000	60,000	
7	60,000	70,000	
8	70,000	80,000	
9	80,000	90,000	
10	90,000	150,000	

3D- Modellierung des Gashaushaltes

Projektbeispiel Modellierung Deponie Kirschenplantage Sek. 3 & 4 – 2021

Link zum Leapfrog Viewer© Version 4.14.0

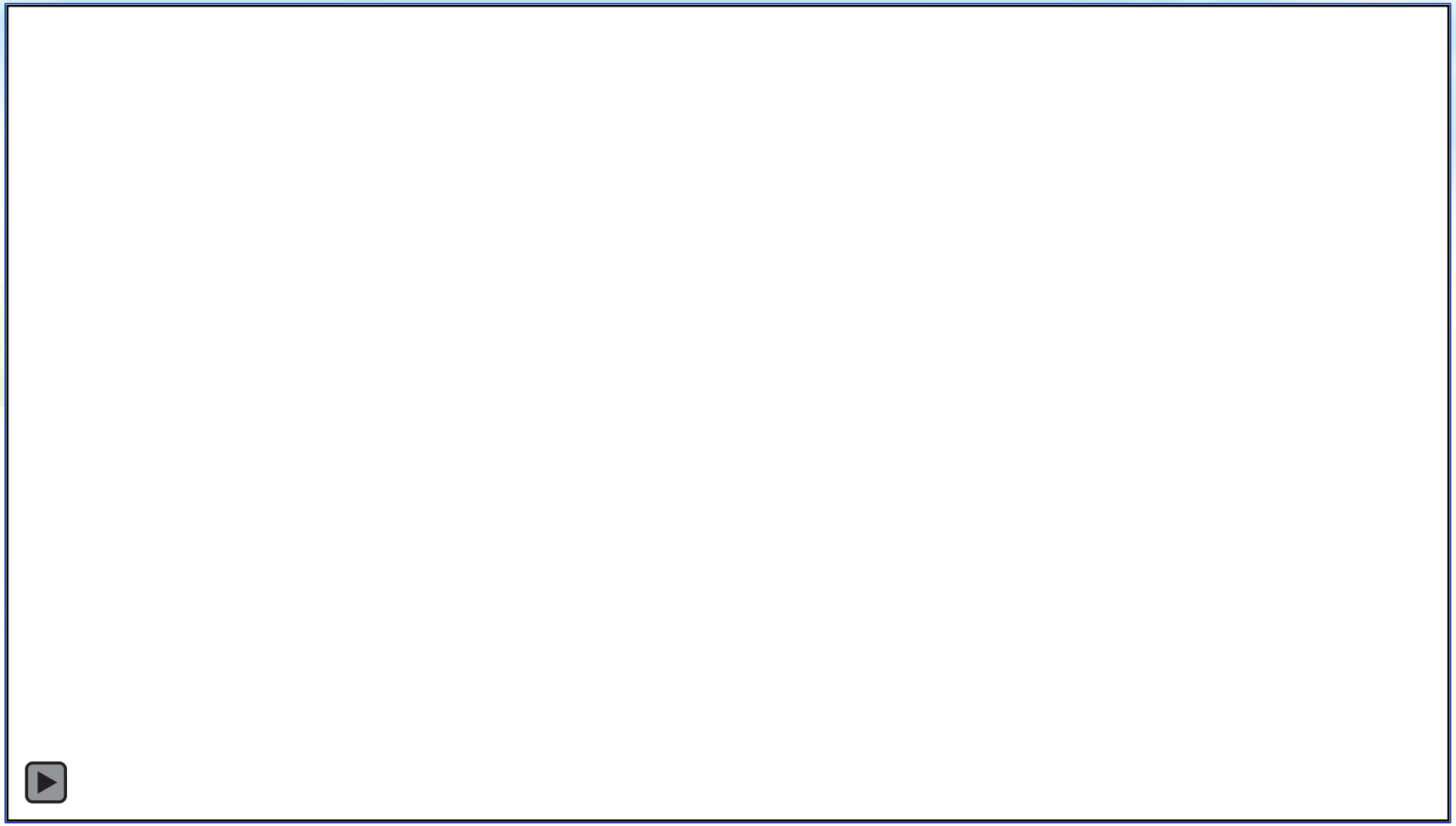
kirschenplantage.lfview



Innovatives Bohrverfahren

Eingekapselte Bohrgutentnahme – maximale Sicherheit – optimierte Probennahme

- Kaum Kontamination; sauberes Arbeiten;
- Ungestörte Probennahme für weitere Untersuchungen auf GB_{21}, AT_4, ...
- …



Video Kurzvorstellung Bohrverfahren – 2:35 min

Typischer Bohrplatz Altdeponie

Erstellung von zwei Kernbohrungen im November 2021, jeweils 17,5 m tief; auf einer Altablagerung im Ruhrgebiet

Resümee - Ausblick

Ausblick und weitere Vorgehensweise im Vorhaben

- Optimierung der einzusetzenden Messtechnik zur Bestimmung vertikaler Fließgeschwindigkeiten inkl. der dazugehörigen Modellierungen/Auswertungen;
- Dimensionierung von neuen Vertikalgasbrunnen – 800 bis 1.000 mm im größeren Abstand versus 200 mm mit geringeren Abständen;
- Begleitung weiterer Abschlussarbeiten (z. Z. eine Bachelor – und eine Masterarbeit) im Verbundvorhaben;
- Bohrgutanalytik der ungestörten Probennahme mit der TU Wien;
- Korrelation der gewonnenen Daten mit der Theorie und der der Praxis zur verbesserten Bestimmung des individuellen Gaserfassungsgrades einer jeden Deponie;
- Erstellung Handlungsempfehlung (Handbuch, Leitfaden, vergl.-bar) - Herangehensweise zur empirischen Bestimmung von Deponiegaspotenzialen (unter Berücksichtigung BQS 10.1, VDI 3899 Blatt 2 und vergl.-bar);
- Optimierung der Gaserfassung.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Technische Hochschule Georg Agricola

CDM Smith
listen. think. deliver.

GGT Kanitz & Partner GbR
Geotechnik und Gastechnik auf Deponien

Partner im Verbundvorhaben

Vergleich des Gas(neu)bildungspotenzials, des daraus resultierenden theoretischen und in der Praxis bestimmten Gaserfassungsgrades, der Methanoxidation sowie der dauerhaften Speicherung von C_{biogen} in Siedlungsabfalldeponien -
Methodische Grundlagen zur ersten Standardisierung unterschiedlicher Arbeitsweisen bei gastechnischen Stabilisierungsmaßnahmen von Altablagerungen und Siedlungsabfalldeponien zur vereinheitlichen Ermittlung der Methanemission und des Treibhausgaseinsparpotenzials