Bayerisches Landesamt für
Umwelt

# Deponieseminar 2023 – Aktuelles zu Recht und Vollzug



abfall

Fachtagung am 04. Juli 2023

Bayerisches Landesamt für
Umwelt

# Deponieseminar 2023 – Aktuelles zu Recht und Vollzug

**Fachtagung am 04. Juli 2023**

**UmweltSpezial**

## Impressum

Deponieseminar 2023 – Aktuelles zu Recht und Vollzug
Fachtagung des LfU am 04.07.2023

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Redaktion:
LfU Referat 12

Bildnachweis:
Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Stand:
Juli 2023

Der Tagungsband steht als PDF-Datei zum kostenfreien Download zur Verfügung: www.bestellen.bayern.de/ (Kategorie Umwelt und Verbraucherschutz).

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

**Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München** 5

Dipl.-Ing. Tobias Baumgärtel, EDR GmbH, München Prof. Dr.-Ing. Christian Kellner, Hochschule München

**Deponie Atzenhof – der Energieberg** 22

Walter Egelseer, Stadt Fürth, Amt für Abfallwirtschaft

**Einsatz einer Polygonwalze auf der Deponie Außernzell** 34

Christian Pietruska, ZAW Donau-Wald

**DK-0-Deponien – Aktuelles aus dem LfU-Projekt** 39

Dr. Fatemeh Shajari, LfU

**Der BQS 10-1 – und nun? Anforderung an den Deponiebetreiber** 50

Benjamin Bilek, LfU

**Deponiegas – eine unendliche Geschichte? - Perspektiven einer Machbarkeitsstudie** 59

Manfred Eberle, R & H Umwelt GmbH

**Prognose der Deponiegasbildung nach IPCC und unter Auswertung von Praxisdaten** 80

Dr.-Ing. Jan Liebetrau, Jörg Schleifer, Rainer Schäl, Rytec GmbH, Baden Baden

**Tagungsleitung / Referenten** 93

**Programm** 99

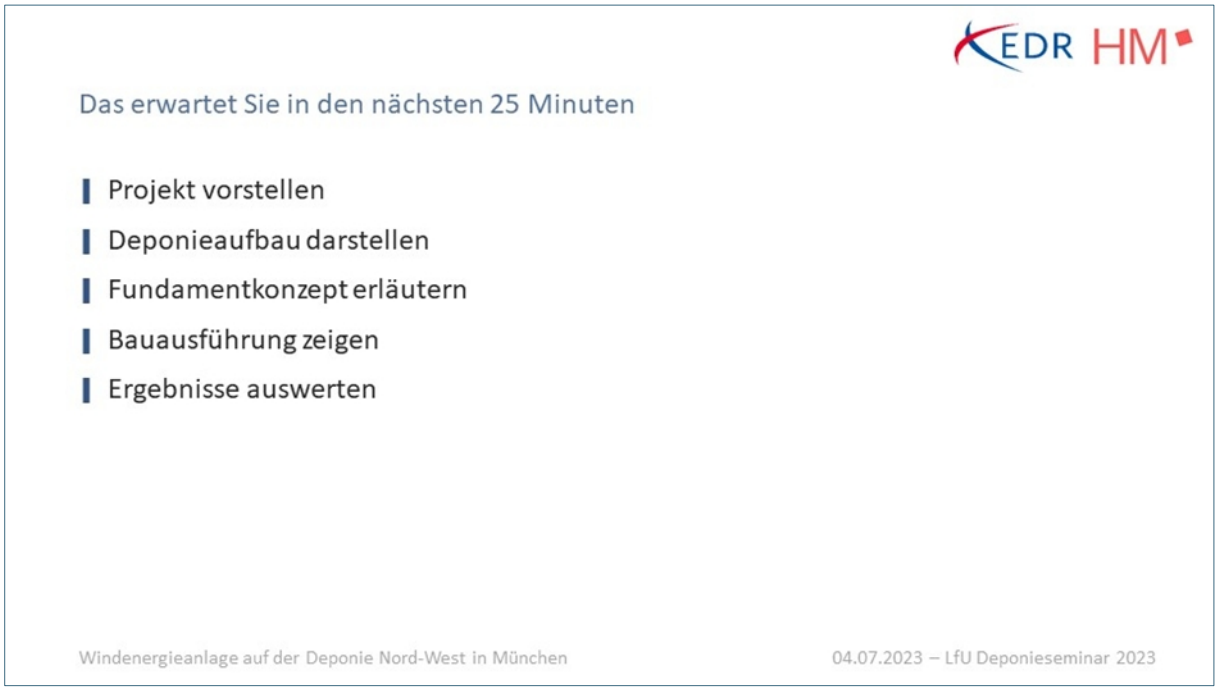
# Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

**Dipl.-Ing. Tobias Baumgärtel, EDR GmbH, München**
**Prof. Dr.-Ing. Christian Kellner, Hochschule München**

**Vorbemerkung**

Der nachfolgende Vortrag zeigt die Folien des anlässlich des Deponieseminars am 04.07.2023 präsentierten Projekts:
Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

Zu diesem Projekt wurde im Rahmen der Baugrundtagung 2022 eine schriftliche Fassung ausgearbeitet. Diese Schriftfassung ist unter folgender Adresse frei zugänglich:
https://www.dggt.de/images/bgt2022-v4.pdf



EDR HM

## Projektvorstellung

Ein weiterer Baustein der Stadtwerke München zum Ausbau der Ökostrom-erzeugung

- Lage: nördlich Allianz Arena
- Leistung: 3,5 MW
- Turmhöhe: 80 m
- Rotordurchmesser: 138 m
- Ausführungszeitraum: Juli 2020 bis Februar 2021



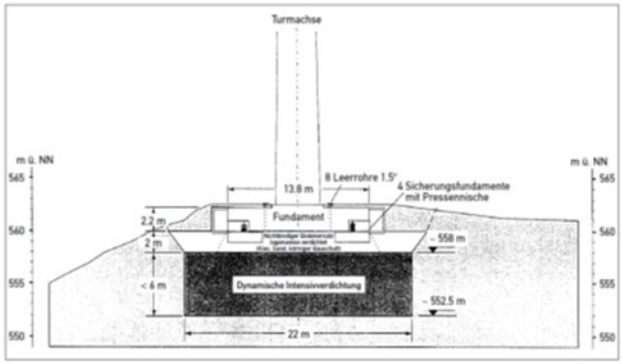





EDR HM

## Auszug aus:

Horn, A. (1999):
Gründung der Windkraftanlage auf dem Müllberg München-Fröttmaning,
Bautechnik 76 (1999),
Heft 9, S. 769 – 774




- Leistung: 1,5 MW
- Turmhöhe: 67 m
- Dynamische Intensivverdichtung
- Rückstellbar über hydraulische Pressen

## Gegenüberstellung

| | 1. WEA | 2. WEA |
|---|---|---|
| Inbetriebnahme | 1999 | 2021 |
| Leistung | 1,5 MW | 3,5 MW |
| Turmhöhe | 67 m | 80 m |
| Rotordurchmesser | 66 m | 138 m |
| Fundamentdurchmesser | 14 m | 26 m |
| Fundamentdicke | 2,4 m | 2,8 m |





## Deponieaufbau und -erkundung

### Erste Erkundungsphase

- keine tiefen direkten Baugrundaufschlüsse möglich
- Auswertung von Daten aus der Deponieschüttung

→ sehr heterogener Aufbau

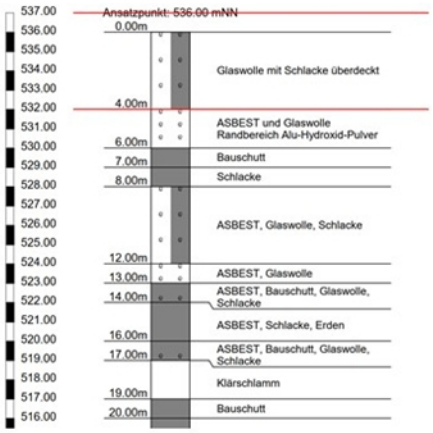
→ Deponiehöhe ca. 50 m

→ Basis bis 25 m: i.W. Siedlungsabfälle, Schlacke

→ ab 25 m: Schlacke mit eingelagerten Dämmstoff-kassetten; Abmessung ca. 20 m x 20 m x 2 m

→ genaue Lage der Kassetten ist unbekannt

Beispiel eines abgeleiteten Baugrundprofils



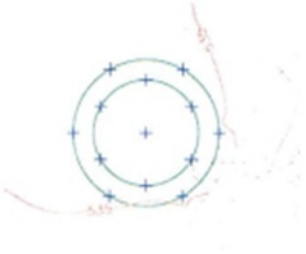
Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse

EDR HM

## Deponieaufbau und -erkundung

Zweite Erkundungsphase – Drucksondierungen

- 18 CPT über Aufstandsfläche der WEA verteilt





→ Sehr hohe Sondierwiderstände im oberen Bereich (erreichte Tiefen < 6 m)



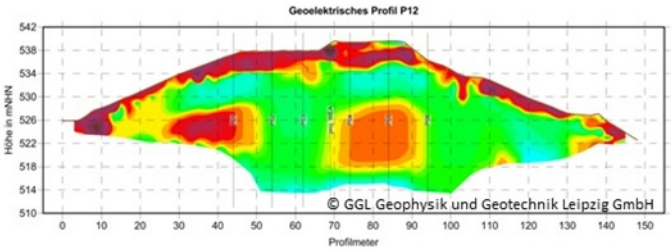
Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse

EDR HM

## Deponieaufbau und -erkundung

Dritte Erkundungsphase – Geophysikalische Erkundung

- Verfahrenskombination
  - gravimetrische Messung
  - geoelektrische Messung




→ Am vorgesehenen Standort ist vermutlich erst ab 10 m unter Gründungskote mit verfüllten Kassetten zu rechnen

Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse

## Deponieaufbau und -erkundung

### Vierte Erkundungsphase – Belastungsschüttung

- Ausführung: Abfallwirtschaftsbetrieb München (AWM)




Turmachse

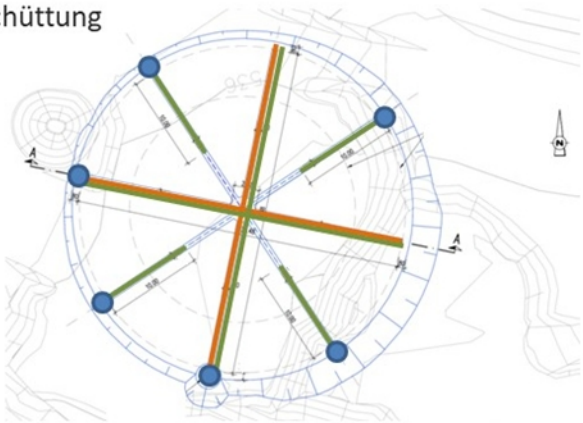
Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse

## Deponieaufbau und -erkundung

### Vierte Erkundungsphase – Belastungsschüttung

- 2 Ketteninklinometer, 34 m lang
- 2 Horizontalinklinometer, 34 m lang
- 4 Horizontalinklinometer, 10 m lang
- 6 Messschächte



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

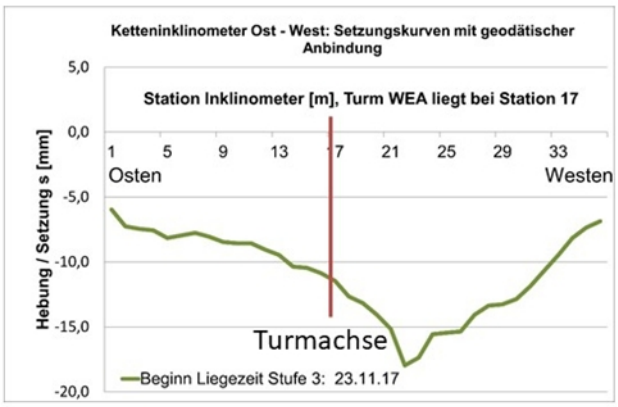
Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse

## Deponieaufbau und -erkundung

### Vierte Erkundungsphase – Belastungsschüttung

- Schütthöhe ca. 5 m; $\sigma_m \approx 75$ kN/m²
- Liegezeit 5 Monate
- Messinstrumentierung

→ max. Setzung ca. 15 – 17 mm
→ nach Endlastung ca. 10 – 12 mm
→ Baugrund deutlich steifer als zunächst angenommen
→ lokale Schwachstellen nicht ausgeschlossen




Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Fundamentkonzept

### Grundüberlegungen

- Ringfundament mit lastfreier Mitte zur Vermeidung von Sattellagerung
  → bereits bei vergleichbaren Bauvorhaben (Deponie West Karlsruhe) ausgeführt
- Möglichkeiten zum Ausgleich sich abzeichnender Schiefstellungen
- dauerhafte messtechnische Überwachung

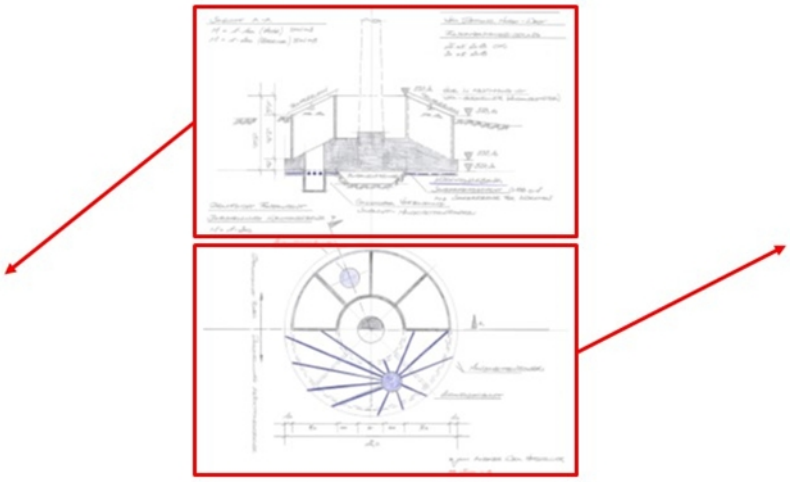
### Besondere Randbedingungen

- Fundament wird Bestandteil der späteren Deponieabdichtung
  → Zugänglichkeit nur noch von oben gegeben
  → Anforderungen an Gasdichtigkeit

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## 2-stufiges Konzept zum Ausgleich von Schiefstellungen



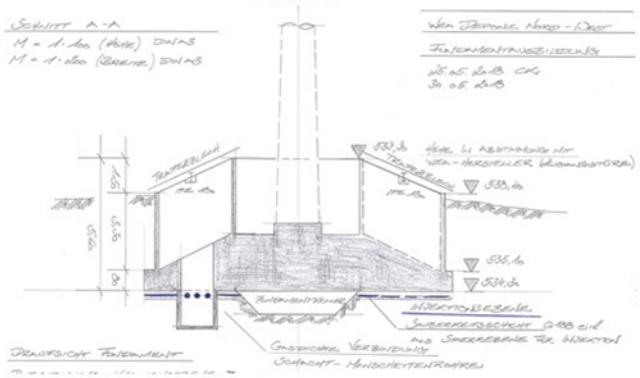
Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

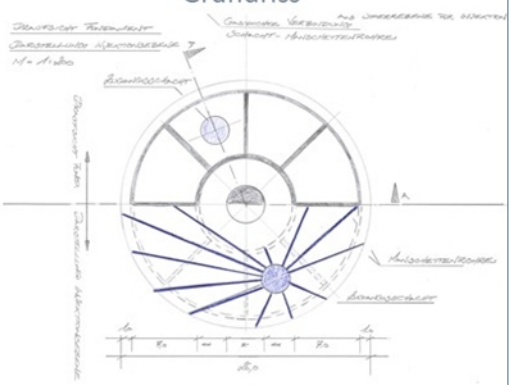
## 2-stufiges Konzept zum Ausgleich von Schiefstellungen

### Erste Entwurfsskizzen - Ballastieren und Hebungsinjektion

Schnitt



Grundriss



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Erdstatische Nachweise durch IBO PartG mbB, Ettlingen

- Gleitsicherheit (GEO-2)
- Kippsicherheit (EQU) und Nachweise der Ausmitte der Sohldruckresultierenden
- Grundbruchsicherheit (GEO-2)
- Erforderliche Drehfedersteifigkeit (SLS, spezifisch für WEA-Typ)
- Maximal zulässige Schiefstellung (SLS)
- Bettungsausfall infolge von Inhomogenitäten

Hier maßgebend

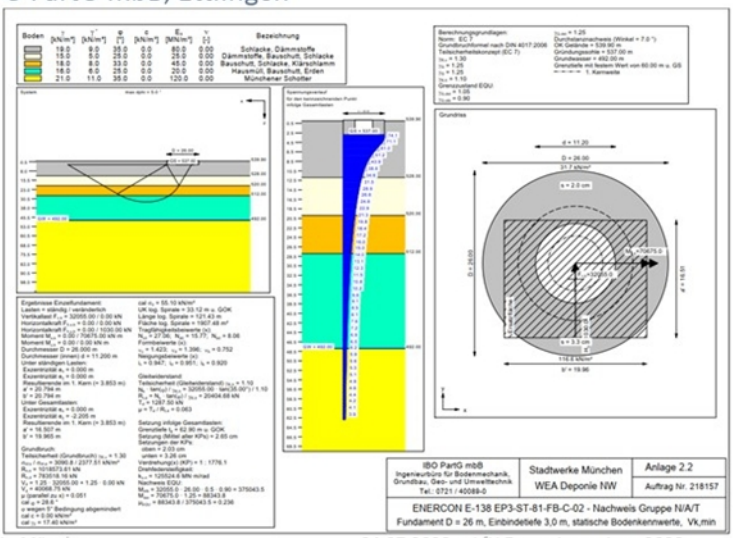
- Einfluss Gründung auf Standsicherheit der Deponieböschungen (GEO-3)

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Erdstatische Nachweise durch IBO PartG mbB, Ettlingen

Nachweis der Kipp-, Gleit- und Grundbruchsicherheit sowie Drehfedersteifigkeit:
(GGU-FOOTING)



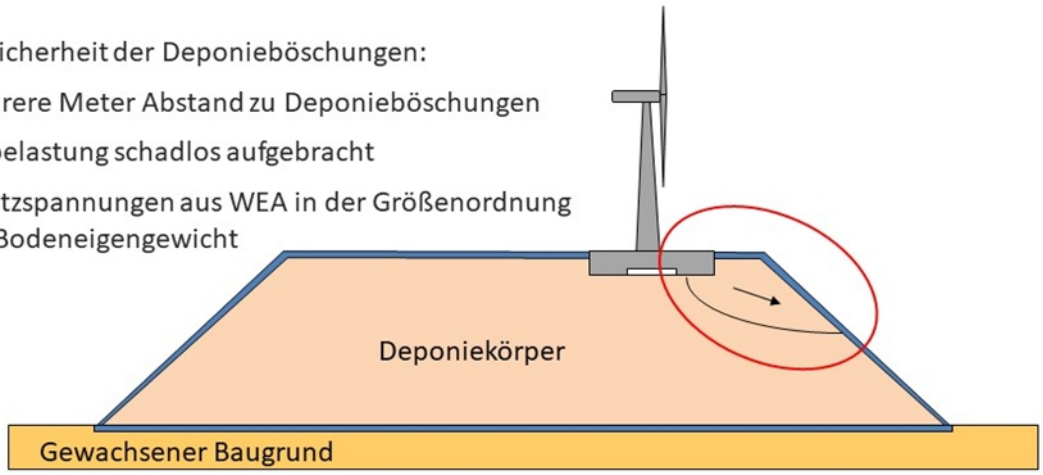

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Erdstatische Nachweise durch IBO PartG mbB, Ettlingen

Standsicherheit der Deponieböschungen:

- Mehrere Meter Abstand zu Deponieböschungen
- Vorbelastung schadlos aufgebracht
- Zusatzspannungen aus WEA in der Größenordnung wie Bodeneigengewicht



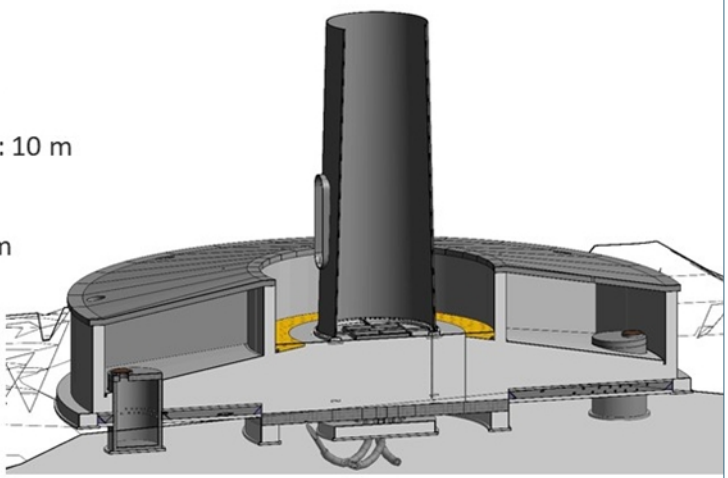

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

3D-Fundamentmodell

- Fundamentdurchmesser: 26 m
- Durchmesser lastfreier Bereich: 10 m
- Fundamenthöhe
  - Mitte unter Turmfuss: 2,8 m
  - äußerer Rand: 0,8 m
- Innenhöhe Kammerwand: 3 m



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

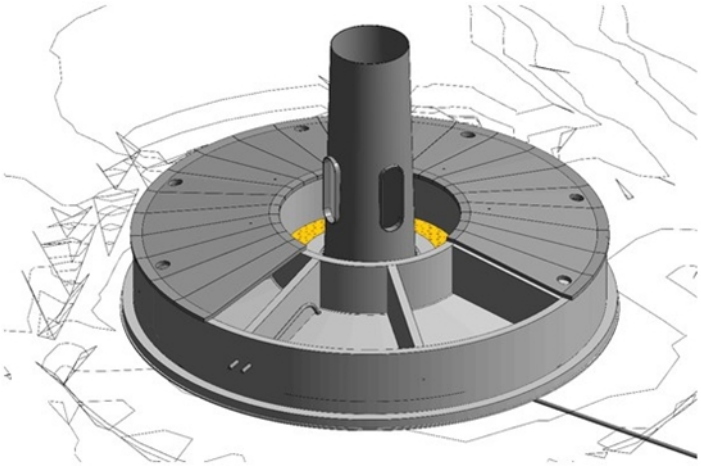
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

EDR HM

## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Fundamentkammern

- 8 Segmente
- Ballastiervolumen je Segment
  - flüssig: ca. 430 m³
  - Feststoff: ca. 560 m³



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

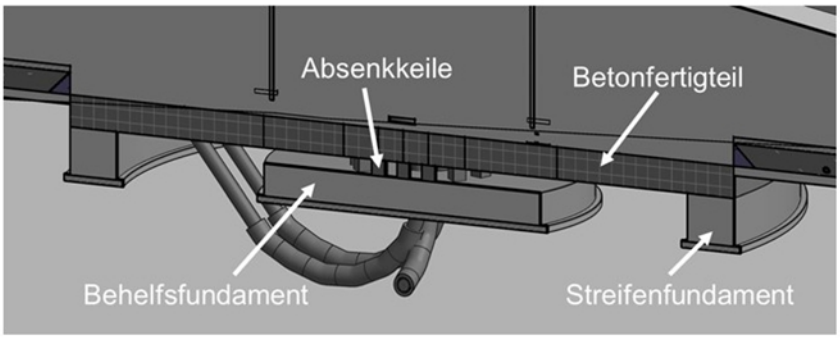
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

EDR HM

## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Aufstandsfläche und Fundamentkeller

- Lastfreier Bereich über Fundamentkeller
- Kabeleinführungen



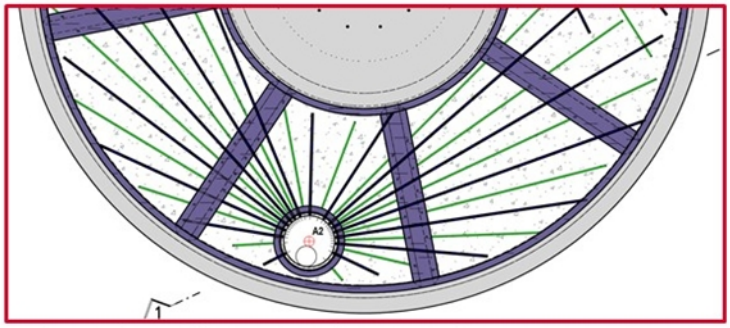

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

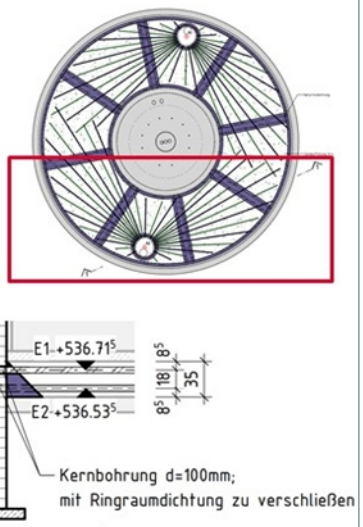
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Injektionsebene

- Manschettenrohre in 2 Ebenen
- Unterteilung in Sektoren



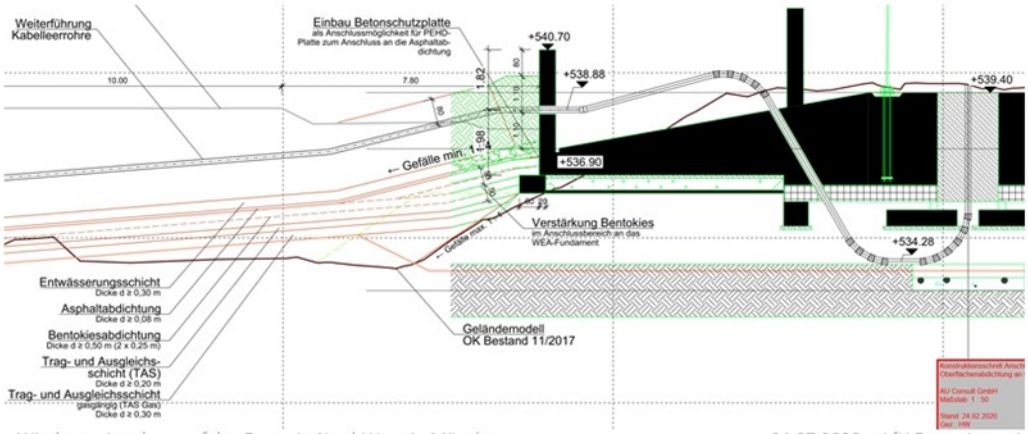





Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse

## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Integration in Deponieabdichtung



Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung

### Aufstandsfläche





Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung

### Fundamentkeller






Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung

### Herstellung Injektionsebene







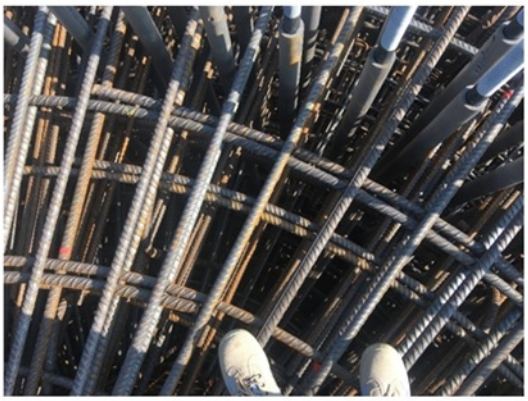


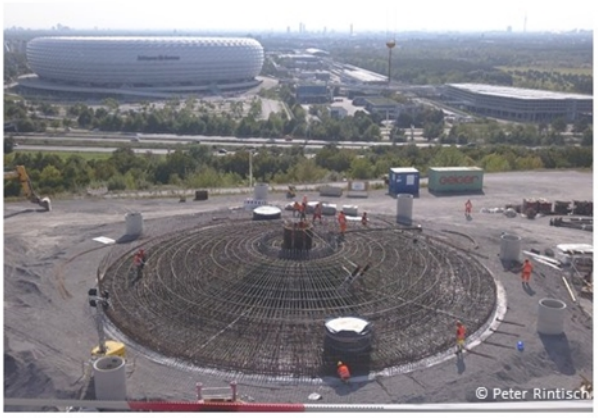



Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung

### Fundament – Bewehrung und Betonage





Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung




Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung

### Herstellung Kammerwände







Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | **Bauausführung** | Ergebnisse

## Fotos der Bauausführung

### Abdeckung geschlossen






Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | Bauausführung | **Ergebnisse**

## Ergebnisse Verformungsmessungen

- Überlagerung von 2 Arten von Setzung
  - kontinuierliche Eigensetzung der Deponie
  - lastabhängige Setzungen der WEA
  - seit 2022 Einfluss aus Herstellung Deponieabdichtung
- Geodätische Vermessungen
- kontinuierliche Messung durch Inklinometerketten

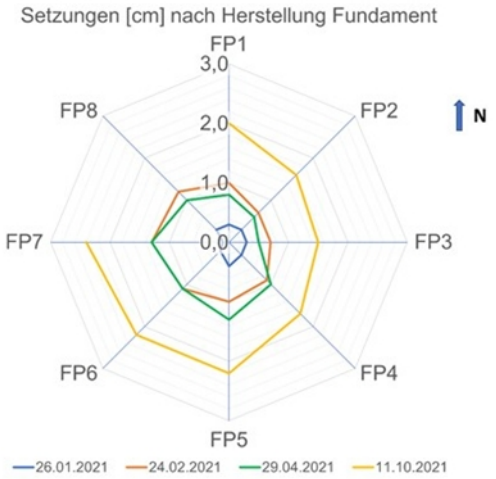
Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | Bauausführung | **Ergebnisse**

## Ergebnisse Verformungsmessungen

### Geodätische Vermessungen

- Messzeitraum 01/21 bis 10/21
- Nord-Süd-Achse
  → gleichmäßige Setzung
- Ost-West-Achse
  → tendenzielle Setzungszunahme nach Westen; Differenz ca. 8 mm



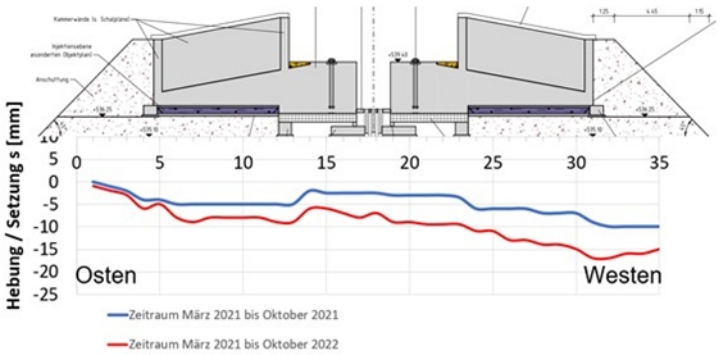

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | Bauausführung | **Ergebnisse**

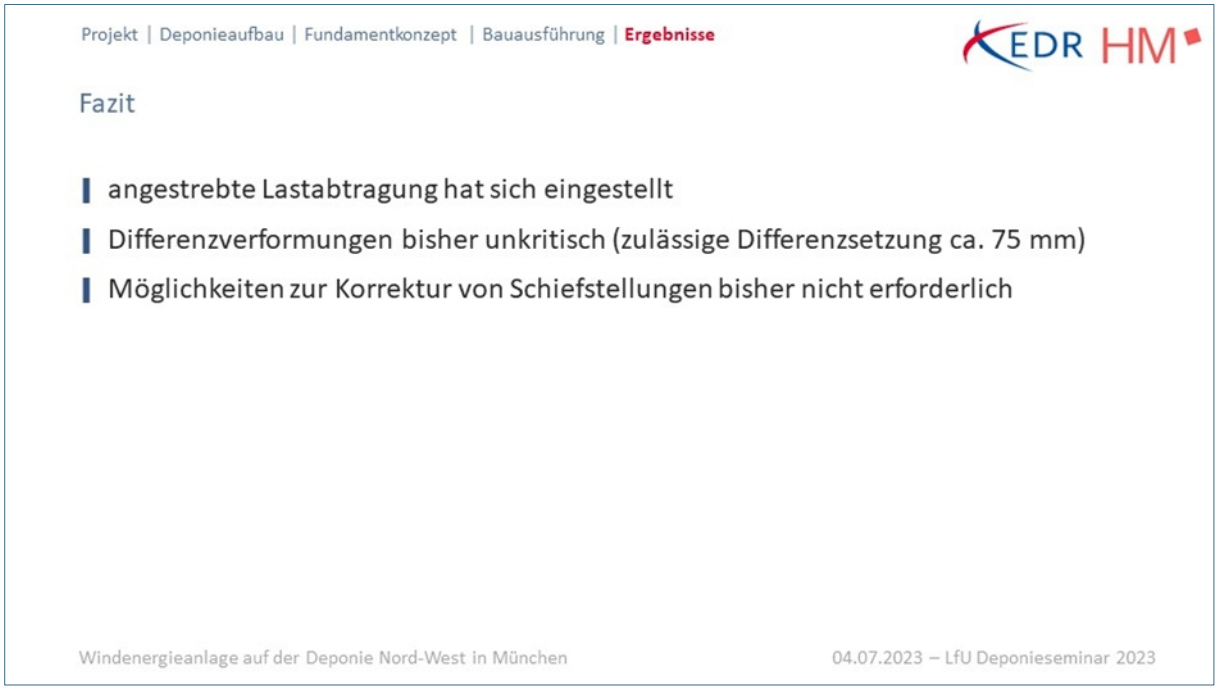
## Ergebnisse Verformungsmessungen

### Inklinometerketten

- Differenzverformungen seit Inbetriebnahme in Ost-West-Achse
  - 03/21 bis 10/21:
    ca. 2 mm
  - 03/21 bis 10/22
    ca. 5 - 6 mm

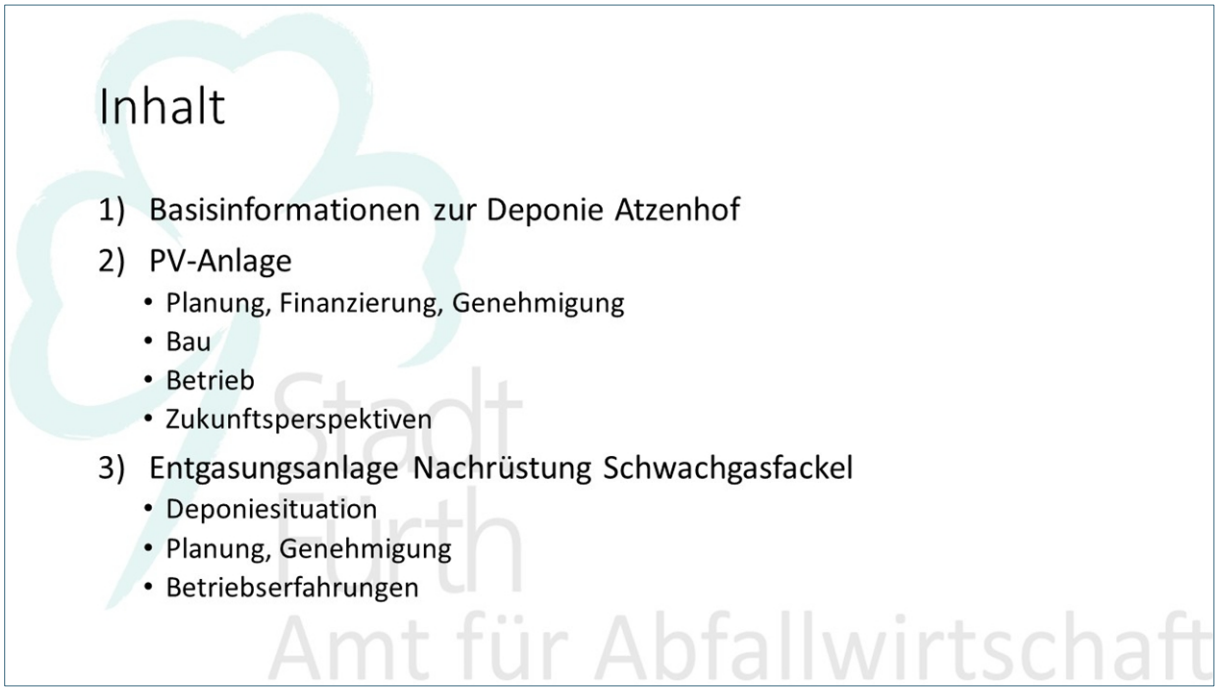



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München 04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023


Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse
EDR HM
Fazit
angestrebte Lastabtragung hat sich eingestellt
Differenzverformungen bisher unkritisch (zulässige Differenzsetzung ca. 75 mm)
Möglichkeiten zur Korrektur von Schiefstellungen bisher nicht erforderlich
Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München
04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

# Deponie Atzenhof – der Energieberg

**Walter Egelseer, Stadt Fürth, Amt für Abfallwirtschaft**



# 1) Deponie Atzenhof

- Ehemalige „Sandgruben“ ca. 1930 bis ca. 1960
- Ab 1964 Einrichtung der Abfallbeseitigungsanlage Atzenhof
- 1968 Genehmigung der Deponie Planfeststellungsbescheid
- Verfüllung mit Haus- und Gewerbemüll, Klärschlamm, Innertabfall
- Deponievolumen 2,6 Mio m³
- 1990 Genehmigung Erhöhung und Restauffüllung Einfahrtsbereich
- 1993 Errichtung Entgasung erster Abschnitt
- 1998 Genehmigungsbescheid zur Rekultivierung
- 1999 Oberflächenabdichtung und Rekultivierung der Deponie, Erweiterung Entgasung, Rekuschicht Stärke 1,2 m

Stadt Fürth Amt für Abfallwirtschaft

# 1) Deponie Atzenhof – Entgasung und Rekultivierung 1991



Foto: Hajo Dietz

Amt für Abfallwirtschaft

# 1) Deponie Atzenhof –Rekultivierung 1999



Foto: Hajo Dietz

Umgebung Standort:

- Süden, Golfplatz
- Norden, Zenngrund
- Westen, Main-Donau Kanal
- Osten, Regnitztal

Amt für Abfallwirtschaft

# 2) PV-Anlage

- Errichtung einer PV-Anlage wurde bei Rekultivierung bereits mitgedacht
- Baufeld wurde bestmöglich von Gasleitungen freigehalten
- Betriebswege optimiert
- Erste stärkere Setzungen wurden abgewartet, Ruhephase 3 Jahre
- SOLID als Keimzelle der PV-Aktivitäten
- Beschluss zur Errichtung der PV-Anlage März 2003 – 20 Jahre
- Erste Anlage auf einer Deponie überhaupt
- Klimaschutz, regionale Wertschöpfung, Vorbildfunktion

Stadt Fürth
Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Projektanforderungen

- Standsicherheit Deponieböschung, Neigung 1:2,25
- statischer Nachweis, Gleitsicherheit, Böschungsbruch
- Schutz der Oberflächenabdichtung
- Blendwirkung, Einflugschneise Flughafen Nürnberg
- Nutzung ausschließlich Südhang – Ertragsoptimierung
- Berücksichtigung Verschattung im unteren Teil
- Rücksicht Golfplatz, Modulschäden

Stadt Fürth Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Planung

- Fläche Deponie 10,6 ha; PV-Anlage 1,7 ha; Modulfläche 1 ha
- Berücksichtigung Abstandsregelungen, Wartungswege
- Ertragsgutachten
- Finanzierungskonzept
  - Gründung Solarpark Atzenhof Fürth GmbH & Co. KG
- Genehmigung
- Gründung
  - 320 Modultische als Fertigbetonbauteil mit 4 Stützen
  - Stahlträgerkonstruktion verzinkt, Neigungswinkel PV-Module 30°

Stadt Fürth Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Gründung

- Modultisch mit Tragekonstruktion



## 2) PV-Anlage – Bodenschutz

- Herausforderung
  - Hangneigung, Erosionsschutz, indirekte Versiegelung
- Modulfläche ist „aufgelockert“ gegliedert damit Bewuchs erfolgt
- Ansaat mit Gras-Kräutermischung
- Gestaltung Wartungswege
- Abstände zwischen den Modulreihen 1,6 Meter
- Abstände der Tische 0,1 Meter
- Abstände zwischen den Modulen zur flächigen Niederschlagsableitung

## 2) PV-Anlage – Bau

- Bilder Bauphase PV-Anlage





Fotos: Stadt Fürth

Fürth
Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Bau

- Bilder Bauphase PV-Anlage





Fotos: Stadt Fürth

Fürth
Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Bau

- Bilder Bauphase PV-Anlage





Fotos: Stadt Fürth

Fürth
Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Anlagendaten

| Standort | Ehemalige Mülldeponie Atzenhof |
|---|---|
| Module | 5.760 Stück Sharp SH-M 175 |
| Wechselrichter | 3 Sinvert Solar 340 kVA (Siemens AG) |
| Nennleistung | 1.008 kWp |
| Inbetriebnahme | Dezember 2003 |
| Ende EEG-Vergütung | Dezember 2023 |
| Unterkonstruktion | 320 Stahlbetonfundamente mit Trägerkonstruktion |
| Einspeisevergütung | 45,7 ct/kWh |
| Ertragsprognose | 948.000 kWh/a |

Fürth
Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Luftbild



## 2) PV-Anlage – aktuelle Bilder





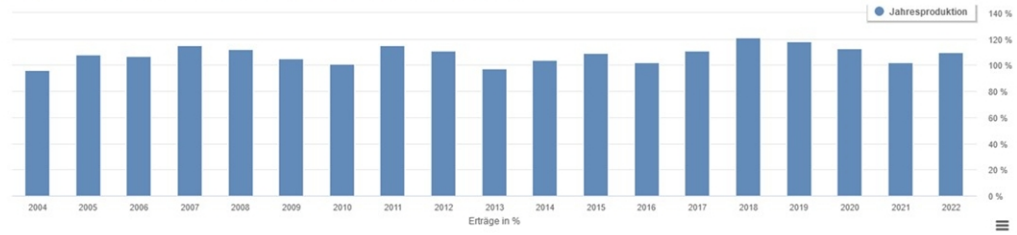
Fotos: Walter Egelseer

Amt für Abfallwirtschaft

# 2) PV-Anlage – Ertragsdaten

**LEISTUNGSBILANZ**

Jahresproduktion (Angaben in % der langfristigen Ertragsprognose)




| JAHR | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ertrag | 906 | 1.022 | 1.011 | 1.086 | 1.063 | 1.000 | 959 | 1.090 | 1.048 | 915 | 986 | 1.034 | 971 | 1.048 | 1.146 | 1.120 | 1.074 | 965 | 1.041 |

Alle Erträge in MWh

Amt für Abfallwirtschaft

# 2) PV-Anlage – Betriebserfahrungen

- Anlage läuft überdurchschnittlich gut
- Degradation?
- Renditeziele der Solarpark Atzenhof Fürth GmbH & Co. KG werden erreicht
- Ausfälle meist Anlagenkommunikation oder Wechselrichter
- Einzäunung am Ende der Nutzungsdauer
- Florenveränderung unter den Modultischen
- Betriebsführer arbeitet zuverlässig
- $CO_2$-Einsparung durchschnittlich ca. 650 Tonnen pro Jahr

Stadt Fürth
Amt für Abfallwirtschaft

## 2) PV-Anlage – Zukunftsperspektiven

- Anlage soll grundsätzlich weiter betrieben werden
- Folgende Sachverhalte müssen geklärt werden
  - Repowering
  - Vergrößerung der Anlage
  - Stromvermarktung nach Ablauf EEG-Vergütung
  - Verkauf über PPA
  - Nachbesserung Rekultivierungsschicht
  - Zustandsprüfung der Anlage
  - Rückstellungen Rückbau

Stadt Fürth Amt für Abfallwirtschaft

## 3) Nachrüstung Schwachgasfackel

➢ Projekt

- 1991 Errichtung einer Gaserfassung auf der Deponie Atzenhof mit Betrieb einer Fackelanlage
- 1995 Betriebsbeginn Gasmotor im Heizwerk Atzenhof, el. Leistung 490 kW mit Abwärmenutzung im Nahwärmenetz
- 2011 Stilllegung des Gasmotors aufgrund zurückgehender Gasmengen
- 2014 Umbau und Ökologisierung des Heizwerkes mit Errichtung einer Holz-Hackschnitzelheizanlage und Bau der Schwachgasfackel mit Luft- und Wasserwärmetauscher
- $CO_2$-Einsparung durchschnittlich ca. 200 Tonnen pro Jahr

Stadt Fürth Amt für Abfallwirtschaft

## 3) Nachrüstung Schwachgasfackel



Foto: Walter Egelseer

- Erneuerte Gasverdichterstation mit Gassammelbalken und Deponiegasanalyse

Amt für Abfallwirtschaft

## 3) Nachrüstung Schwachgasfackel



Foto: Walter Egelseer

- Schwachgasfackel am Heizwerk Atzenhof

| Hersteller | C-deg |
|---|---|
| Typ | HTC 0,4 mit AWT |
| Durchsatz | max. 85 m³ |
| Feuerungsleistung | max. 340kW |
| Heizwert | 1,5 – 4 kWh/m³ |
| therm. Leistung | 200kW |
| Höhe | 14,5 Meter |
| Kosten 2012 | 180.00 € |

Amt für Abfallwirtschaft

# Gottesdienst Himmelfahrt



Foto:

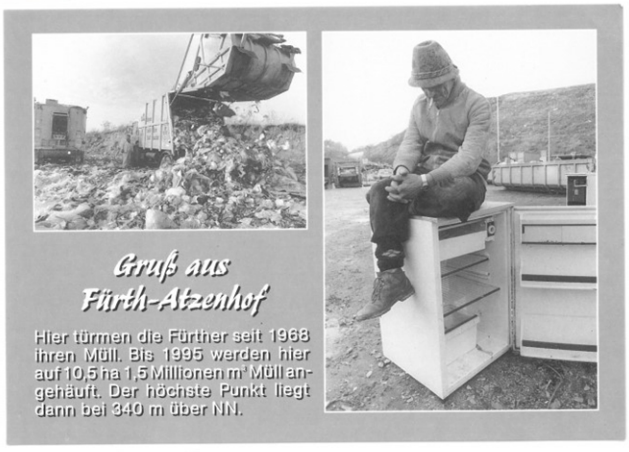



Foto: Rainer Wrede

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

# Einsatz einer Polygonwalze auf der Deponie Außernzell

**Christian Pietruska, ZAW Donau-Wald**

## 1 Die Zeitenwende im Deponiebetrieb

Mit dem Verbot der Ablagerung von unbehandelten, organischen, biologisch abbaubaren Siedlungsabfällen, insbesondere von unbehandeltem Hausmüll seit dem 01.06.2005, änderten sich für die Betreiber von „Hausmülldeponien“ die grundlegenden Mengengerüste und Abläufe.

Der Zweckverband Abfallwirtschaft (ZAW) Donau-Wald betreibt seit 1977 die Deponie Außernzell. Hier wurden bis 1998 jährlich rd. 200.000 Mg Hausmüll, hausmüllähnliche Gewerbeabfälle sowie mineralische Abfälle abgelagert. Diese Abfälle wurden, wie generell auf Hausmülldeponien üblich, mit sogenannten Kompaktoren zerkleinert und verdichtet eingebaut.



Abb. 1: Mülleinbau mit Kompaktoren auf der Deponie Außernzell (vor 1998)

Aufgrund vertraglicher Verpflichtungen mit der Landeshauptstadt München wurden bereits ab 1999 auf der Deponie Außernzell kein Hausmüll und keine brennbaren Gewerbeabfälle mehr abgelagert, sondern im Müllheizkraftwerk Nord der Stadt München verbrannt.

Seitdem werden auf der Deponie Außernzell jährlich nur noch bis zu 20.000 Mg mineralische Abfälle abgelagert (v. a. teerhaltiger Straßenaufbruch, Asbestzementabfälle und künstliche Mineralfaserabfälle). Der Einbau dieser Abfälle wurde mittels Radlader und Schubraupe durchgeführt, da die Kompaktoren aufgrund der verhältnismäßig geringen Abfallmengen sowie ihrer Schwerfälligkeit und höherer Betriebskosten hierfür weniger geeignet waren.

# 2 Hohlräume, Setzungen, Standsicherheit, die Tücken bei der Ablagerung mineralischer Abfälle

Die Deponieverordnung fordert im Anhang 5 unter Nummer 4 Ziffer 6:

„Die Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe sind in der Deponie hohlraumarm einzubauen. Der Einbau hat so zu erfolgen, dass langfristig nur geringe Setzungen zu erwarten sind“.

und unter Ziffer 7:

„Der Deponiekörper muss in allen Verfüllzuständen standsicher sein“.

Um dies sicherzustellen müssen Deponiebetreiber bereits vor der Anlieferung der Abfälle auf die Abfallerzeuger einwirken um Abfälle möglichst ohne Paletten, gebrochen statt in Schollenform oder aber bei Mineralfaserabfällen diese gepresst angeliefert zu bekommen.

Darüber hinaus ist das Deponiepersonal zu schulen und entsprechend auszustatten um auch bei der Ablagerung einen hohlraumarmen Einbau zu gewährleisten.



Abb. 2: Hohlräume beim Abfalleinbau



Abb. 3: Angelieferte Plattenbags auf Holzpalletten → Hohlräume



Abb. 4: Hohlraumarmer Einbau von Asbestzement in Plattenbags und gepressten KMF

Die Abdeckung von Asbestzement- und KMF-Abfällen erfolgt gemäß Deponieverordnung mit geeigneten Materialien. Diese wurden, wie auch die sonstigen angelieferten mineralischen Abfälle, mit Schubraupe und Radlader in einer Gesamtschichtstärke von bis zu vier Meter eingebaut und soweit es durch diese Maschinen möglich ist, zum Erreichen einer Standsicherheit und zur Setzungsvorwegnahme verdichtet.

# 3 Einsatz eines Walzenzugverdichters zur Optimierung der Hohlraumverfüllung, Setzungsvorwegnahme, Verdichtung und Standsicherheit beim Abfalleinbau auf Deponien

Bei der Erweiterung der Deponie Außernzell um die Bauabschnitte 14 und 15 wurde von der beauftragten Baufirma zur Verdichtung des Baugrundes unter der Basisabdichtung eine Polygonwalze eingesetzt. Diese wurde probeweise im damaligen Verfüllbereich des Bauabschnittes 13 eingesetzt um die eingebauten Abfälle zu verdichten. Nach den guten Resultaten wurde beschlossen, nach Fertigstellung der Bauabschnitte 14 und 15 einen Feldversuch mit einer vom Hersteller zur Verfügung gestellten Polygonwalze durchzuführen.

Im Vorfeld wurde in Abstimmung mit dem Maschinenhersteller die Schichtdicke der eingebauten Abfälle auf zwei Meter begrenzt um die Verdichtungstiefe der Polygonwalze optimal zu nutzen. Dabei sollte der Abstand zur Basisabdichtung mindestens drei Meter betragen um das Abdichtungssystem nicht zu beeinträchtigen. Asbestzement- und Mineralfaserabfälle wurden soweit wie möglich mit rieselfähigem Material abgedeckt, um eine möglichst gute Hohlraumverfüllung zu erreichen.

2019 wurden die Versuche auf zwei Testfeldern durchgeführt die sich hinsichtlich des Zeitraumes der Abfallablagerung und der Vorverdichtung unterschieden. Die Ergebnisse wurden anhand einer Höhenvermessung an 40 GPS-Höhenpunkte dokumentiert.

- **Testfeld 1 (BA 15):**

Abfalleinbau in 2018/2019

Vorverdichtung mit Radlader 24 to

- **Testfeld 2 (Zufahrtsstraße BA 14/BA15):**

Abfalleinbau in 2017

Vorverdichtung mit Baumaschinen- und LKW-Verkehr



Abb. 5: Testfeld 1 nach acht Übergängen



Abb. 6: Testfeld 2 nach 15 Übergängen (längere Setzungsdauer, höhere Vorverdichtung

Im Ergebnis betrug die durchschnittliche Verdichtungshöhe:

- Testfeld 1: 19 cm
- Testfeld 2: 13 cm

Dies bedeutet eine Erhöhung der Einbaudichte um ca. 0,12 Mg/m³ im Bereich der Testfelder. Bei den zur Verfügung stehenden 240.000 m³ der Bauabschnitte 14 und 15 können durch die erhöhte Verdichtung somit rd. 29.000 Mg Abfälle zusätzlich eingebaut werden.

In Folge wurde durch die AWG Donau-Wald mbH eine Polygonwalze angeschafft und seit 2019 auf den Deponien Außernzell und Hellersberg eingesetzt. Im großflächigen Verdichtungseinsatz der Polygonwalze konnte trotz gestiegenen KMF-Mengen die Einbaudichte in den vergangenen vier Jahren sogar um durchschnittlich 0,34 Mg/m³ gegenüber den Vorjahren gesteigert werden. Im Fall der Bauabschnitte 14 und 15 der Deponie Außernzell bedeutet dies Mehrmengen von etwas über 80.000 Mg und somit eine Laufzeitverlängerung von rd. fünf Jahren.

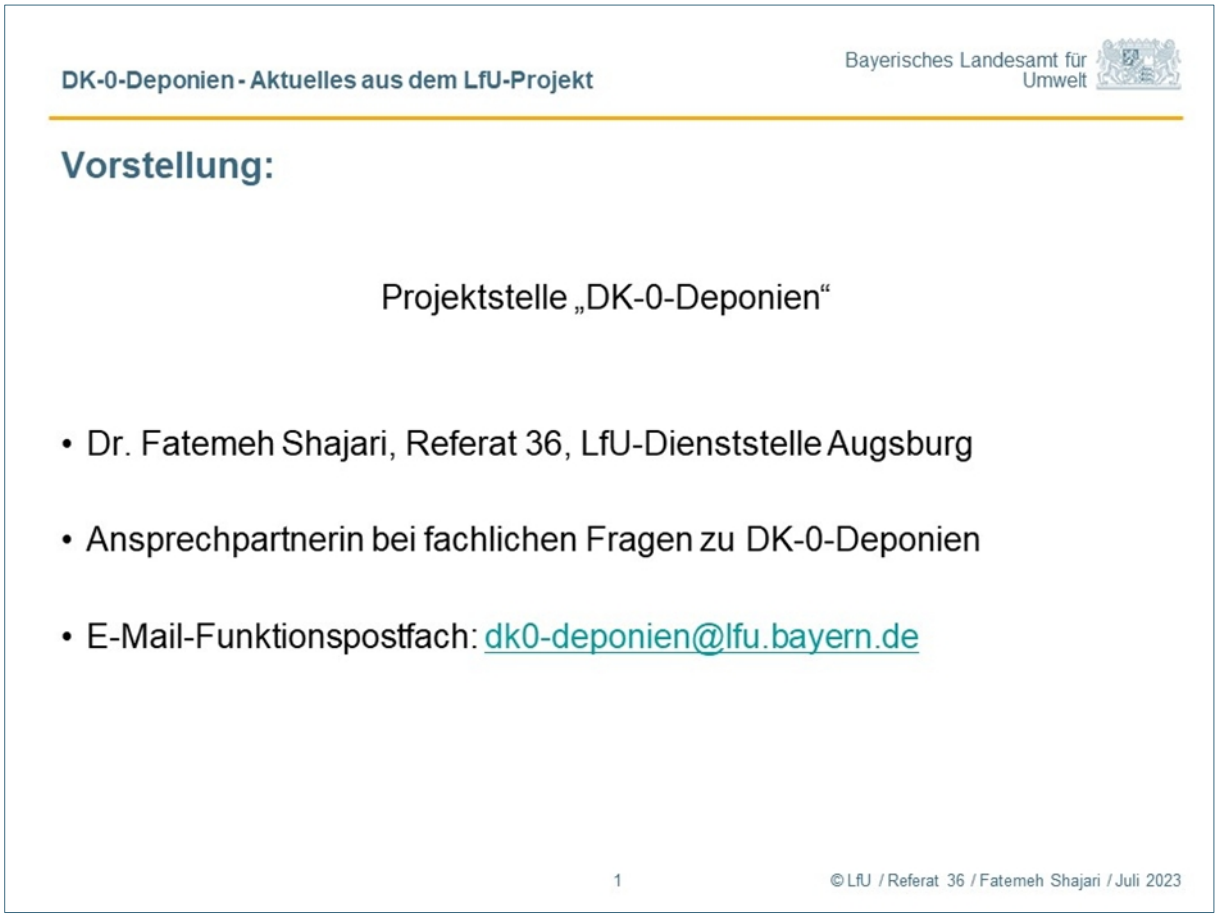
# 4 Fazit

Durch den Einsatz von Walzenzugverdichtern (Stampffußwalze, Polygonwalze) ergeben sich bei der Ablagerung mineralischer Abfälle im Deponiebetrieb Vorteile durch hohlraumarmen Einbau und optimierte Verdichtung:

- Auffüllung von Hohlräumen (bei rieselfähigen Abdeckmaterial)
- geringerer Verbrauch von Deponievolumen
- längere Laufzeit der Deponien oder Deponieabschnitte
- höhere Wirtschaftlichkeit
- Verbesserung der Standsicherheit
- Vorwegnahme von Setzungen
- unmittelbare Aufbringung der Oberflächenabdichtung nach Verdichtung möglich

# DK-0-Deponien – Aktuelles aus dem LfU-Projekt

**Dr. Fatemeh Shajari, LfU**



## Aufgaben:

- **Ansprechpartner/in** bei fachlichen Fragen zu DK-0-Deponien
- **Beratung der KVB für einen einheitlichen Vollzug**
  (unter Einbindung des Bereichs Grundwasserschutz im LfU und der WWA)
- **Fortbildungsangebot für KVB** zu Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahren und Überwachung von DK-0-Deponien
- **Entwicklung von Arbeitshilfen** für **KVB**
  (zur Überwachung der DK-0-Deponien und Einzelfallzustimmungen)
- **Entwicklung von Arbeitshilfen** für **Deponiebetreiber**
  (zur Antrags-Vorbereitung für ein Planfeststellungs- oder Plangenehmigungsverfahren)
- **Öffentlichkeitsarbeit** zur gezielten Bürgerinformation



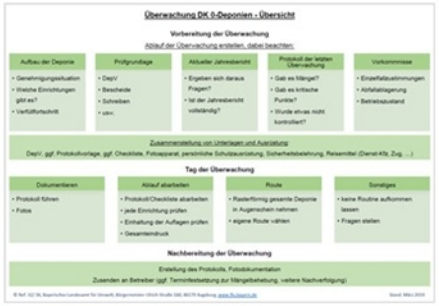
© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

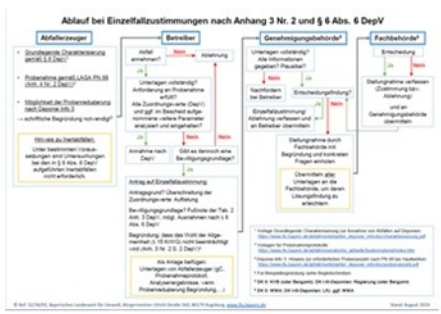
DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Bisher erzielte Ergebnisse

- Begleitung des **Pilotprojekts**
  DK-0-Deponie *Am Weinberg Süd*
- **Arbeitshilfe** für **KVB**
  „Überwachung von DK-0-Deponien“
- **Arbeitshilfe** für **KVB**
  „Ablauf bei Einzelfallzustimmungen“
- **Öffentlichkeitsarbeit**
  Repräsentative Umfrage zum Thema
  „Abfallentsorgung und Deponien“
- **Fortbildungsangebot für KVB**
  (Augsburg, Landshut, München)






© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Begleitung des Pilotprojekts DK-0 *Am Weinberg Süd*

Verfahren von der Planung bis zur Errichtung
Planfeststellungsverfahren beendet. Bescheid: Februar 2023

**Ziel der Begleitung:**

- Erkennen der möglichen Problemstellungen von Betreibern
- Entwicklung von Arbeitshilfen für Deponiebetreiber

→ Enger Kontakt mit Deponiebetreibern

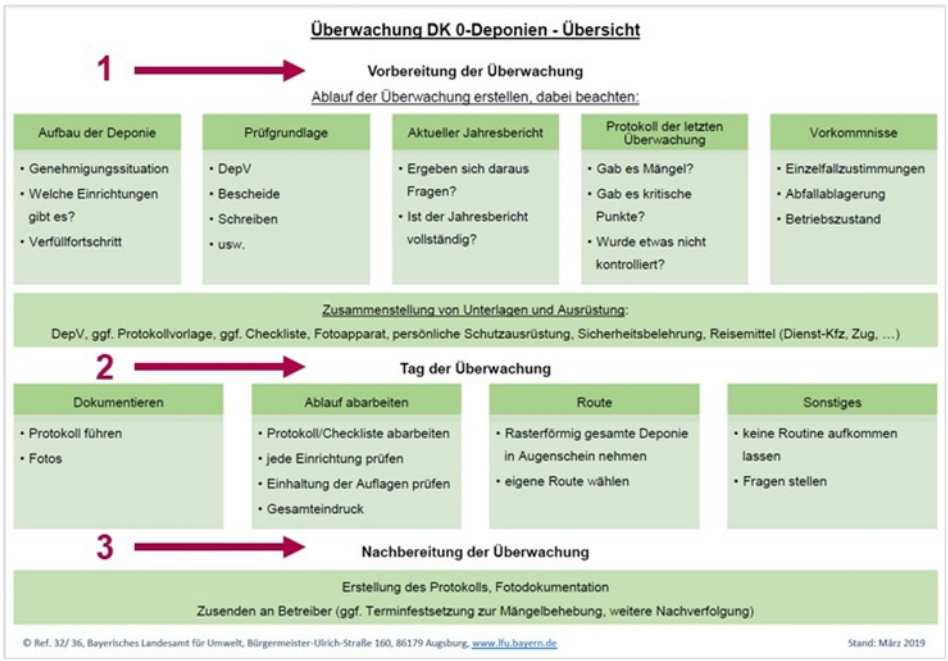


© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Arbeitshilfe *„Überwachung von DK-0-Deponien“*



**Überwachung DK 0-Deponien - Übersicht**

**1 → Vorbereitung der Überwachung**

Ablauf der Überwachung erstellen, dabei beachten:

| Aufbau der Deponie | Prüfgrundlage | Aktueller Jahresbericht | Protokoll der letzten Überwachung | Vorkommnisse |
|---|---|---|---|---|
| • Genehmigungssituation<br>• Welche Einrichtungen gibt es?<br>• Verfüllfortschritt | • DepV<br>• Bescheide<br>• Schreiben<br>• usw. | • Ergeben sich daraus Fragen?<br>• Ist der Jahresbericht vollständig? | • Gab es Mängel?<br>• Gab es kritische Punkte?<br>• Wurde etwas nicht kontrolliert? | • Einzelfallzustimmungen<br>• Abfallablagerung<br>• Betriebszustand |

Zusammenstellung von Unterlagen und Ausrüstung:
DepV, ggf. Protokollvorlage, ggf. Checkliste, Fotoapparat, persönliche Schutzausrüstung, Sicherheitsbelehrung, Reisemittel (Dienst-Kfz, Zug, ...)

**2 → Tag der Überwachung**

| Dokumentieren | Ablauf abarbeiten | Route | Sonstiges |
|---|---|---|---|
| • Protokoll führen<br>• Fotos | • Protokoll/Checkliste abarbeiten<br>• jede Einrichtung prüfen<br>• Einhaltung der Auflagen prüfen<br>• Gesamteindruck | • Rasterförmig gesamte Deponie in Augenschein nehmen<br>• eigene Route wählen | • keine Routine aufkommen lassen<br>• Fragen stellen |

**3 → Nachbereitung der Überwachung**

Erstellung des Protokolls, Fotodokumentation
Zusenden an Betreiber (ggf. Terminfestsetzung zur Mängelbehebung, weitere Nachverfolgung)

© Ref. 32/ 36, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg, www.lfu.bayern.de Stand: März 2019



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Arbeitshilfe *„Überwachung von DK-0-Deponien“ besteht aus:*

- Protokoll
- Ausführliche Checkliste:
  - 1- Allgemeiner Betrieb
  - 2- Deponie
  - 3- Betriebseinrichtung
  - 4- Abfallannahme und -dokumentation
  - 5- Einbau von Abfällen
  - 6- Arbeitsschutz
  - 7- Sonstiges



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

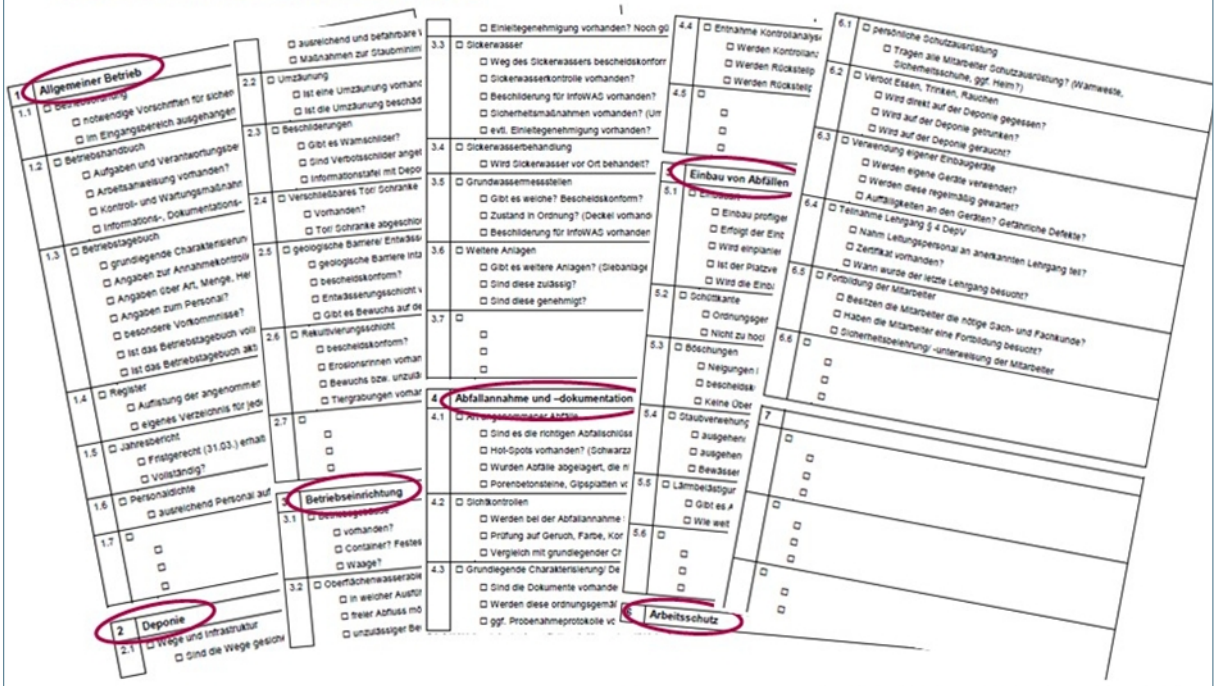
## Protokollvorlage

| 1 | Allgemeiner Betrieb | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.1 | Betriebsordnung | ☐ in Ordnung | ☐ nicht i. O. | ☐ entfällt |
| | Bemerkung: | | | |
| 1.2 | Betriebshandbuch | ☐ in Ordnung | ☐ nicht i. O. | ☐ entfällt |
| | Bemerkung: | | | |
| 1.3 | Betriebstagebuch | ☐ in Ordnung | ☐ nicht i. O. | ☐ entfällt |
| | Bemerkung: | | | |
| 1.4 | Register | ☐ in Ordnung | ☐ nicht i. O. | ☐ entfällt |
| | Bemerkung: | | | |
| 1.5 | Jahresbericht | ☐ in Ordnung | ☐ nicht i. O. | ☐ entfällt |
| | Bemerkung: | | | |
| 1.6 | Personaldichte | ☐ in Ordnung | ☐ nicht i. O. | ☐ entfällt |
| | Bemerkung: | | | |



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Ausführliche Checkliste



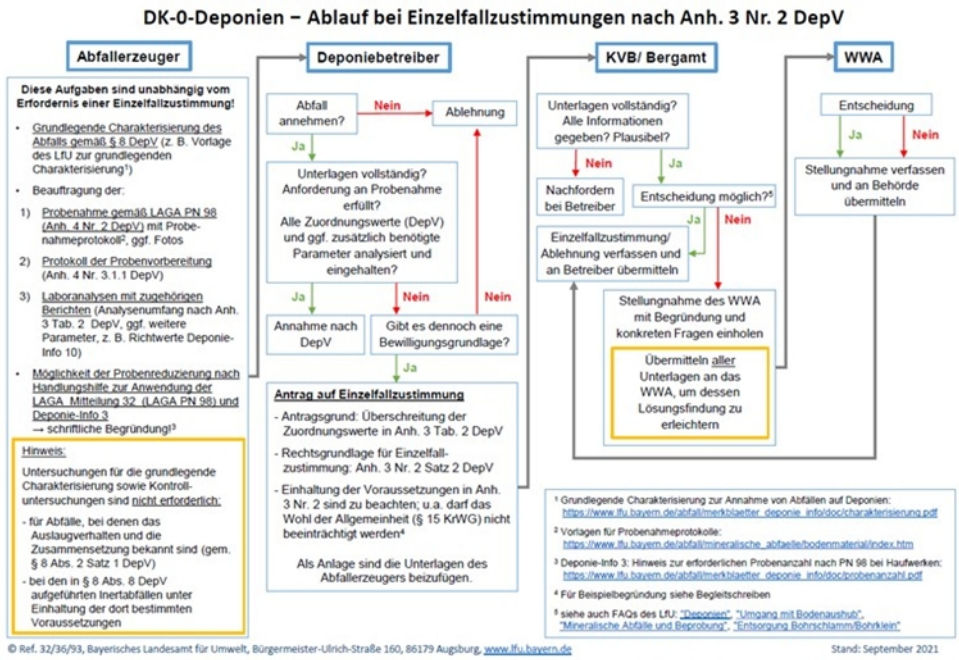



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Arbeitshilfe „*Ablauf bei Einzelfallzustimmungen*“






© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Öffentlichkeitsarbeit / Umfrage

- Umfrage zum Thema Abfallentsorgung und Deponien
- Insgesamt 1.480 Interviews in Bayern

**Ziel der Umfrage:**

- Aktuellen Sachstand der bayerischen Bevölkerung ermitteln
- Mögliche Vorurteile und Kritikpunkte herausarbeiten
- Die Akzeptanz von Deponien steigern

https://www.lfu.bayern.de/abfall/umfrage/index.htm



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Öffentlichkeitsarbeit / Umfrage-Fazit



**Geringe Information bei Bevölkerung → Negatives Image von Deponien**

„Mehr Informationen über Deponien“→ Öffentlichkeitsarbeit



**großes Interesse an Informationen**

**Besseres Image bei persönlicher Bekanntheit eines Deponiestandorts**

Notwendigkeit von Besuchsangeboten



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Fortbildungsangebot für KVB

**Genehmigung und Überwachung von DK-0-Deponien**

**Ziel der Fortbildung:**

- Unterstützung der KVB bei Schwierigkeiten im Zusammenhang mit den technischen Aufgaben.
- Etablieren eines einheitlichen Vollzugs in der Überwachung von DK-0-Deponien

**Bisherige Veranstaltungen:**

- Okt 2022 (Regierung von **Schwaben)** in Augsburg
- April 2023 (Regierung von **Niederbayern)** in Landshut
- Juli 2023 (Regierung von **Oberbayern)** in München



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Fortbildungsangebot für KVB

Tagesordnung (von 09:30 Uhr bis ca. 16:30 Uhr)

- **Vormittags: Genehmigung von DK-0-Deponien**
  - Rechtliche Grundlagen für die Genehmigung (Regierung)
  - Bearbeitung eines fiktiven Praxisfalls, Workshop (*StMUV)
  - Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation (StMUV)
- **Nachmittags: Überwachung von DK-0-Deponien**
  - Umgang mit Herausforderungen bei der Überwachung Diskussion aktueller Fragen aus der Vollzugspraxis (KVB/ WWA)
  - Vorstellung der LfU-Arbeitshilfe für die Überwachung (LfU)
  - Bearbeitung von fiktiven Fallbeispielen, Workshop (LfU)

* StMUV : Bayerisches Staatministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

18

© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Bisher erzielte Ergebnisse
## Fortbildungsangebot für KVB/ Feedback

- Feedback
  - Die Inhalte der Veranstaltung erfüllten die Erwartungen für 95% der Teilnehmenden
- Wünsche von KVB:
  - Mehr Raum für Diskussion und mehr Austausch zwischen den KVB (praktischer Vollzug), Praxistage Austausch unter den Behörden
  - Bedarf an grundsätzlichen Schulungen/ Einarbeitung im Bereich Abfallrecht und Deponien

19 © LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Öffentlichkeitsarbeit

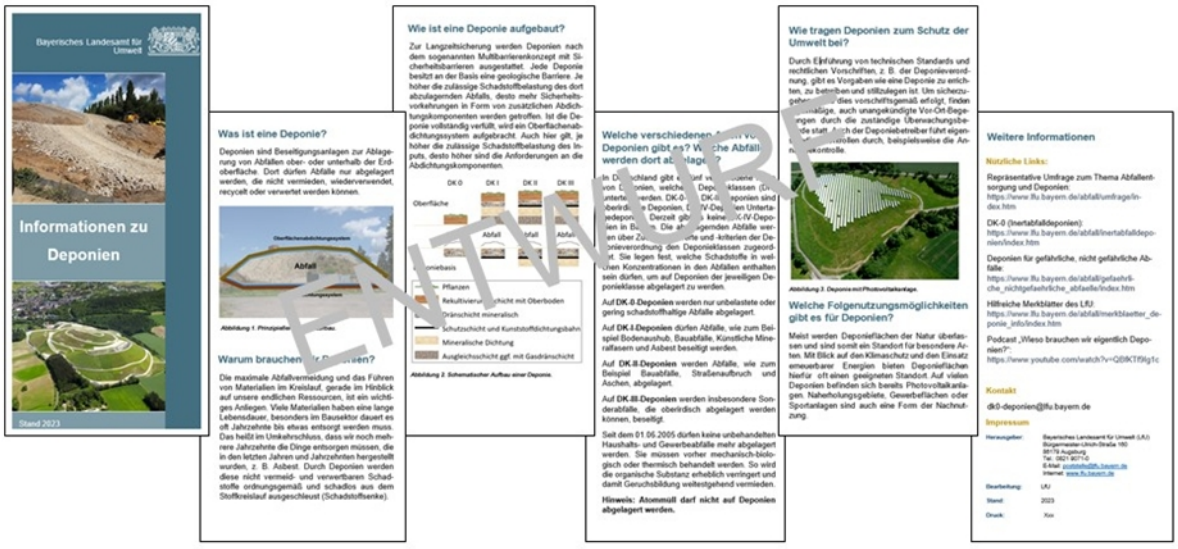
- Erstellung eines Info-Blattes für KVB




20 © LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Öffentlichkeitsarbeit

- Erstellung eines Flyers für Bürgerinnen und Bürger






© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Künftige Ziele des DK-0-Projekts

- **Öffentlichkeitsarbeit** zur gezielten Bürgerinformation
  Erstellung von: Info-Blatt und Flyern

- **Entwicklung von Arbeitshilfen** für **Deponiebetreiber**
  (Das Pilotprojekt, *Am Weinberg Süd)*
  Einblicke in Aufgaben und mögliche Problemstellungen von Betreibern

- **Fortbildungsangebote** für KVBs
  Durchführung der Fortbildung in allen Regierungsbezirken

| | |
|---|---|
| Okt | 2023 (Regierung von **Oberpfalz)** |
| Nov | 2023 (Regierung von **Oberfranken)** |
| Jan | 2024 (Regierung von **Mittelfranken)** |
| März | 2024 (Regierung von **Unterfranken)** |

- **Musterauflagen** für DK-0-Deponien



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Internetauftritt: Umfrage zum Thema Abfallentsorgung und Deponien

1. Abfall

https://www.lfu.bayern.de/abfall/index.htm




Startseite >> Abfall

**Abfall – vermeiden, verwerten, beseitigen**




2. Umfrage



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Internetauftritt: Deponierung

**Deponierung**



**Deponierung**

Seit 1. Juni 2005 darf kein unbehandelter Hausmüll mehr abgelagert werden. Für viele Abfälle bleibt jedoch die langfristige Ablagerung auf Deponien zur Zeit der einzige Entsorgungsweg.

DK-0-Deponien →

Merkblätter des LfU →

- Unterthemen anzeigen
- DK 0 (Inertabfalldeponien)
- Deponien für gefährliche, nicht gefährliche Abfälle
- FAQ: Deponien
- Merkblätter und Hinweise für den Vollzug
- Dokumentation, Register- und Berichtspflichten
- Anerkannte Fortbildungslehrgänge für Leitungspersonen
- In Betrieb befindliche Deponien entsorgungspflichtiger Gebietskörperschaften in Bayern - PDF
- Forschungsvorhaben
- Förderprogramm NKI



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## Internetauftritt: Merkblätter des LfUs

Startseite >> Abfall >> Merkblätter und Deponie-Info

### Merkblätter und Hinweise für den Vollzug bei Deponien

https://www.lfu.bayern.de/abfall/merkblaetter_deponie_info/index.htm

Merkblätter und Deponie-Info

Übersicht Abfall

**Hinweise für den Vollzug**

| Dokumente | Stand |
|---|---|
| Handlungsempfehlung bei Öl-Schadensfälle - PDF | 01/2021 |
| Grundlegende Charakterisierung zur Annahme von Abfällen auf Deponien - PDF | 01/2021 |
| Richtwerte für Deponien der DK I und II nach der DepV - PDF | 12/2020 |

**Anforderungen an Abdichtungssysteme nach Anhang 1 DepV**

- LAGA Ad-hoc-AG: Deponietechnik
- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM): Abfallrecht

**Deponie Info**

| Dokumente | Stand |
|---|---|
| LfU-Deponie-Info 1: LANUV-Arbeitsblatt 6: Mineralische Deponieabdichtungen | 07/2009 |
| LfU-Deponie-Info 2: Photovoltaikanlagen auf Deponien | 10/2020 |
| LfU-Deponie-Info 3: Hinweise zur erforderlichen Probenanzahl nach PN 98 bei Haufwerken - PDF | 02/2021 |
| Anlage: Auswerteroutine - XLSX | 12/2020 |
| LfU-Deponie-Info 4: Muster für die Erstellung von einheitlichen Jahresberichten für die Anlagenüberwachung von Deponien (Deponie-Jahresbericht) - DOCX | 03/2022 |
| LfU-Deponie-Info 5: FID-Messungen auf Deponien - Konkretisierung der VDI 3860 Bl.3 | 11/2020 |
| LfU-Deponie-Info 6: Muster für die Erstellung von einheitlichen Jahresberichten für die Anlagenüberwachung von Deponien in der Nachsorge (Deponie-Jahresbericht Nachsorge) - DOCX | 03/2018 |
| LfU-Deponie-Info 7: Hinweise zum Vollzug der DepV - PDF | 01/2021 |
| LfU-Deponie-Info 8: Ablagerung von KMF-Abfällen | 12/2020 |
| LfU-Deponie-Info 9: Zwischenlager brennbarer Siedlungsabfälle auf Deponien | 11/2016 |
| LfU-Deponie-Info 10: Deponien der Klasse 0 - Inertabfalldeponien | 04/2018 |
| LfU-Deponie-Info 11: Deponie-Standortsuche | 02/2021 |
| Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard (BQS): 7-4a \"Technische Funktionsschichten - Photovoltaik auf Deponien\" vom 01.12.2022 - PDF | 07/2015 |

LfU-Deponie-Info 10 – DK-0 Inertabfalldeponien



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Internetauftritt: DK-0-Deponien

https://www.lfu.bayern.de/abfall/inertabfalldeponien/index.htm




**DK-0 (Inertabfalldeponien)**

- Beantragung von DK-0-Deponien
- Standorteignung / Standortkriterien
- Abfallarten
- Umweltgerechter Umgang mit Boden
- Arbeitshilfen
- Ansprechpersonen

Übersicht Abfall

**…lldeponien)**

**Was ist eine DK-0-Deponie?**

Umgangssprachlich wird eine Inertabfalldeponie oder DK-0-Deponie häufig als „Bauschuttdeponie" oder „Erdaushubdeponie" bezeichnet.

DK-0-Deponien, sogenannte Inertabfalldeponien, stellen die niedrigste Deponieklasse dar. Auf ihr werden nur unbelastete bzw. gering schadstoffhaltige Abfälle abgelagert. Dabei handelt es sich zum Beispiel um Bodenaushub, der bei vielen Baumaßnahmen anfällt (ob im Privatbereich oder bei größeren Baumaßnahmen) oder um Bauabfälle. Deponien stellen somit auch eine wichtige Entsorgungsmöglichkeit für die Bürger vor Ort (Abfälle im Rahmen von Kleinbaumaßnahmen) sowie für die lokale Bauwirtschaft dar.

Deponien sind ein wichtiger Baustein für die Entsorgungssicherheit vor Ort!

**Technische Details zu DK-0-Deponien**

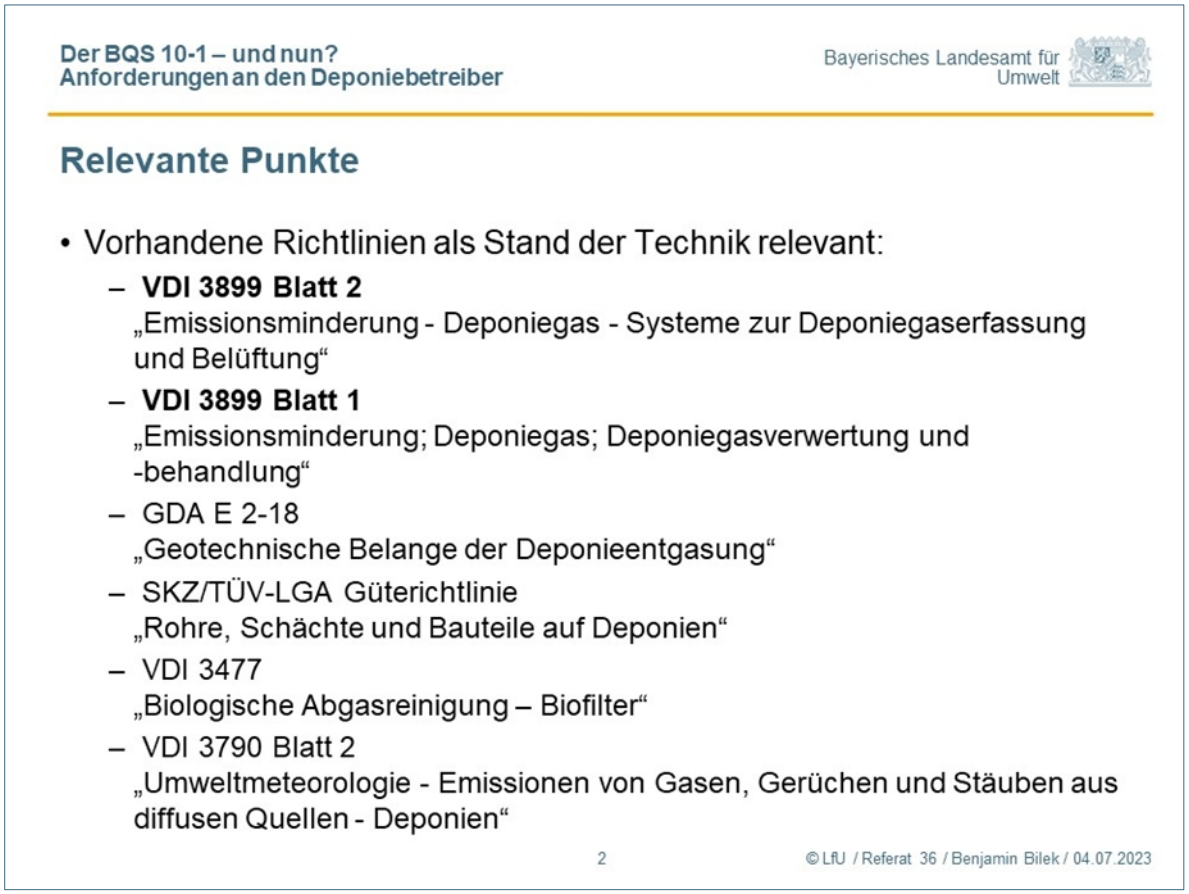
Für die Entsorgung auf DK-0-Deponien kommen nur gering schadstoffhaltige sogenannte Inertabfälle in Frage. Darunter fallen vor allem Bodenaushub und mineralische, vorsortierte und separierte Bau- und Abbruchabfälle mit nur geringfügig anhaftenden nichtmineralischen Fremdbestandteilen. Gemeinhin bezeichnet man Inertabfälle als Bodenaushub, Erdaushub, Bauschutt oder mineralischen Bauabfall. Die Zuordnungswerte und -kriterien, die festlegen welche Schadstoffe in welchen Gehalten in den Abfällen enthalten sein dürfen, sind in der Deponieverordnung definiert. Biologisch abbaubare Abfälle, die zu einer Deponiegasbildung führen können, sind keinesfalls zulässig, ebenso Abfälle, die zu erheblichen Geruchsbelästigungen für die Beschäftigten und die Nachbarschaft führen.



© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

# Der BQS 10-1 – und nun? Anforderung an den Deponiebetreiber

**Benjamin Bilek, LfU**



Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Zentrale Aussagen

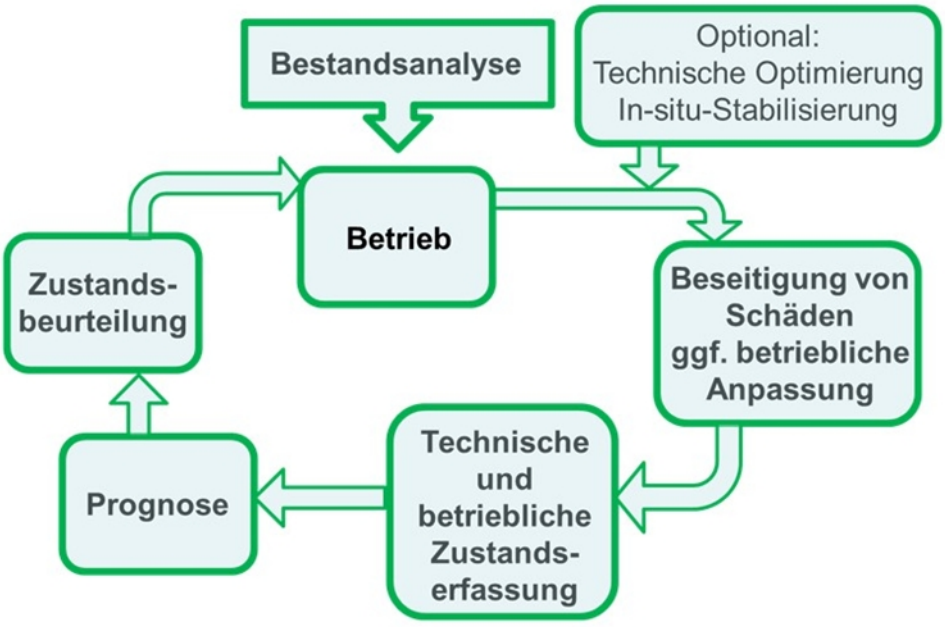
- Spätestens zum **01.03.2026** sind die Maßstäbe des BQS 10-1 Stand der Technik bei behördlichen Überprüfungen
- Die Förderung nach **NKI** ist weiterhin vorhanden und möglich – **Noch!**
- Kontinuierliche Entgasung & Anlagentechnik darf diese nicht einschränken
- Vorrang der Belange der Emissionsminderung bei energetischer Verwertung
- Umstellung auf passive Entgasung (Zustimmung der zuständigen Behörde), wenn flächige Methanoxidation mit Grenzwert 0,5 l / (m² · h)
- QMP Deponiegas – **Dokumente & Dokumentation**
- Zyklische Überprüfung alle vier Jahre

3 © LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Zyklische Überprüfung




4 © LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Anforderungen konkret

### 1. Ermittlung des Deponiegaspotentials

**Deponiegasprognose als Dokument**

- Rechnerisch nach VDI 3790 Blatt 2 Nr. 7.3.3.2, angepasst nach BQS 10-1
- In-situ-Stabilisierung, Abbau Kohlenstoff kann berücksichtigt werden
- Abfallproben, Absaugversuche und vorhandene Betriebsergebnisse können Deponiegaspotential evaluieren
- *Evtl. durch eine Machbarkeitsstudie nach NKI vorhanden?*

Für die Deponiegasprognose wird vermutlich ein externes Ingenieurbüro benötigt

→ Ausschreibung → Auswahl → Terminfindung → Durchführung →
→ Auswertung & Dokumentation

5 © LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Anforderungen konkreter

### 2. Bestandsanalyse

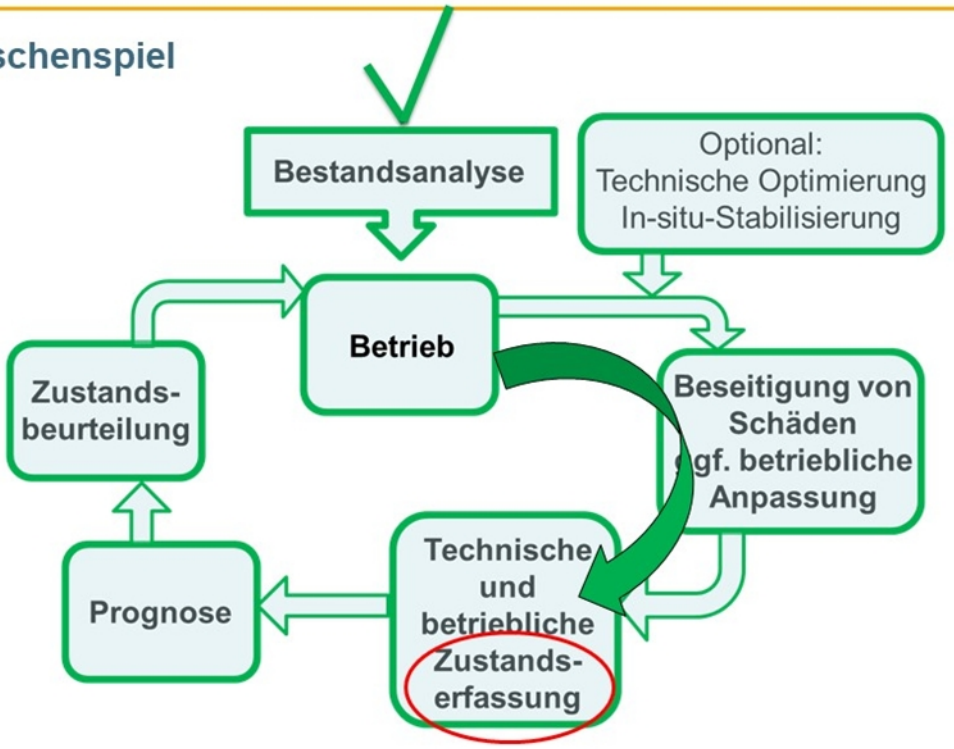
**Bestandsanalyse als Dokument**

- Nach VDI 3899 Blatt 2 Nrn. 10.1.1 und 10.1.2
  - Bestandsaufnahme:
    Gesamtanlage, Gasbrunnen, Gasregelstation, Rohrleitungen, Kondensatschächte, Gasverdichterstation inkl. Behandlungs- oder Verwertungsanlage
  - Zustandsbeurteilung:
    Sicht- und Funktionsprüfung, Druckprüfung, Gasmessungen, Kamerabefahrung, Plausibilitätsprüfung, Durchfluss- und Druckmessungen, Lichtlotmessungen, Auswertungen von Berichten (Wartung, Instandsetzung, Inspektion)

Durchführung durch den Betreiber oder extern möglich, Dienstleister werden benötigt → Auswertung, Beurteilung & Dokumentation

6 © LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Zwischenspiel






© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Anforderungen konkreter²

### 3. Zustandserfassung

**Zustandserfassung als Dokument - wiederkehrend**

- Der technischen Einrichtungen (VDI 3899 Blatt 2 Nrn. 10.1.1)
- Abdichtungen und Abdeckungen
  - Begehungen (umfassende Sichtkontrolle)
  - Unterstützend Leckagemessgeräte oder Wirksamkeitskontrollen
- Messungen
  - Oberflächennahe Messungen (FID-Begehungen)

Durchführung durch den Betreiber oder extern möglich
→ Auswertung, Beurteilung & Dokumentation

**Teil der Bestandsanalyse**
**aber wiederkehrend!**



© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Anforderungen konkreter[3]

### 4. Sicherheitstechnisches Konzept

**Sicherheitstechnisches Konzept als Dokument – (wiederkehrend)**

- Explosionsschutzdokument (Zonenplan, Feuerwehrübersichtsplan)
- Instandhaltungsplan (Maßnahmen zur Überwachung, Wartung, Instandsetzung, anlagenspezifischer Schwachstellenbeseitigung, Eigenüberwachung)
- Prüfplan (Prüfungen der Anlage bei Inbetriebnahme und wiederkehrend), teilweise im Anhang 1 des BQS 10-1

Erstellen teilweise durch den Betreiber möglich und teilweise extern nötig
→ Zusammenstellung & Dokumentation

**Kein Teil der Bestandsanalyse!**



© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Anforderungen konkreter[3]



**Anhang 1: Prüfplan für die Anforderungen nach BetrSichV**

Im Rahmen der Anforderungen zur Prüfung einer Deponieentgasungslage als überwachungsbedürftige Anlage im Sinne der BetrSichV ist ein Prüfplan mit Übersicht über die Erst- und Wiederholungsprüfungen zu erstellen. Die Prüfung kann durch eine befähigte Person im Sinne der BetrSichV oder durch einen Sachverständigen nach BImSchG erfolgen.

Tabelle: Prüfplan für Deponieentgasungsanlage als überwachungsbedürftige Anlage

| Erforderliche wiederkehrende Prüfungen nach § 16 BetrSichV | | | Jahresangabe | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Prüfumfang gemäß | Prüfung durch | Prüfintervall (Häufigkeit) | Jahr der Inbetriebnahme (JIB) | JIB +1 | JIB +2 | JIB +3 | JIB +4 | JIB +5 | JIB +6 |
| Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.3 BetrSichV | Befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.1 BetrSichV („Sachkundiger“) | jährlich | *Abnahmeprüfung vor der Inbetriebnahme gemäß § 15 BetrSichV erforderlich durch: Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) nach Anhang 2 Abschnitt 1 BetrSichV oder befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.1 bis 3.3 BetrSichV („Sachverständiger“)* | X | X | X | X | X | X |
| Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.2 BetrSichV | Befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.1 BetrSichV („Sachkundiger“) | alle 3 Jahre | | | | X[1)] | | | X[1)] |
| Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.1 BetrSichV | Befähigte Person nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 3.3 („Sachverständiger“) | alle 6 Jahre | | | | | | | X |

1) Prüfung kann entfallen bei Vorliegen der Voraussetzung nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.4 BetrSichV

Im Rahmen der gemäß § 17 BetrSichV erforderlichen Prüfaufzeichnungen umfassen die Erst- und Wiederholungsprüfungen an Deponieentgasungsanlagen somit folgende Mindestanforderungen:



Alle 6 Jahre (Prüfungen nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.1 BetrSichV):

- Ordnungsprüfung
- Festlegung des Prüfumfanges der technischen Prüfung
- Technische Prüfung vor Ort inkl. Detailprüfungen zum Explosionsschutz
- Bewertung der Explosionssicherheit und Erstellung der Prüfbescheinigung

Alle 3 Jahre (Prüfungen nach Anhang 2 Abschnitt 3 Ziffer 5.2 BetrSichV):

- Technische Prüfung gemäß TRBS 1201
- Ordnungsprüfung gemäß TRBS 1201

Jährlich (Prüfung nach Anhang 2 Abschnitt 3 Nummer 5.3 BetrSichV):

- Technische Prüfung gemäß TRBS 1201

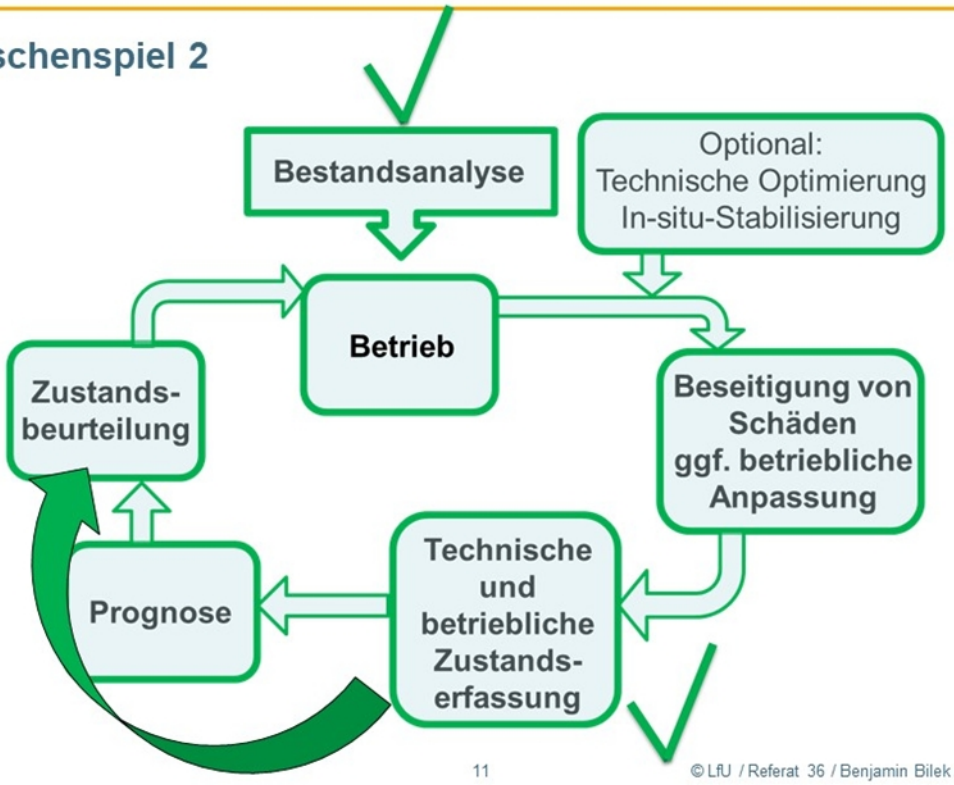
Notwendige, durch den Deponiebetreiber vorzulegende Unterlagen zur Durchführung einer Erst- oder Wiederholungsprüfung sind u. a.:

- Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema (R&I-Schema)
- Schaltpläne
- Explosionsschutzdokument
- Anlagendokumentationen
- Alarmplan
- Übersichtsplan
- Dokumentation der Medien-Kennzeichnung / Beschriftung
- Servicenachweise

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Zwischenspiel 2




11 © LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

## Anforderungen konkreter[4]

### 5. Dokumentation der Gasentwicklung

**Gasentwicklung als Dokumentation - wiederkehrend**

- Quantität und Qualität des gefassten Gases
- Teil des Deponiejahresberichts
- Möglichst getrennt auf Gaskollektoren, Gassammelstationen und die Gesamtanlage
- Ermittlung erfasste Methanmasse, Grundlage zur Bestimmung des Gaserfassungsgrads

Dokumentation durch den Betreiber (oder extern)
→ Zusammenstellung, Auswertung & Dokumentation

**Teil der Bestandsanalyse**
**aber kontinuierlich!**

12 © LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Anforderungen konkreter[5]

### 6. Abschätzung Leistungsfähigkeit Entgasungssystem

**Abschätzung der Leistungsfähigkeit als Dokumentation - wiederkehrend**

- Vergleich Ist-Betriebsdaten mit Sollvorgaben der vorhandenen Betriebsdaten
- Vereinfacht: Was sollte abgesaugt werden, was wird tatsächlich abgesaugt, bezogen auf Anlagentechnik

Durchführung durch den Betreiber oder extern möglich
→ Auswertung, Beurteilung & Dokumentation

**Teil der Bestandsanalyse**
**aber wiederkehrend!**



© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023



## Anforderungen konkreter[6]

### 7. Gesamtbewertung mit Soll-Ist-Abgleich

**Gesamtbewertung als Dokumentation - wiederkehrend**

- Prognostiziertes Deponiegaspotential ⇔ aktuell erfasstes Gas (Qualität und Quantität) = Gaserfassungsgrad
- Ermittlung des Handlungsbedarfs zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Deponieentgasung nach dem Stand der Technik
- Belüftungsprojekte sind bei der Ermittlung des Gaserfassungsgrads zu berücksichtigen
- Ableitung technischer oder betrieblicher Maßnahmen zur Steigerung des Erfassungsgrads

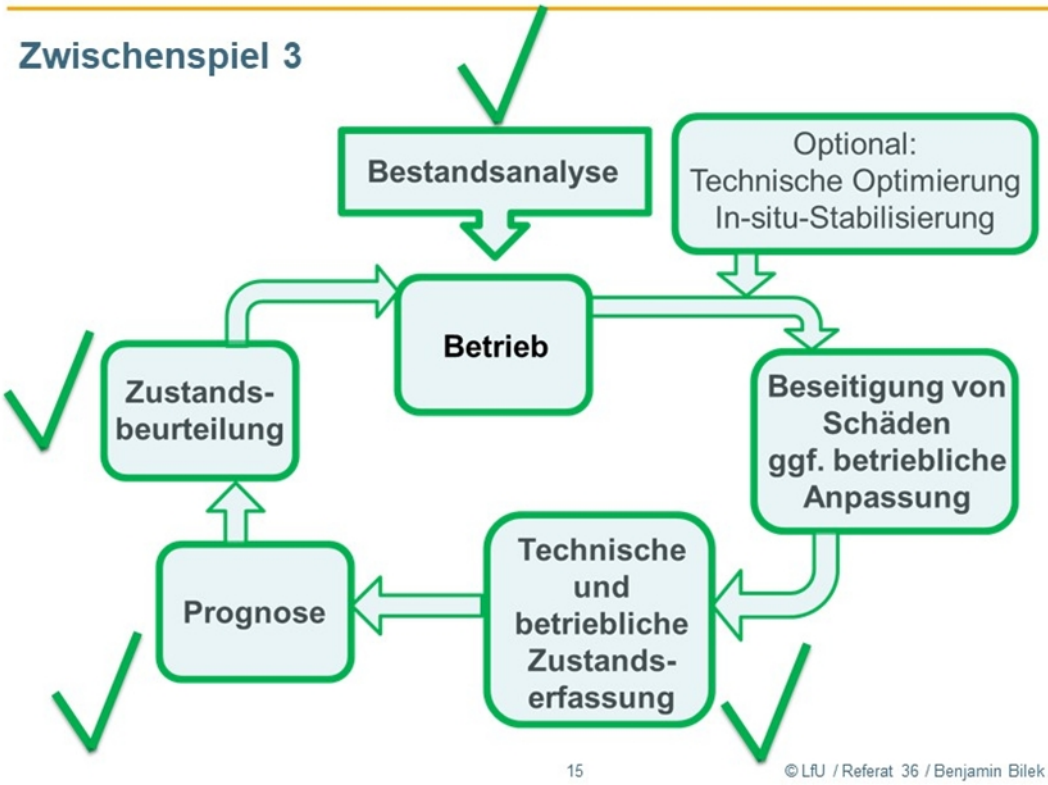
Durchführung durch den Betreiber oder extern möglich
→ Auswertung, Beurteilung & Dokumentation

**Teil der Bestandsanalyse**
**aber wiederkehrend!**



© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Zwischenspiel 3






© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber

Bayerisches Landesamt für Umwelt

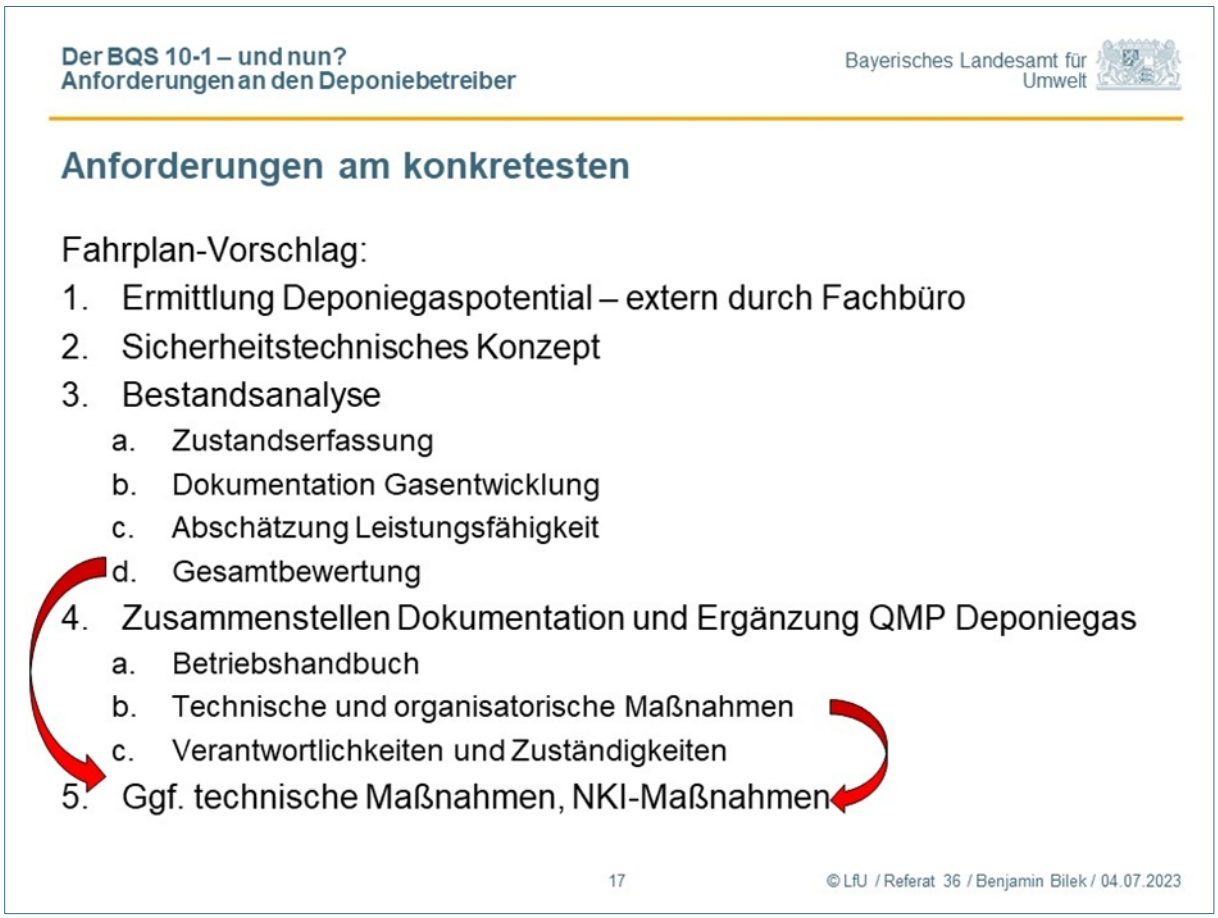
## QMP Deponiegas

Was enthält der QMP Deponiegas?

- *Dokumentation der Bestandsanalyse*
  - *Dokumentation Zustandserfassung und Überprüfung Funktionstüchtigkeit*
  - *Dokumentation Gasentwicklung*
  - *Deponiegaspotential*
  - *Abschätzung Leistungsfähigkeit Entgasungssystem*
  - *Gesamtbewertung mit Soll-Ist-Abgleich*
- Betriebshandbuch Deponiegas
- *Explosionsschutzdokument (eigentlich sicherheitstechnisches Konzept)*
- Technische und organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen
- Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten bei der Überwachung
- *Dokumentation der Prüfungen gemäß Prüfplan*
- *Abgleich mit Zielwerten und Zustandsbewertung im Rahmen der zyklischen Überprüfung*

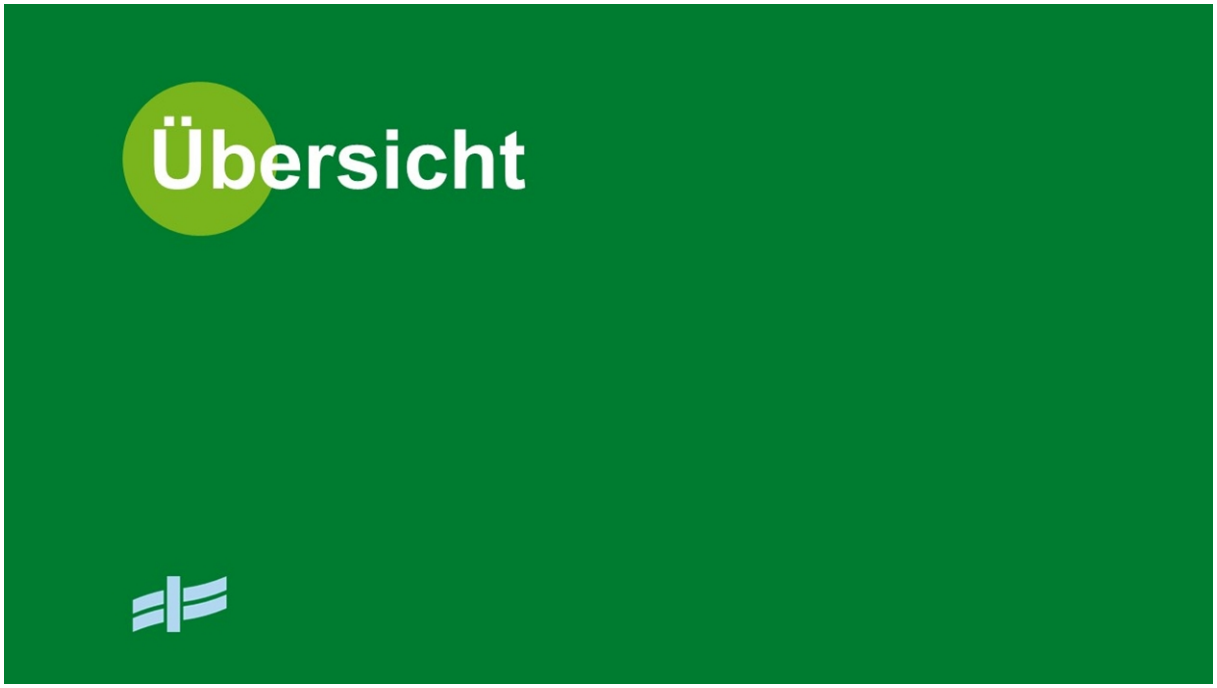


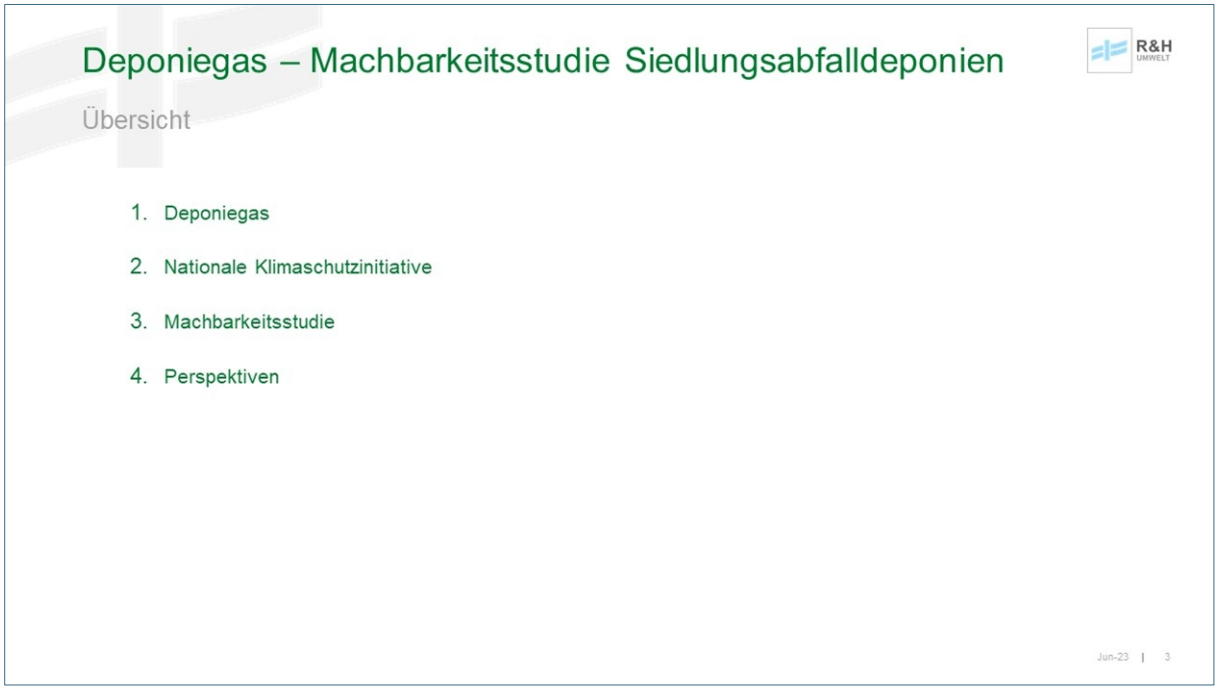
© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023


Der BQS 10-1 – und nun?
Anforderungen an den Deponiebetreiber
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Anforderungen am konkretesten
Fahrplan-Vorschlag:
1. Ermittlung Deponiegaspotential – extern durch Fachbüro
2. Sicherheitstechnisches Konzept
3. Bestandsanalyse
a. Zustandserfassung
b. Dokumentation Gasentwicklung
c. Abschätzung Leistungsfähigkeit
d. Gesamtbewertung
4. Zusammenstellen Dokumentation und Ergänzung QMP Deponiegas
a. Betriebshandbuch
b. Technische und organisatorische Maßnahmen
c. Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten
5. Ggf. technische Maßnahmen, NKI-Maßnahmen
17
© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

# Deponiegas – eine unendliche Geschichte? - Perspektiven einer Machbarkeitsstudie

**Manfred Eberle, R & H Umwelt GmbH**




Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien
R&H UMWELT
Übersicht
1. Deponiegas
2. Nationale Klimaschutzinitiative
3. Machbarkeitsstudie
4. Perspektiven
Jun-23 | 3


01.
Deponiegas – eine unendliche Geschichte?

# Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

## Deponiegas - Begriff

### Deponiegas

*= aus der Ablagerung von organischen Abfällen im Deponiekörper durch mikrobielle Abbauprozesse (Reaktionen) entstehende gasförmige Stoffwechselprodukte eischließlich der aus dem abgelagerten Abfall in die Gasphase übergegangenen Stoffe* (BQS 10-1)

= **CH4 + CO2 + Spurenstoffe** (100 %)

= Deponiegas i.e.S.

mit nachlassender Deponiegasbildung (Alter)

= **CH4 + CO2 + Spurenstoffe** (<< 100 %) **+ N2 + O2**

= zunehmend „verdünntes“ Deponiegas

Jun-23 | 5

# Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

## Deponiegas – Entwicklungsphasen

**Entwicklungsphasen nach VDI 3790 Bl. 2**

**I – III:** einsetzende Gasentwicklung

**IV – V**: Methan- und Langzeitphase

- allein CH4 + CO2 („reines“ Deponiegas)
- Rückläufige Deponiegasbildung

**VI:** Lufteindringphase

- CH4 + CO2 + N2 (Deponiegas „verdünnt“)
- Kein O2

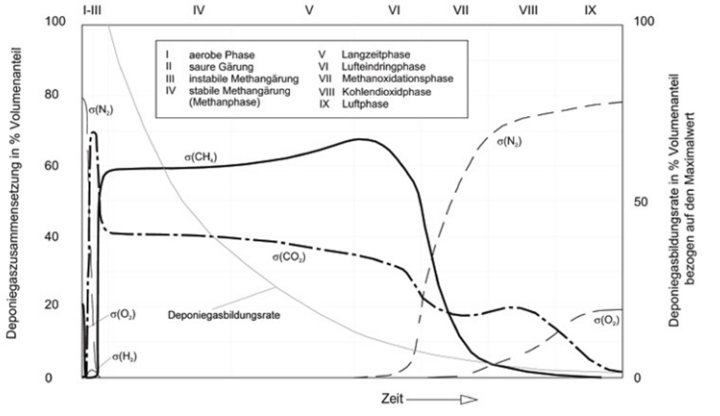
**VII:** Methanoxidationsphase

- CH4-Abbau
- CH4+CO2+N2(+O2)

**VIII:** Kohlenstoffdioxidphase

- Aerobe Abbauprozesse
- Verbliebene schwer abbaubare Organik
- Langanhaltender Verlauf

**IX:** Luftphase




(Q.: VDI 3790, Bl. 2, 2017)

Jun-23 | 6

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas – historische Übersicht

| Epoche | Regelungen | Merkmal | Deponiegas-Emissionen |
|---|---|---|---|
| 50er/60er Jahre | Müllentsorgung Gemeindeaufgabe | Gemeindeeigene Hausmülldeponien | |
| 1972 | Erstes Abfallgesetz | Kreismülldeponien | |
| 1991/1993 | TA Abfall /TA Siedlungsabfall | Technischer Standard, Deponiegasfassung | ~ 1,4 Mio. to CH4/a (NIR 1990) |
| 2001 | DepV/AbAblV/DepVerwV | | |
| 2005 (01.06.05) | | Ende „Hausmüll"-Ablagerung | |
| 2009 | DepV | | |
| Aktuell | | | ~ 0,3 Mio. to CH4/a (NIR 2019) |

- 28 Mio. to CO2-Äquivalente

?

Jun-23 | 7

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas – Bildung und Erfassungsgrad

Deponiegasbildung (NIR 2019)

| | | | |
|---|---|---|---|
| - | Deponiegasbildung gesamt: | 410.000 to CH4/a | 100 % |
| - | Davon nicht gefasst: | 290.000 to CH4/a | 71 %*) |
| - | Gefasst | 120.000 to CH4/a | 29 % |

*) aktuelle Zahlen niedriger

Treibhauswirksamkeit:
- CH4 ~ 28-fach ggb. CO2

**Tabelle 10: Treibhausgaspotenzial der wichtigsten Treibhausgase**

| Treibhausgas | $CO_2$-Äquivalente (GWP100) in kg $CO_2$-Äq/kg |
|---|---|
| Kohlendioxid ($CO_2$), fossile | 1 |
| Methan ($CH_4$), fossil | 30 |
| Methan ($CH_4$), regenerativ | 28 |
| Distickstoffmonoxid ($N_2O$) | 265 |

Quelle: (IPCC 2013), Appendix 8.A

Q.: UBA (2023): Klimaschutzpotenziale in der Kreislaufwirtschaft UBA Texte 85/2023

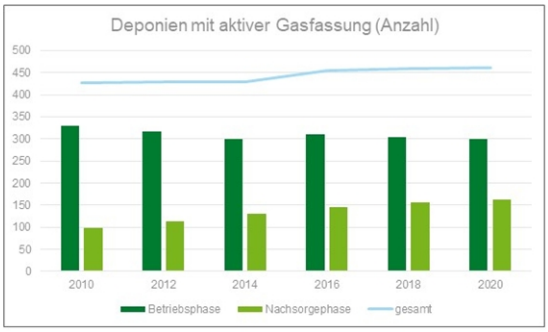
Jun-23 | 8

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas - Deponien mit aktiver Gaserfassung

Deponien mit aktiver Gaserfassung (bundesweit) 2010 - 2020

- 450 Deponie mit aktiver Gaserfassung
- Anzahl in Betriebsphase leicht rückläufig von 330 > 299
- Anzahl in Nachsorgephase steigend von 98 > 163




Q.: Datengrundlage Destatis (2022) - nach Heyer et. al; in Deponietechnik 2023; Graphiken eigene Erstellung

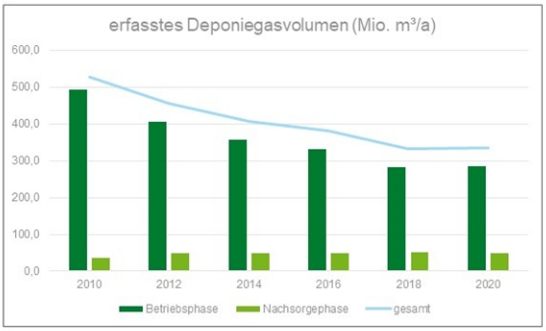
Jun-23 | 9

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas - erfasstes Deponiegasvolumen

Erfasstes Deponiegasvolumen 2010 - 2020

- rückläufig von 530 Mio m³/a > 330 Mio m³/a (gesamt)
- Maßgeblich Deponien in Ablagerungs- und Stilllegungsphase (Betriebsphase) von 490 Mio m³/a > 290 Mio. m³/a
- Deponien in Nachsorgephase ~ nahezu stabil um 40 – 50 Mio m³/a




Q.: Datengrundlage Destatis (2022) - nach Heyer et. al; in Deponietechnik 2023; Graphiken eigene Erstellung

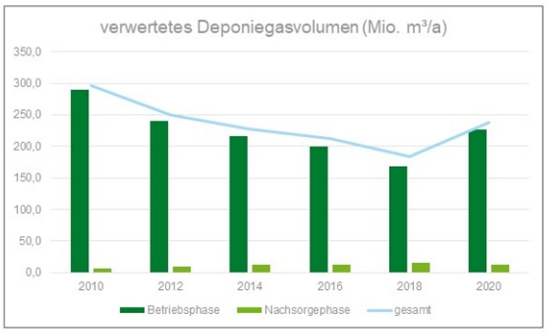
Jun-23 | 10

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas - Verwertetes Deponiegasvolumen

Verwertetes Deponiegasvolumen 2010 - 2020

- rückläufig (außer 2020) von 300 Mio m³/a > 180 (240) Mio m³/a (gesamt)
- Maßgeblich Deponien in Ablagerungs- und Stilllegungsphase (Betriebsphase) mit 95 %
- Anteil Deponien in Nachsorgephase stark untergeordnet mit ca. 5 %




Q.: Datengrundlage Destatis (2022) - nach Heyer et. al; in Deponietechnik 2023; Graphiken eigene Erstellung

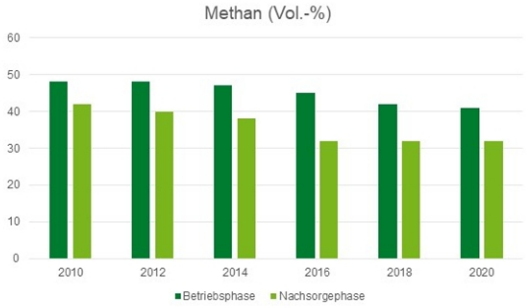
Jun-23 | 11

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas - Methan-Gehalt im Deponiegas

**Methan-Gehalte 2010 – 2020**

- Rückläufig
- Betriebsphase von 48 Vol.-% > 41 Vol.-%
- Nachsorgephase von 42 Vol.-% > 32 Vol.-%




Q.: Datengrundlage Destatis (2022) - nach Heyer et. al; in Deponietechnik 2023; Graphiken eigene Erstellung

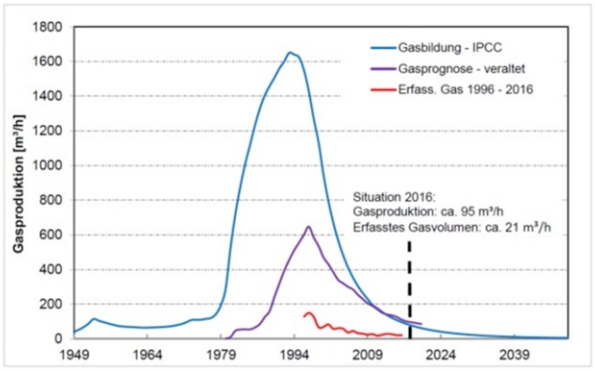
Jun-23 | 12

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas –Gasbildung und -Erfassung

Deponiegasprognose und –erfassung (m³/h)

- IPCC-Modell (Standard NKI)
- Früheres Modell
- Tatsächlich erfasstes Deponiegasvolumen
- Prognostiziere Restemissionen über > 30 a




Jun-23 | 13

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Deponiegas - Abschluss der Nachsorgephase

**10. Kriterien für die Feststellung des Abschlusses der Nachsorgephase (DepV Anhang 5, Nr. 10)**

In Abhängigkeit der jeweiligen Deponieklasse sind insbesondere die nachfolgenden Kriterien für die Feststellung des Abschlusses der Nachsorgephase zu Grunde zu legen:
1. Umsetzungs- oder Reaktionsvorgänge sowie biologische Abbauprozesse sind weitgehend abgeklungen.
2. Eine Gasbildung findet nicht statt oder ist so weit 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.
3. Setzungen sind so weit abgeklungen, dass setzungsbedingte Beschädigungen des Oberflächenabdichtungssystems für die Zukunft ausgeschlossen werden können. Hierzu ist die Setzungsentwicklung der letzten zehn Jahre zu bewerten.
4. Das Oberflächenabdichtungssystem ist in einem funktionstüchtigen und stabilen Zustand, der durch die derzeitige und geplante Nutzung nicht beeinträchtigt werden kann; es ist sicherzustellen, dass dies auch bei Nutzungsänderungen gewährleistet ist.
5. Die Deponie ist insgesamt dauerhaft standsicher.
6. Die Unterhaltung baulicher und technischer Einrichtungen ist nicht mehr erforderlich; ein Rückbau ist gegebenenfalls erfolgt.
7. Das in ein oberirdisches Gewässer eingeleitete Sickerwasser hält ohne Behandlung die Konzentrationswerte des Anhangs 51 Abschnitt C Absatz 1 und Abschnitt D Absatz 1 der Abwasserverordnung ein.
8. Das Sickerwasser, das in den Untergrund versickert, verursacht keine Überschreitung der Auslöseschwellen in den nach § 12 Absatz 1 festgelegten Grundwasser-Messstellen, und eine Überschreitung ist auch für die Zukunft nicht zu besorgen.
9. Wurden auf der Deponie asbesthaltige Abfälle oder Abfälle, die andere gefährliche Mineralfasern enthalten, abgelagert, müssen geeignete Maßnahmen getroffen worden sein, um zu vermeiden, dass Menschen in Kontakt mit diesem Abfall geraten können.

Jun-23 | 14

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Deponiegas - Abschluss der Nachsorgephase

Kriterien Entlassung aus Nachsorge

1. Umsetzungsprozesse > weitgehend abgeklungen
2. Gasbildung > keine aktive Entgasung mehr erforderlich
3. Setzungen > keine Gefährdungen OFAD
4. Oberflächenadichtungssystem > funktionsfähig und stabil
5. Standsicherheit > dauerhaft gewährleistet
6. Unterhalt technischer Einrichtungen > nicht mehr erforderlich

Deponiegas

7. Sickerwasser-Direkteinleitung > möglich (AbwV Anh. 51)
8. Grundwasser-Auslöseschwellen > eingehalten

Deponiegas

9. Asbest > Ausschluss Kontakt

Jun-23 | 15

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Deponiegas – Grenzen der Machbarkeit

**Die Absaugung läuft gut – doch wie viel vom gesamten Aufkommen wird erfasst?**

**Die Absaugung läuft (gerade so) – wie kann die Anlage am Laufen gehalten werden?**

**Deponiegas-Brunnen und Leitungen sind da – wie gut sind sie noch in Funktion?**

**Deponiegas, mit Methan, Kohlenstoffdioxid und Spurenstoffen ein unangenehmes Gemisch – das ungeliebte Stiefkind im Deponiebetrieb!**

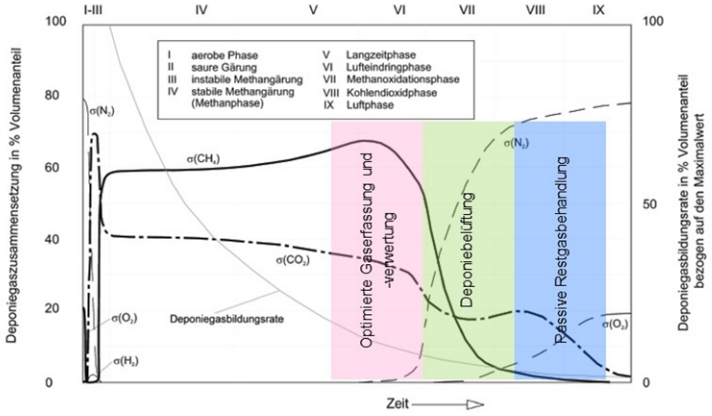
**Eine Beschleunigung des Rückgangs der Deponiegasbildung wäre schön - doch wie lässt sich das wirtschaftlich kurzfristig abbilden?**

Jun-23 | 16

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

Deponiegas – Perspektiven der langfristigen Behandlung




Quelle: Heyer et al (2023); Deponiegasentstehung auf Deponien in Deutschland in: Deponietechnik 2023; geringfügig angepasst

Jun-23 | 17

## 02.

## Nationale Klimaschutzinitiative NKI

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Nationale Klimaschutzinitiative – NKI - Übersicht

**Nationale Klimaschutzinitiative (NKI)**

- Programm der Bundesregierung
- Ziel: Deutschland weitgehend klimaneutral 2045
- „Kommunalrichtlinie" > Gemeinden, Städte, Landkreise (Träger Abfallwirtschaft)
- Klimaschutz auf kommunale Ebene fördern und verankern
- Seit 2008 (in 15 Jahren) ca. 11.500 Klimaschutzprojekte
- Seit 2013 u.a. stillgelegte Siedlungsabfalldeponien

Quelle: BMWK (2023): Die nationale Klimaschutzinitiative

Jun-23 | 19

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Nationale Klimaschutzinitiative – NKI – stillgelegte Siedlungsabfalldeponien

stillgelegte Siedlungsabfalldeponien

**Förderung vorbereitender Maßnahmen (50 %)**

- Potenzialstudien/**Machbarkeitsstudien** vorbereitend
- Aktuelle Laufzeit Kommunalrichtlinie: 01.01.2022 - 31.12.2027 (6 Jahre)

**Investitionsförderung (50 %)**

- Minimierung der Treibhausgas (THG)-Emissionen
- seit 2013 (10 a): in-situ-Stabilisierung (aerob)
- seit 2022 (neu): Optimierung Erfassung Deponiegas (anaerob)




Quelle: BMWK (2023): Die nationale Klimaschutzinitiative

Jun-23 | 20

richt

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

NKI - Kommunalrichtlinie (2022)


4.1.5 Aufbau und Betrieb kommunaler Netzwerke ... 10
a) Gewinnungsphase ... 11
b) Netzwerkphase ... 11
4.1.6 Erstellung von Machbarkeitsstudien ... 12
4.1.7 Einrichtung einer Klimaschutzkoordination ... 13

4.2.6 Maßnahmen zur Förderung klimafreundlicher Abfallwirtschaft ... 24
a) Aufbau von Strukturen zur Sammlung von Garten- und Grünabfällen aus dem privaten, kommunalen und gewerblichen Bereich ... 24
b) Errichtung von emissionsarmen, effizienten Bioabfallvergärungsanlagen ... 25
c) Optimierte Erfassung von Deponiegasen in Siedlungsabfalldeponien .. 25
d) Aerobe In-situ-Stabilisierung von Siedlungsabfalldeponien ... 26




Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld „Kommunalrichtlinie“ (KRL)

im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)

vom 22. November 2021
mit Änderung vom 18. Oktober 2022

Jun-23 | 21

Rechn

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

NKI - Kommunalrichtlinie (2022) – Technischer Annex


1.4 Einführung und Umsetzung von Energiesparmodellen (Nummer 4.1.4 KRL) ... 5
1.5 Aufbau und Betrieb kommunaler Netzwerke/Netzwerkphase (Nummer 4.1.5 b) KRL) ... 6
1.6 Erstellung von Machbarkeitsstudien (Nummer 4.1.6 KRL) ... 7
1.7 Einrichtung einer Klimaschutzkoordination (Nummer 4.1.7 KRL) ... 9




Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

Technischer Annex der Kommunalrichtlinie: inhaltliche und technische Mindestanforderungen

im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI)

vom 22. November 2021
mit Änderung vom 18. Oktober 2022

Jun-23 | 22

# 03.

# Machbarkeitsstudie

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Machbarkeitsstudie – Ziele allgemein

**Ziele**

- Anreiz für THG-Minderung bei (umfassenden) Investitionen
- Systematische Vorbereitung und Planung THG-Minderungsmaßnahmen

**Aufbau**

- Bestandsaufnahme
- Potenzialanalyse für THG-Minderung
- Variantenvergleich
- Vorzugsvariante
- Optional Entwurfs- und Genehmigungsplanung (gestaffelte Beantragung)

4.1.6 Erstellung von Machbarkeitsstudien

Gefördert wird die Erstellung von Machbarkeitsstudien durch fachkundige externe Dienstleister.

Ziel dieser Studien ist es, dass bei umfassenden Investitionen hohe Treibhausgas-minderungspotenziale angereizt bzw. dass bei anstehenden Sanierungen oder Modernisierungen Klimaschutzmaßnahmen systematisch und zielkonform vorbereitet und geplant werden. Bezugnehmend auf die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) beinhalten Machbarkeitsstudien neben einer Bestandsaufnahme eine Potenzialanalyse, in der technische und organisatorische Treibhausgasminderungs-potenziale analysiert werden. Darauf aufbauend beinhaltet die Studie die Ergebnisse einer Vorplanungsphase, in der verschiedene Umsetzungsvarianten bewertet und eine Vorzugsvariante abgeleitet wird. Für diese Vorzugsvariante wird eine Entwurfs- und Genehmigungsplanung gefördert.

Q.: KRL (2022)

Jun-23 | 24

# Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

## Machbarkeitsstudie – Anforderungen Siedlungsabfalldeponien

**Erfassungsgrad Deponiegas**

- Bestimmung erfasste Methangasmenge
- Berechnung gebildete Methangasmenge

→ Ermittlung Deponiegas-Erfassungsgrad

**Zeitliche Perspektiven**

- Abschätzung Nutzungszeitraum Deponiegas (anaerob)
- Abschätzung Zeitpunkt in-situ-Stabilisierung (aerob)

→ Planungsrahmen

b) Siedlungsabfalldeponien

- Die Studie enthält eine Berechnung des Erfassungsgrads des Deponiegases für die aktuelle Deponiesituation und für die geplante Optimierung der Deponiegas-erfassung. Der Erfassungsgrad wird aus dem Quotienten der mit dem Gas-erfassungssystem erfassten Methangasmenge und der im Deponiekörper gebildeten Methanmenge berechnet. Des Weiteren ist im Rahmen der Potenzial-studie abzuschätzen, über welche Zeiträume eine Nutzung des Deponiegases möglich ist und ab welchem Zeitpunkt die biologische Aktivität im Deponie-körper voraussichtlich so weit abgeklungen ist, dass eine aerobe in-situ-Stabilisierung der Deponie oder des Deponieabschnittes erfolgen kann.

Q.: KRL TA (2022)

Jun-23 | 25

# Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

## Machbarkeitsstudie – Arbeitsschritte und Inhalte Stufe I

| Arbeitsschritte | | Besondere Anforderungen und Ergebnisse bei Siedlungsabfalldeponien | |
|---|---|---|---|
| Stufe I | Grundlagen-ermittlung (HOAI 1) | **Bestandsaufnahme (1a)** | Variantenanalyse:<br>THG-Minderung<br>- technisch<br>- organisatorisch<br><br>⇨ Vorzugsvariante |
| | | **Potenzialanalyse (1b)**:<br>Berechnung des Erfassungsgrades von Deponiegas für<br>- aktuelle Situation<br>- optimierte Planung<br>Ermittlung Deponiegasbildung<br>- Deponiegasprognose<br>Zeitliche Abschätzung<br>- wie lange Deponiegasnutzung (CH4) möglich<br>- ab wann Aerobisierung sinnvoll (biolog. Aktivität weitgehend abgeklungen) | |
| | | Erste Variantenskizzen (1c) | |
| | Vorplanung (HOAI 2) | **Variantenvergleich (2d )** | |
| | | **Vorzugsvariante (2b)** | |

Jun-23 | 26

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

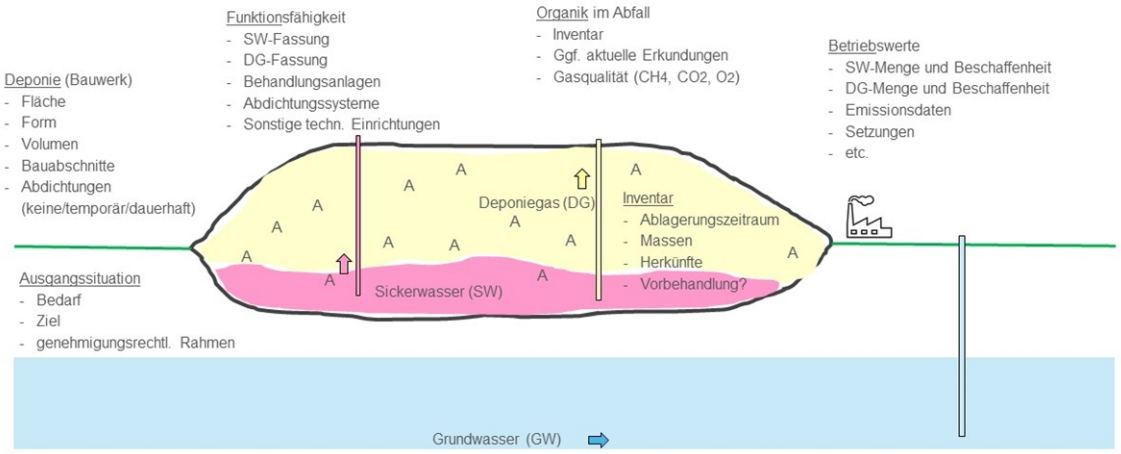
### Machbarkeitsstudie – Arbeitsschritte und Inhalte Stufe II (optional)

| Arbeitsschritte | | Besondere Anforderungen und Ergebnisse bei Siedlungsabfalldeponien | |
|---|---|---|---|
| Stufe II (optional) | Entwurfs-planung (HOAI 3) | Technische Planung (Vorzugsvariante) | Ggf. Planungsunterlagen und Genehmigung<br>⇨ Vorbereitung Investitionen |
| | | Kostenberechnung | |
| | Genehmigungs-planung (HOAI 4) | Genehmigungsantrag | |
| | | Behördliche Abstimmungen | |

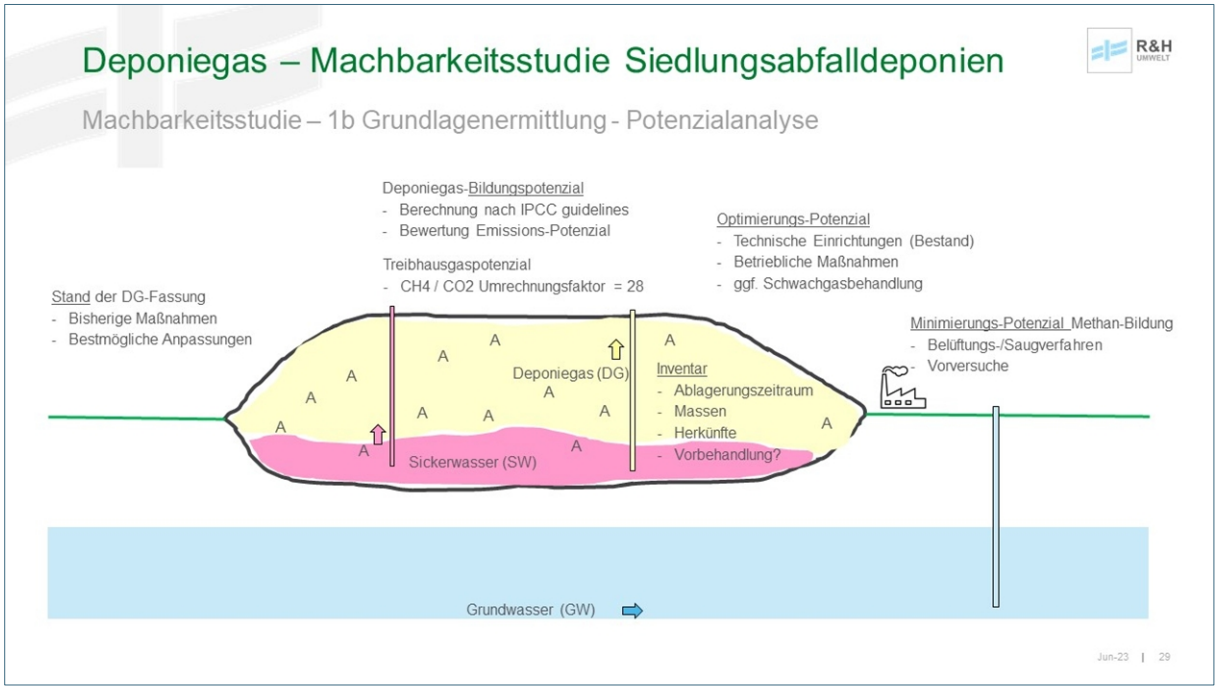
Jun-23 | 27

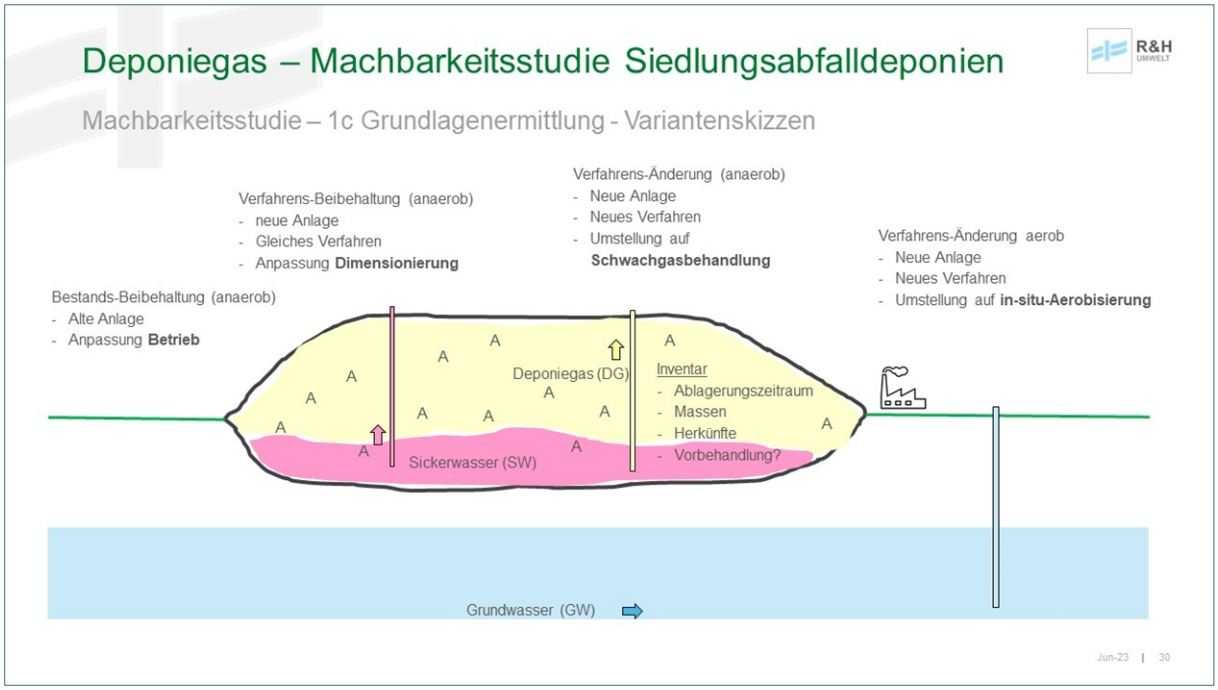
## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

### Machbarkeitsstudie – 1a Grundlagenermittlung - Bestandsaufnahme




Jun-23 | 28


Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien
R&H UMWELT
Machbarkeitsstudie – 1b Grundlagenermittlung - Potenzialanalyse
Deponiegas-Bildungspotenzial
- Berechnung nach IPCC guidelines
- Bewertung Emissions-Potenzial
Treibhausgaspotenzial
- CH4 / CO2 Umrechnungsfaktor = 28
Optimierungs-Potenzial
- Technische Einrichtungen (Bestand)
- Betriebliche Maßnahmen
- ggf. Schwachgasbehandlung
Stand der DG-Fassung
- Bisherige Maßnahmen
- Bestmögliche Anpassungen
Minimierungs-Potenzial Methan-Bildung
- Belüftungs-/Saugverfahren
- Vorversuche
Deponiegas (DG)
Inventar
- Ablagerungszeitraum
- Massen
- Herkünfte
- Vorbehandlung?
Sickerwasser (SW)
Grundwasser (GW)
Jun-23 | 29

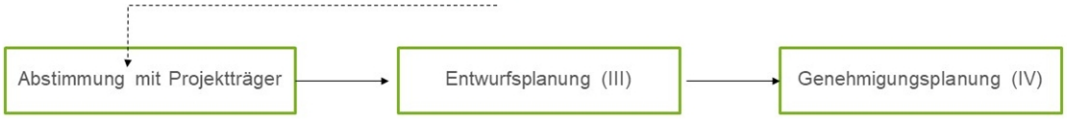

Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien
R&H UMWELT
Machbarkeitsstudie – 1c Grundlagenermittlung - Variantenskizzen
Verfahrens-Beibehaltung (anaerob)
- neue Anlage
- Gleiches Verfahren
- Anpassung Dimensionierung
Verfahrens-Änderung (anaerob)
- Neue Anlage
- Neues Verfahren
- Umstellung auf Schwachgasbehandlung
Verfahrens-Änderung aerob
- Neue Anlage
- Neues Verfahren
- Umstellung auf in-situ-Aerobisierung
Bestands-Beibehaltung (anaerob)
- Alte Anlage
- Anpassung Betrieb
Deponiegas (DG)
Inventar
- Ablagerungszeitraum
- Massen
- Herkünfte
- Vorbehandlung?
Sickerwasser (SW)
Grundwasser (GW)
Jun-23 | 30

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Machbarkeitsstudie – 2 a und b: Vorplanung – Variantenstudie - Vorzugsvariante

| Kriterium | Variante A | Variante B | Variante C |
|---|---|---|---|
| Rechtl. Vorgaben | +++ | ++ | + |
| Technische Vorgaben | + | +++ | ++ |
| Wirtschaftliche Bilanz | + | +++ | ++ |
| Verwertung | ++ | ++ | +++ |
| THG-Minderungspotenzial | ++ | +++ | + |
| u.a.m. | | | |
| Priorisierung | 2 | 1 | 3 |
| Vorzugsvariante | | Weitere Planung (optional) | |




Jun-23 | 31

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Machbarkeitsstudie – Förderungs-Umfang

**Machbarkeitsstudien**

- Grundlagenermittlung und Vorplanung (HOAI 1 – 2)
- Optional Entwurfs- und Genehmigungsplanung (HOAI 3 – 4) optional
- Durch fachkundige externe Dienstleister

**Untersuchungen am Deponiekörper, bspw.**

- Bohrungen und Feststoffuntersuchungen (Cbio)
- Deponiegasmessungen
- Belüftungsversuche
- soweit begründet erforderlich

**Förderquote**

- 50 % (65 % finanzschwache Kommunen)

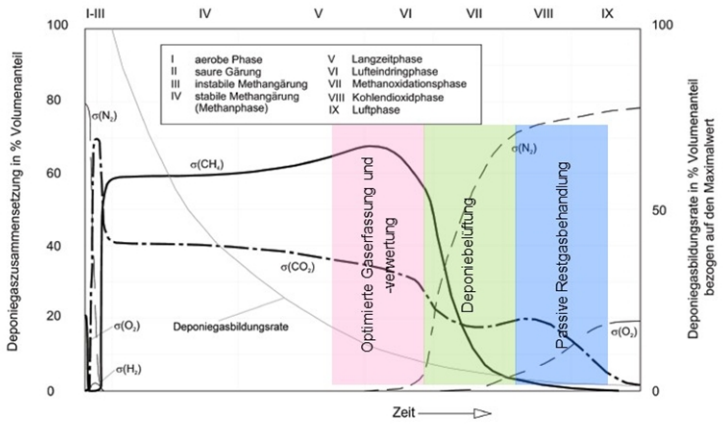
Jun-23 | 32

# 04.

# Perspektiven

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

Perspektiven - der langfristigen Behandlung von Deponiegas




Quelle: Heyer et al (2023); Deponiegasentstehung auf Deponien in Deutschland in: Deponietechnik 2023; geringfügig angepasst

Jun-23 | 34

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Investive Maßnahmen – optimierte Deponiegasfassung (KRL 4.2.6.c)

**Ziel**

- Bestmögliche Deponiegaserfassung
- Energetische Nutzung
- Solange Methanbildung ausreichend

**Voraussetzung für Förderung**

- Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie
- max. 2 Jahre alt
- Nachweis Gaserfassungsgrad
  a) mindestes + 25 % ggb Status Quo, oder
  b) mindestes 60 % der Gasbildung
- Energetische Nutzung Deponiegas
- Vorbereitung spätere in-situ-Stabilisierung

Jun-23 | 35

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Investive Maßnahmen – optimierte Deponiegasfassung (KRL 4.2.6.c)

**Förderungsumfang**

- Bauliche Maßnahmen zur Optimierung Gaserfassung und späteren in-situ Stabilisierung
- Gasbrunnen-Ertüchtigung
- Gasbrunnen-Neuerrichtung
- Gaserfassungs- Aggregate
- Gasbehandlungs-Technologien
- Gasverwertungs-Technologien (Eigenstrom)
- MSR-Technik
- Monitoring und Emissionsüberwachung

**Förderquote**

- 50 % (65 % finanzschwache Kommunen)

Jun-23 | 36

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Investive Maßnahmen – in-situ-Stabilisierung (KRL 4.2.6.d)

**Ziel**

- Beschleunigung Umsetzungsprozesse durch Umstellung auf aeorbes Milieu
- sobald keine energetische Nutzungmehr möglich
- da Methanbildung nicht mehr ausreichend

**Voraussetzung für Förderung**

- Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie
- max. 2 Jahre alt
- Nachweis THG-Einsparung
  a) mindestes + 50 % ggb Status Quo
- Verfahren der Saug-/Druckbelüftung mit Abluftreinigung
- Biolog. abbaubare organ. Substanz (oTS) max. 12 kg/Mg Abfall (1,2 %) – typisch in ursprünglichem Hausmüll 120 -320 kg C/Mg Abfall, davon $C_{bio}$ 50%-80%
- Behördliche Genehmigung (§25 Abs 4 DepV, Anforderungen an Befeuchtung und/oder Belüftung)
- Monitoring zu Erfolg und Sicherheit, u.a. Temperatur und Kohlenstoff-Monoxid

Jun-23 | 37

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

### Investive Maßnahmen – in-situ-Stabilisierung (KRL 4.2.6.d)

**Förderungsumfang**

- Bauliche Maßnahmen zur in-situ Stabilisierung
- Gasbrunnen-Ertüchtigung
- Gasbrunnen-Neuerrichtung
- Belüftungs-Aggregate, ggf. auch Infitration Wasser
- Prozessluft-Behandlungs-Aggregate
- MSR-Technik
- Monitoring und Emissionsüberwachung

**Förderquote**

- 50 % (65 % finanzschwache Kommunen)

Jun-23 | 38

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

Übersicht bewilligte Potenzialstudien bzw. Investitionen

| Jahr | Potenzialstudien Deponien | Deponiebelüftung | Optimierte Deponiegasfassung |
|---|---|---|---|
| 2013 | 8 | 6 | |
| 2014 | 16 | 5 | |
| 2015 | 10 | 4 | |
| 2016 | 19 | 14 | |
| 2017 | 9 | 8 | |
| 2018 | 7 | 10 | |
| 2019 | 12 | 13 | |
| 2020 | 36 | 14 | 13 |
| 2021 | 16 | 8 | 3 |
| 2022 | 19 (2) | 37 (2) | 6 (1) |
| **Summe** | **152** | **119** | **22** |
| **Summe Projektkosten** | **8,3 Mio EUR** | **97,4 Mio EUR** | **19 Mio. EUR** |

Q.: KRL (2022)

Q.: Butz (2023); in Deponietechnik 2023 (Stegmann et al. (Hg.) geringfügig überarbeitet

Jun-23 | 39

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

R&H UMWELT

Perspektiven -Zusammenfassung

**Förderung**

- 50 % (65 % finanzschwache Kommunen)
- Machbarkeitsstudie
  > Voraussetzung für investive Maßnahmen
  > 2-stufige Bearbeitung möglich
  > zusätzliche Untersuchungen förderfähig
- Investitionsförderung optimierte Deponiegaserfassung
  > auf Basis Machbarkeitsstudie
  > Anlagentechnik zur Fassung, Behandlung, energetischen Nutzung, MSR-Technik
  > bauliche Maßnahmen zur Ertüchtigung bestehender und Errichtung neuer Gasbrunnen
- Investitionsförderung in-situ-Stabilisuerung
  > auf Basis Machbarkeitsstudie
  > Anlagentechnik zur Belüftung und ggf. Infiltration, Abluftbehandlung, MSR-Technik, u.a.
  > bauliche Maßnahmen zur Ertüchtigung bestehender und Errichtung neuer Gasbrunnen, Belüftungseinrichtungen

Jun-23 | 40

# Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

## Perspektiven - Antragstellung

**Antragstellung**

- wurde bis Ende 2021 von PtJ – Projektträger Jülich wahrgenommen
- Seit 2022 **ZUG – Zukunft-Umwelt-Gesellschaft GmbH** als Projektträger (Berlin)
- Bundesgesellschaft (BMUV - Bundesumweltministerium alleiniger Gesellschafter)
- Im Auftrag mehrerer Bundesministerien (BMWK - Wirtschaft und Klimaschutz; AA – Auswärtiges Amt)
- Entwicklung und Betreuung von Förderprogrammen und strategischen Projekten
- Brücke zwischen Förderpolitik und praktischer Umsetzung
- Kontakt: nki-kommunalrichtlinie@z-u-g.org

Jun-23 | 41

# Prognose der Deponiegasbildung nach IPCC und unter Auswertung von Praxisdaten

**Dr.-Ing. Jan Liebetrau, Jörg Schleifer, Rainer Schäl, Rytec GmbH, Baden Baden**



# PROGNOSE DER DEPONIEGASBILDUNG

**Warum?**

- Emissionsbewertung (IPCC)
- Bewertung der Effizienz der Gasfassungsmaßnahmen
- Orientierung Menge und Verlauf der entstehenden Gasmengen („da kommt kein Gas“)
- Dimensionierung von Gasbehandlungstechnologien (aktiv und passiv)

**Wie?**

- IPCC Prognose (Theoretischer Wert)
- Auswertung Betriebsdaten – Erfassungsgrad unter gegebenen Bedingungen
- Absaugversuch: Erfassungsgrad unter wählbaren Bedingungen

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Modell zur Vorhersage der Deponiegasbildung

- Modell simuliert den Abbau des Gaspotentiales
- Potential: maximale Gasmenge, die gebildet werden kann
- Zeitlicher Verlauf der Gasbildung wird mittels Abbaugeschwindigkeit einbezogen

**Es gibt verschiedene Modelle – Achtung Faktoren und Annahmen sind (meist) nicht übertragbar!**

Modellierung nach IPCC gefordert:

- Nationale Emissionsberichterstattung
- BQS 10-1
- NKI Förderbedingungen

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Modell zur Vorhersage der Deponiegasbildung

Faktoren in der Berechnung nach IPCC:

- Abfallmenge,
- Zusammensetzung (der Fraktionen) (Kohlenstoffgehalt (DOC) und anaerob abbaubarer Kohlenstoff ($DOC_f$)),
- MCF (Ablagerungspraxis),
- Abbaugeschwindigkeit (k bzw. Halbwertszeit),
- Anteil, der in Methan umgewandelt wird (F);

Zeitlicher Verlauf der Methanbildung wird durch eine Kinetik erster Ordnung abgebildet

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/5_Volume5/19R_V5_3_Ch03_SWDS.pdf

Oder in deutsch ab Seite 699 in Nationalen Inventarbericht:
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-15-climate-change_22-2020_nir_2020_de.pdf

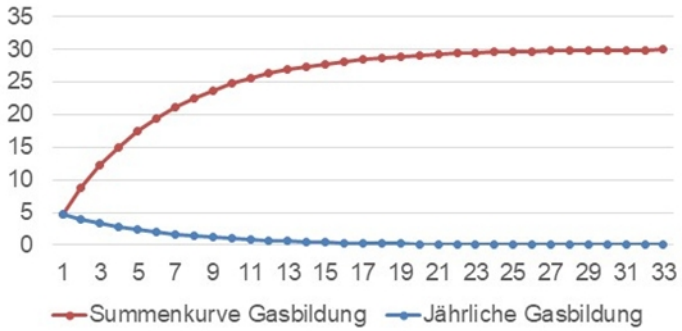
Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Grundlage der verwendeten Modelle: Kinetik erster Ordnung

Produktbildung nach Kinetik 1. Ordnung: $G_t = G_0 \cdot ((1 - e^{-kt})$

Beispiel:
$G_o$ =30
K=0,1733
(Halbwertszeit 4 Jahre)

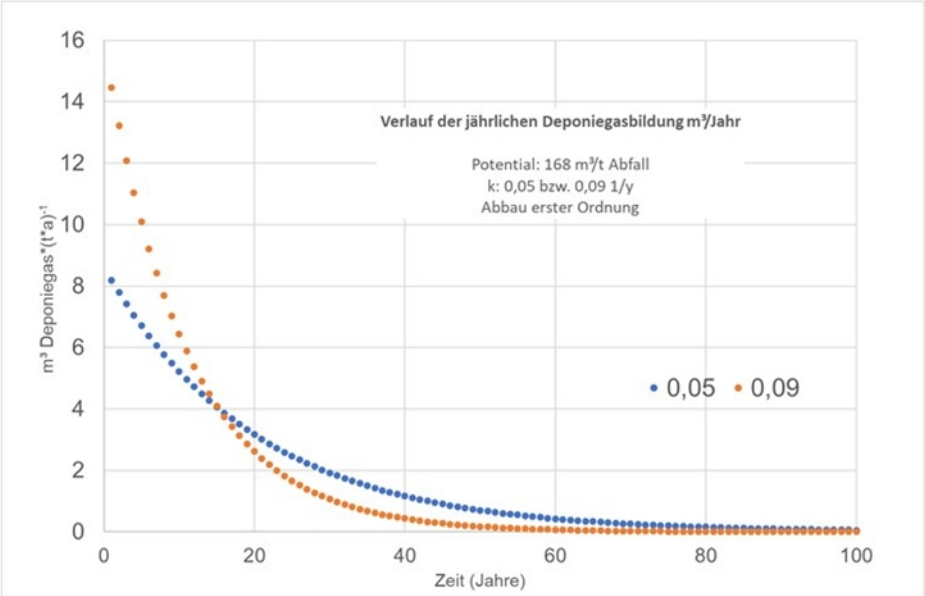



$G_t$: bis zur Zeit t gebildetes Gas
$S_0$ : Gaspotential, Gasmenge, die in unendlichen Zeiträumen gebildet werden kann
k: Abbaukonstante in z.B. 1/a
t: Zeit nach Ablagerung in a
Halbwertszeit kann aus k berechnet werden: H = ln(2)/k

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Grundlage der verwendeten Modelle: Kinetik erster Ordnung




Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## IPCC - Modell zur Vorhersage der Deponiegasbildung und der resultierenden Emissionen

**EQUATION 3.2**
**DECOMPOSABLE DOC FROM WASTE DISPOSAL DATA**

$$DDOCm = W \bullet DOC \bullet DOC_f \bullet MCF$$

Where:

| | |
|---|---|
| DDOCm | = mass of decomposable DOC deposited, Gg |
| W | = mass of waste deposited, Gg |
| DOC | = degradable organic carbon in the year of deposition, fraction, Gg C/Gg waste |
| $DOC_f$ | = fraction of DOC that can decompose (fraction) |
| MCF | = $CH_4$ correction factor for aerobic decomposition in the year of deposition (fraction) |

DOC und $DOC_f$ bestimmen im Wesentlichen das Gaspotential.

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/5_Volume5/19R_V5_3_Ch03_SWDS.pdf

www.rytec.com

# Herausforderung bei der Anwendung

| | Default Value | Range |
|---|---|---|
| Food waste | 0,15 | 0.08-0.20 |
| Garden | 0,2 | 0.18-0.22 |
| Paper | 0,4 | 0.36-0.45 |
| Wood and straw | 0,43 | 0.39-0.46 |
| Textiles | 0,24 | 0.20-0.40 |
| Disposable nappies | 0,24 | 0.18-0.32 |
| Sewage sludge | 0,05 | 0.04-0.05 |
| Rubber | 0,39 | 0.39 |
| Bulk MSW waste | 0,18 | 0.12-0.28 |
| Industrial waste | 0,15 | 0-0.54 |

Tabelle 4: Abbaubarkeit organischer Abfälle unter Deponiebedingungen [1]

| Abfallfraktion | DOC in - | $DOC_f$ in - | Halbwertszeit in Jahre | K in 1/Jahr |
|---|---|---|---|---|
| **Leicht abbaubar** Organik, Klärschlamm | 0,15 | 0,5 | 4 | 0,1733 |
| Garten-/ Parkabfälle | 0,2 | 0,5 | 7 | 0,0990 |
| Papier / Pappe | 0,4 | 0,5 | 7 | 0,0990 |
| **Mittel abbaubar** Textilien, Windeln | 0,24 | 0,5 | 12 | 0,0578 |
| Verbundmaterialien, Leichtverpackungen | 0,1 | 0,5 | 12 | 0,0578 |
| MBA Abfälle | 0,023 | 0,5 | 12 | 0,0578 |
| **Schwer abbaubar** | | | | |
| Holz und Stroh | 0,43 | 0.1 | 50 | 0,0139 |

Quelle: BQS 10-1

Aber übliche Bezeichnungen in der Dokumentation:

Hausmüll, Restmüll, Sperrmüll, Sortierreste, Gewerbeabfall, Schlämme aus der Wasseraufbereitung, Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle; prod.-spezifische Gewerbeabfälle (Gesamt), Straßenkehricht, gemischte Baustellenabfälle

Was ist wenn Biotonne vorhanden war?

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Herausforderung bei der Anwendung Zuordnung der Abfallarten

Ganz einfach (überschätzt aber sicherlich):
Bulk Waste – alles, was nicht zu den anderen Kategorien passt

Sewage sludge - Klärschlamm
Industrial waste - Gewerbeabfälle
Inerts - Bauschutt

Oder:
Einzeln zuordnen - Zusammensetzung berücksichtigen
Ggf. Sensitivität der Annahmen untersuchen

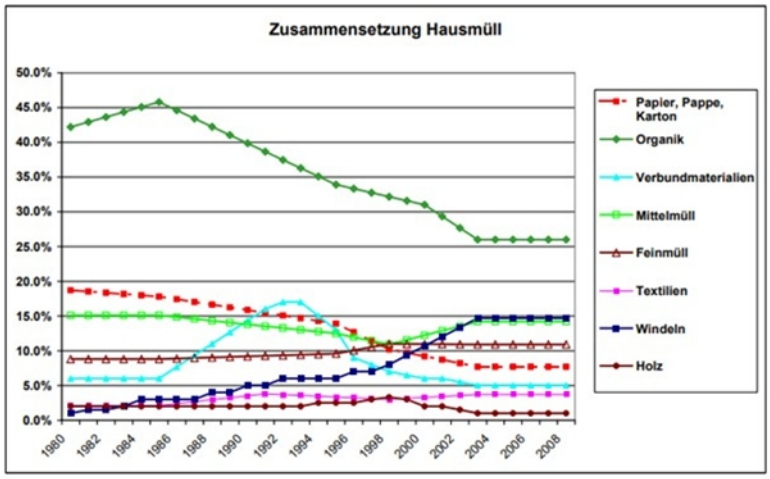
In jedem Fall: nachvollziehbar darstellen!

| | Default Value | Range |
|---|---|---|
| Food waste | 0,15 | 0.08-0.20 |
| Garden | 0,2 | 0.18-0.22 |
| Paper | 0,4 | 0.36-0.45 |
| Wood and straw | 0,43 | 0.39-0.46 |
| Textiles | 0,24 | 0.20-0.40 |
| Disposable nappies | 0,24 | 0.18-0.32 |
| Sewage sludge | 0,05 | 0.04-0.05 |
| Rubber | 0,39 | 0.39 |
| Bulk MSW waste | 0,18 | 0.12-0.28 |
| Industrial waste | 0,15 | 0-0.54 |

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Herausforderung bei der Anwendung



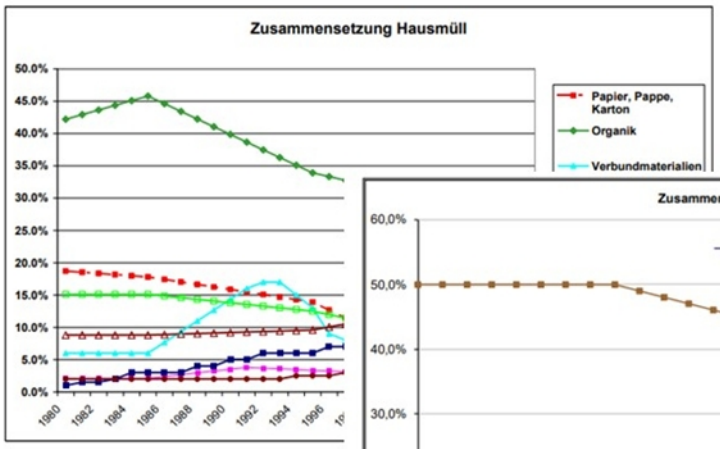

Zusammensetzung für Hausmüll und Sperrmüll über längere Zeiträume

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

Inventarisierungsbericht Umweltbundesamt 2013

www.rytec.com

# Herausforderung bei der Anwendung




Zusammensetzung für Hausmüll und Sperrmüll über längere Zeiträume

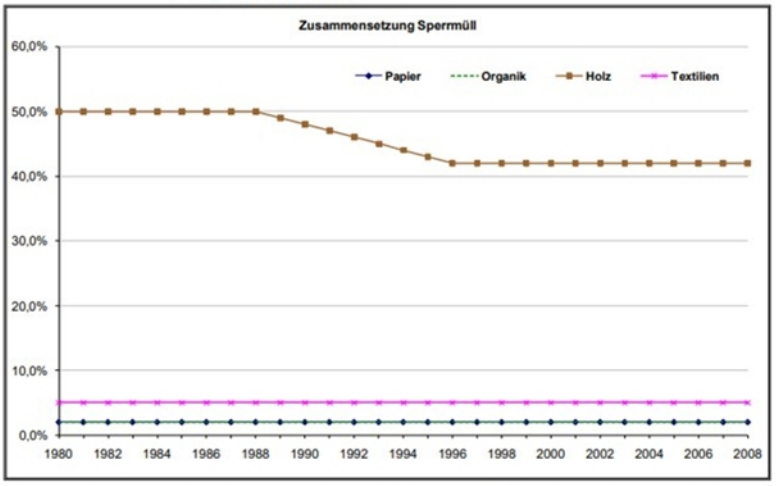



Abbildung 72: Trend in der Zusammensetzung des Sperrmülls (ABL) zwischen 1980 und 2008

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

Inventarisierungsbericht Umweltbundesamt 2013

www.rytec.com

## Herausforderung bei der Anwendung

- „Hausmüll“:

  Unterteilung in die Abfalltypen „Organik (Food waste)“, „Papier und Pappe (Paper)“, „Holz und Stroh (Wood and straw)“, Textilien (Textiles)“, „Windeln (Disposable nappies)“ und „Verbundmaterialien“ entsprechend der Anteile, die im deutschen NIR von 2013 spezifisch für die Jahre ab 1980 angegebenen sind.

  Für die Jahre vor 1980 wurden die Anteile des Jahres 1980 angesetzt.
- „Sperrmüll“:

  Unterteilung in die Abfalltypen „Organik (Food waste)“, „Papier und Pappe (Paper)“, „Holz und Stroh (Wood and straw)“ und Textilien (Textiles)“(Rest zu 100 % wird als inert angesetzt) entsprechend der Anteile, die im deutschen NIR von 2013 spezifisch für die Jahre ab 1980 angegebenen sind.

  Für die Jahre vor 1980 wurden die Anteile des Jahres 1980 angesetzt.
- „Gewerbeabfall“:

  Es handelt sich um hausmüllähnlichen Gewerbeabfall. Aufgrund der Kenntnis des Abfalls am Standort kann angesetzt werden, dass davon 75 % Hausmüll und 25 % inert sind.
- „Kehricht“:

  Es wird angesetzt, dass Kehricht im Jahresmittel zu etwa 24 % aus Bestandteilen analog Hausmüll, zu etwa 10 % aus Garten und Parkabfällen (insbesondere Laub des Herbstkehrgutes) und der Rest aus mineralischem und damit inertem Material besteht [abgeleitet aus den bayerischen Abfallsteckbriefen (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2008), (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2010)].

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

Überprüfung der Emissionsfaktoren für die Berechnung der Methanemissionen aus Deponien von Gerhard Rettenberger Eckhard Haubrich Rolf Schneider Ingenieurgruppe RUK GmbH Stuttgart Projektnummer *29180,* UMWELTBUNDESAMTES; Januar 2014

www.rytec.com

## Herausforderung bei der Anwendung

- „Schlamm“:

  Ansatz der Werte für Klärschlamm (Sewage sludge)
- „Pflanzlicher Abfall“:

  Ansatz der Werte für Garten- und Parkabfälle (Garden)
- „Baustellenabfall“:

  Es wird ein Anteil von 17 % Holz und 2 % Papier, Pappe, Karton (PPK) angesetzt. Der Rest besteht insbesondere aus mineralischen Abfällen und zu einem geringeren Anteil aus anderen anaerob nicht abbaubaren Materialien (z. B. Metalle, Kunststoffe)
- „sonstiger Müll“:

  Es wird eine Zusammensetzung wie bei dem hausmüllähnlichen Gewerbeabfall angesetzt.
- „Sortierreste“:

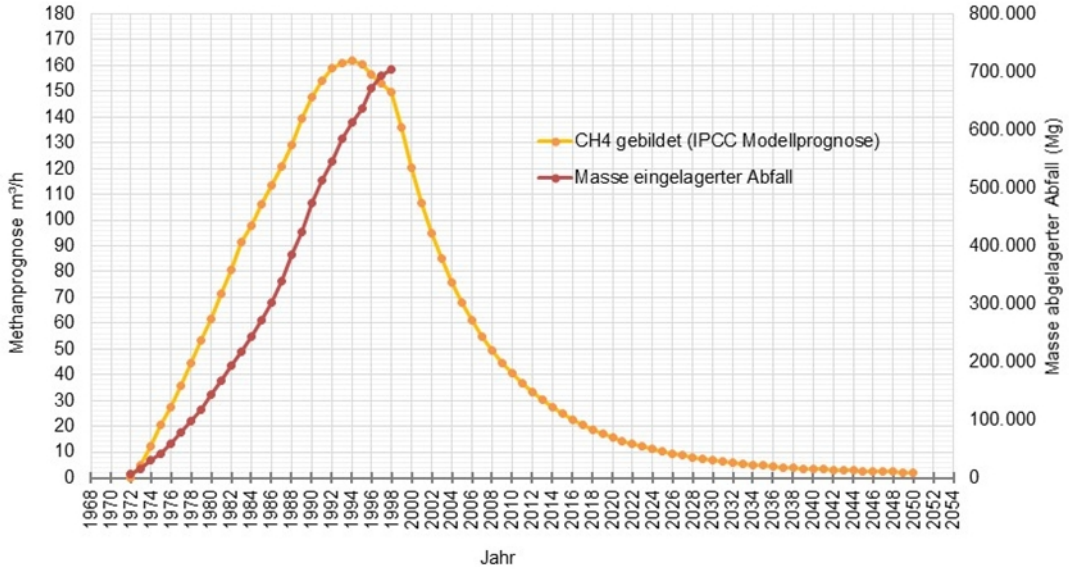
  Für den Inertanteil und den Organikanteil werden die gleichen Werte wie für Sperrmüll angesetzt. Während bei Sperrmüll der Rest im Mittel zu knapp 87 % aus Holz, zu knapp 10 % aus Textilien und nur zu gut 3 % aus PPK besteht, wird für die Sortierreste angesetzt, dass die drei genannten Bestandteile jeweils in gleichen Anteilen enthalten sind.

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

Überprüfung der Emissionsfaktoren für die Berechnung der Methanemissionen aus Deponien von Gerhard Rettenberger Eckhard Haubrich Rolf Schneider Ingenieurgruppe RUK GmbH Stuttgart Projektnummer 29180, Umweltbundesamtes Januar 2014

www.rytec.com

# Beispielrechnung




Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Auswertung von Betriebsdaten - Praktische Aspekte der Deponieentgasung

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Deponiegasabsaugung - Praxis

- Absaugmenge und Einregulierung der Brunnen wird an die technischen Grenzen der Gasverwertung bzw. -behandlung angepasst
- Einzelne Brunnen bzw. Bereiche der Deponie werden wenig oder gar nicht abgesaugt, wenn der Methangehalt unter die Grenzkonzentration der Technologie fällt, abgesaugte Menge wird reduziert (bis zum intermittierenden Betrieb)
- Die Ergebnisse der Datenerfassung des Betriebes sind dann nur verwendbar, wenn die Verbrennungstechnologie gleich bleibt und nur in der Kapazität reduziert wird.
- Andernfalls ist ein Absaugversuch zu empfehlen (auch bei Dimensionierung passiver Systeme)

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Faktoren, die den Erfassungsgrad der Deponiegasmengen in der Praxis beeinflussen

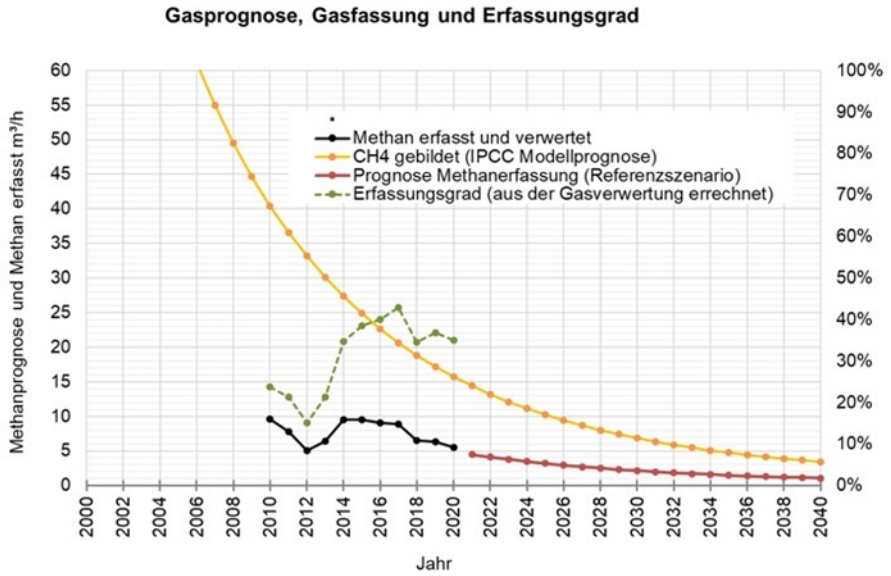
Erfassungsgrad:
Verhältnis von erfasster Gasmenge und berechnetem Potenzial

- Modellgenauigkeit
- Abfallmenge und Zusammensetzung (Kenntnisstand?)
- Art des Einbaus
- Zeitpunkt der Oberflächenabdichtung und Ausführung (Emissionen und Wasserhaushalt)
- Abdeckung, System und Zustand der Gasfassung
- Langfristig realisierte Absaugmengen
- Art und Zustand der Verwertungs- bzw. Behandlungstechnologie
- Ggf. Aerobisierungsmaßnahmen
- Kurzfristig: Luftdruck

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Zusammenführung Prognose und Daten der Gasfassung




Kritisches Hinterfragen des Erfassungsgrades bzw. Bestandsanalyse Gasfassung

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Absaugversuch

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Absaugversuch

- Notwendig, wenn aktuelles Absaugregime nicht zu Gasmengen und Gaszusammensetzung passt (meist passt die Gasbehandlung nicht mehr zur Gasbildung) und damit die erfassbare Methanmenge und Konzentration nicht definiert ist
  (Einige Brunnen sind dann meist abgeregelt, geringe und intermittierende Absaugmengen)
- Dient zur Bestimmung von erfassbarer Methanmenge und damit zur „Neu"-dimensionierung einer Gasverwertungs- bzw. -behandlungstechnologie
- Emissionssituation kann neu bewertet werden

Voraussetzung:
- **Gasfassung sollte in einem Zustand sein, der belastbare Ergebnisse des Absaugversuch zulässt.**

Durchführung:
- Gesamte Deponie anschließen und Erhöhung der abgesaugten Deponiegasmenge, ggf. Optimierung/Anpassung der Gasfassung (dann konstant bis zum Einstellen eines stabilen Zustandes)

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Absaugversuch

- Absaugung der gesamten Deponie
- Absaugung von einzelnen Brunnen
- Kurz oder langfristige Versuche

(u.a. VDI 3899 Blatt 2 und VDI 3790 Blatt 2)

- Absaugversuch sollte auch zur Prüfung der Funktionalität der Gasabsaugung verwendet werden

**Was passiert?**

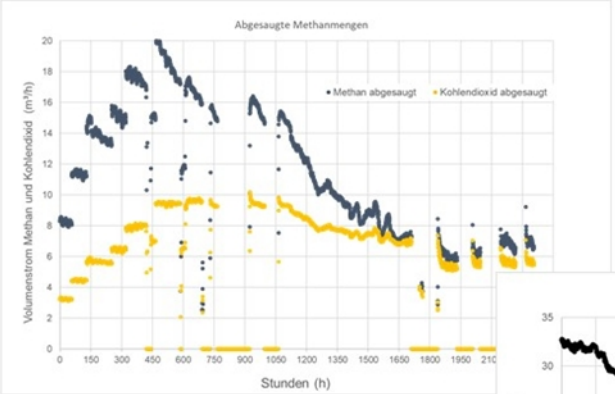
- Porenvolumen ist (meist) mit Deponiegas gefüllt
- Erhöhung Absaugvolumenstrom leert dieses Porenvolumen bis Gasbildung und Absaugung im Gleichgewicht stehen und sich konstante Konzentrationen einstellen
- Aber: eindringender Sauerstoff hemmt Methanbildung und organische Substanz wird aerob abgebaut –Abnahme der erfassten Methanmenge mit unbekannter Geschwindigkeit

Eine bestimmte Absaugrate definiert den resultierenden Saugdruck im System und damit das „Einzugsgebiet" der Absaugung
Bei Absaugung der gesamten Deponie: Werden einzelne Brunnen verändert, verändert sich das gesamte System – Einschwingen auf stabilen Zustand beginnt wieder von vorn

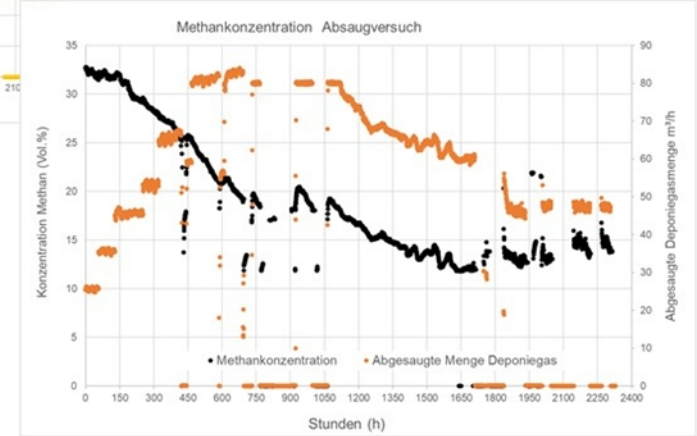
Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Absaugversuch Ergebnisse

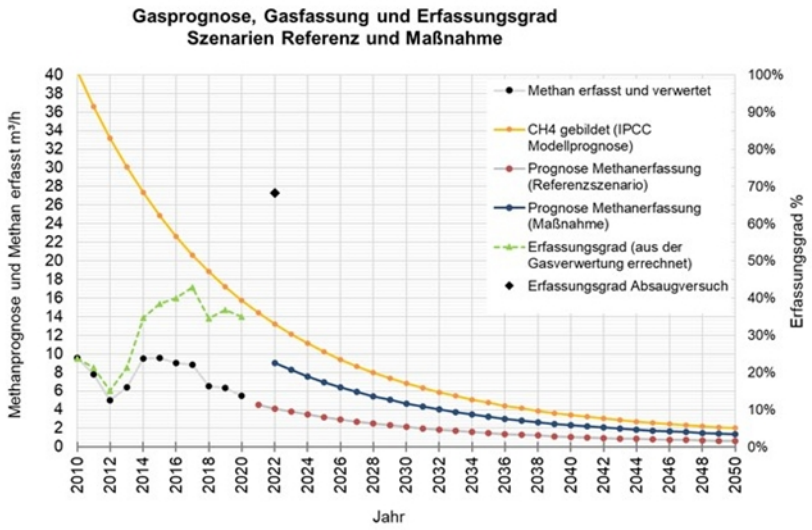



Ziel:
Dimensionierungsgrößen
Volumenstrom
Methankonzentration




Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

# Zusammenführung Prognose, Auswertung Gasfassung und Absaugversuch




Langfristige Prognose
Volumenstrom Methan und Konzentration für Anlagendimensionierung

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Modell vs. Praxis

Modell dient als Referenz, damit kann der Erfassungsgrad gegenüber einem „Standardwert“ ausgewiesen werden

Prinzipieller Verlauf der Gasbildung kann als Grundlage zur Prognose verwendet werden, absolute Werte sollten mit erfassten Gasmengen bzw. Absaugversuch plausibilisiert werden

Für eine Bewertung der Gasbildung muss zusätzlich betrachtet werden im Kontext:

- Bewertung der Emissionssituation (meist FID-Begehungen)
- Bewertung der erfassten Gasmengen (kritisches Hinterfragen des aktuellen Absaugregimes, ggf. Absaugversuch notwendig)

Basis für eine effiziente Deponiegaserfassung ist eine gute Gasfassung

- Intakte Brunnen, Brunnenköpfe und Fassungsstellen
- Gasgängige Leitungen und Einregulierbarkeit
- Wenig Kurzschlussströmungen (wenig Sauerstoff im Gas)
- Ausreichende Anzahl von Fassungsstellen

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

## Zusammenfassung

- Ertüchtigung der Gasfassung und Gasverwertung bzw. -behandlung erfordern sorgfältige Untersuchungen und Dimensionierung um Fehlinvestitionen zu vermeiden
- Modellbasierte Gaspotentialsberechnungen geben ersten Anhaltspunkt zu Mengen an
- Daten aus der Absaugung nur dann sinnvoll für Weiterentwicklung zu nutzen, wenn Gasfassung intakt ist und Einregulierung und Absaugmenge zu neuer Technologie passen
- Absaugversuch präzisiert Erfassungsgrad
- Qualität der Daten bestimmen die Genauigkeit der Prognose

Rytec Abfalltechnologie und Energiekonzepte

www.rytec.com

# Begrüßung / Tagungsleitung / Referenten

Dr. Roland Fischer
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5346
E-Mail: Roland.Fischer@lfu.bayern.de

Harald Pfaller
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5384
E-Mail: Harald.Pfaller@lfu.bayern.de

Benjamin Bilek
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5182
E-Mail: Benjamin.Bilek@lfu.bayern.de

Dipl.-Ing. Tobias Baumgärtel
EDR GmbH
Dillwächterstr. 5
80686 München
Tel.: 089 54711–2547
E-Mail: T.Baumgaertel@edr.de

Manfred Eberle
R & H Umwelt GmbH
Schnorrstraße 5a
90471 Nürnberg
Tel.: 0911 8688–160
E-Mail: MEberle@rh-umwelt.de

Walter Egelseer
Stadt Fürth – Amt für Abfallwirtschaft
Schwabacher Straße 170
90763 Fürth
Tel.: 0911 974–096
E-Mail: Walter.Egelseer@fuerth.de

Prof. Dr.-Ing. Christian Kellner
Hochschule München
Fakultät für Bauingenieurwesen
Karlstr. 6
80333 München
Tel.: 089 1265–2422
E-Mail: Christian.Kellner@hm.edu

Dr.-Ing. Jan Liebetrau
Rytec GmbH
Engineering für Abfalltechnologie
und Energiekonzepte
Pariser Ring 37
76532 Baden Baden
Tel.: 07221 604–37760–16
E-Mail: engineering@rytec.com

Christian Pietruska
AWG Donau-Wald mbH
Gerhard-Neumüller-Weg 1
94532 Außernzell
Tel.: 09903 920–251
E-Mail: Christian.Pietruska@awg.de

Dr. Fatemeh Shajari
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071–5368
E-Mail: Fatemeh.Shajari@lfu.bayern.de

## Programm

| Uhrzeit | Titel |
|---|---|
| 09:45 | **Begrüßung**<br>Dr. Roland Fischer, Leiter der Abteilung 3 "Kreislaufwirtschaft" am LfU |
| | **Regenerative Energien** |
| 10:00 | **Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München**<br>Tobias Baumgärtel, EDR GmbH<br>Prof. Dr.-Ing. Christian Kellner, Hochschule München |
| 10:30 | **Deponie Atzenhof - der Energieberg**<br>Walter Egelseer, Stadt Fürth - Amt für Abfallwirtschaft |
| 11:00 | **Kaffeepause, Gelegenheit zu Gesprächen im Foyer** |
| | **Deponiebetrieb** |
| 11:30 | **Einsatz einer Polygonwalze auf der Deponie Außernzell**<br>Christian Pietruska, AWG Donau-Wald |
| | **DK-0-Deponien** |
| 12:00 | **DK-0-Deponien - Aktuelles aus dem LfU-Projekt**<br>Dr. Fatemeh Shajari, LfU |
| 12:30 | **Mittagspause, Erfahrungsaustausch** |
| | **Deponiegas** |
| 13:30 | **Der BQS 10-1 – und nun? Was hat ein Deponiebetreiber konkret zu tun?**<br>Benjamin Bilek, LfU |
| 14:00 | **Deponiegas – eine unendliche Geschichte? Perspektiven einer Machbarkeits-studie**<br>Manfred Eberle, R & H Umwelt GmbH |
| 14:30 | **Prognose der Deponiegasbildung nach IPCC und unter Auswertung von Praxisdaten**<br>Dr.-Ing. Jan Liebetrau, Rytec GmbH |
| 15:00 | **Abschlussdiskussion, Ende der Veranstaltung** |

## Organisation

| | |
|---|---|
| Leitung/Moderation | Harald Pfaller, LfU |
| Tagungsort | Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)<br>Bürgermeister-Ulrich-Straße 160<br>86179 Augsburg |
| Tagungsgebühr | Die Teilnahme an der Veranstaltung ist kostenlos. |
| Organisation | Bayerisches Landesamt für Umwelt<br>Fachtagungsteam Referat 12<br>E-Mail: fachtagungen@lfu.bayern.de |
| Online-Anmeldung | **www.lfu.bayern.de/veranstaltungen** |
| | **Anmeldung erbeten bis 21.06.2023** |

## So erreichen Sie uns: **Lagepläne / Anreise**



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

