



**Deponieseminar 2023 –  
Aktuelles zu Recht und Vollzug**

**abfall**





# **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](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de/](http://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/](http://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

<b>Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München</b>	<b>5</b>
Dipl.-Ing. Tobias Baumgärtel, EDR GmbH, München Prof. Dr.-Ing. Christian Kellner, Hochschule München	
<b>Deponie Atzenhof – der Energieberg</b>	<b>22</b>
Walter Egelseer, Stadt Fürth, Amt für Abfallwirtschaft	
<b>Einsatz einer Polygonwalze auf der Deponie Außernzell</b>	<b>34</b>
Christian Pietruska, ZAW Donau-Wald	
<b>DK-0-Deponien – Aktuelles aus dem LfU-Projekt</b>	<b>39</b>
Dr. Fatemeh Shajari, LfU	
<b>Der BQS 10-1 – und nun? Anforderung an den Deponiebetreiber</b>	<b>50</b>
Benjamin Bilek, LfU	
<b>Deponiegas – eine unendliche Geschichte? - Perspektiven einer Machbarkeitsstudie</b>	<b>59</b>
Manfred Eberle, R & H Umwelt GmbH	
<b>Prognose der Deponiegasbildung nach IPCC und unter Auswertung von Praxisdaten</b>	<b>80</b>
Dr.-Ing. Jan Liebetrau, Jörg Schleifer, Rainer Schäl, Rytec GmbH, Baden Baden	
<b>Tagungsleitung / Referenten</b>	<b>93</b>
<b>Programm</b>	<b>99</b>



# 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>



Das erwartet Sie in den nächsten 25 Minuten

- Projekt vorstellen
- Deponieaufbau darstellen
- Fundamentkonzept erläutern
- Bauausführung zeigen
- Ergebnisse auswerten

Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse



### Projektvorstellung

Ein weiterer Baustein der Stadtwerke München zum Ausbau der Ökostromerzeugung

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



© Peter Rintisch

Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

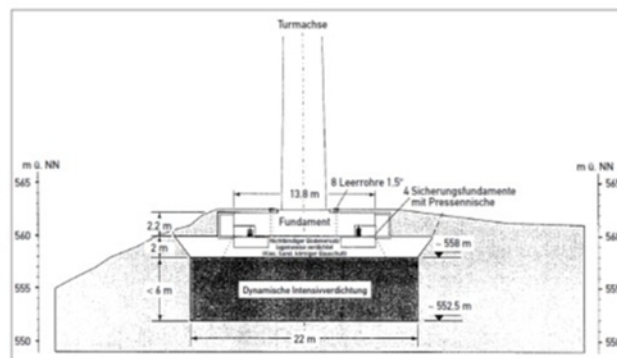
Projekt | Deponieaufbau | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse



### 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



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023



### Gegenüberstellung

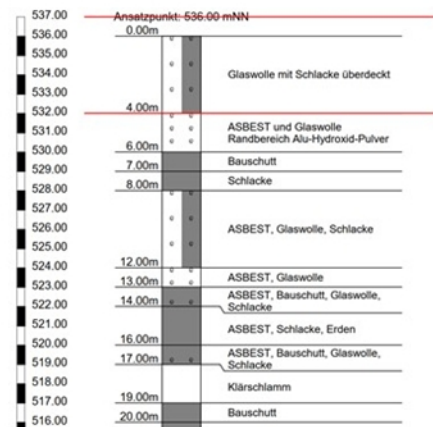
	1. WEA	2. WEA
Inbetriebnahme	1999	2021
Leistung	1,5 MW	3,5 MW
Turmhöhe	67 m	80 m
Rotordurchmesser	66 m	138 m
Fundamentdurchmesser	14 m	26 m
Fundamentdicke	2,4 m	2,8 m

### 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 Dämmstoffkassetten; Abmessung ca. 20 m x 20 m x 2 m
- genaue Lage der Kassetten ist unbekannt

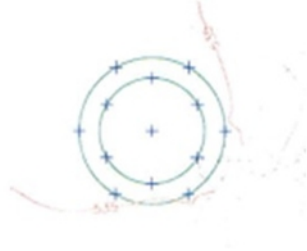
Beispiel eines abgeleiteten Baugrundprofils



## Deponieaufbau und -erkundung

### Zweite Erkundungsphase – Drucksondierungen

- 18 CPT über Aufstandsfläche der WEA verteilt



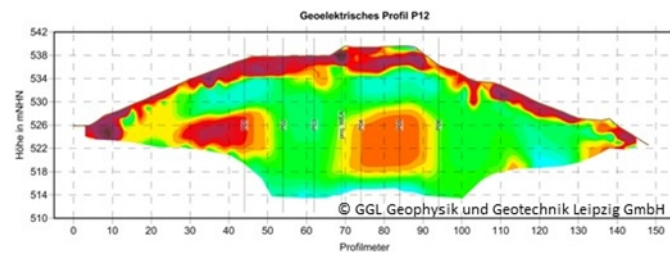
→ Sehr hohe Sondierwiderstände im oberen Bereich (erreichte Tiefen < 6 m)

## Deponieaufbau und -erkundung

### Dritte Erkundungsphase – Geophysikalische Erkundung

- Verfahrenskombination

- gravimetrische Messung
- goelektrische Messung



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

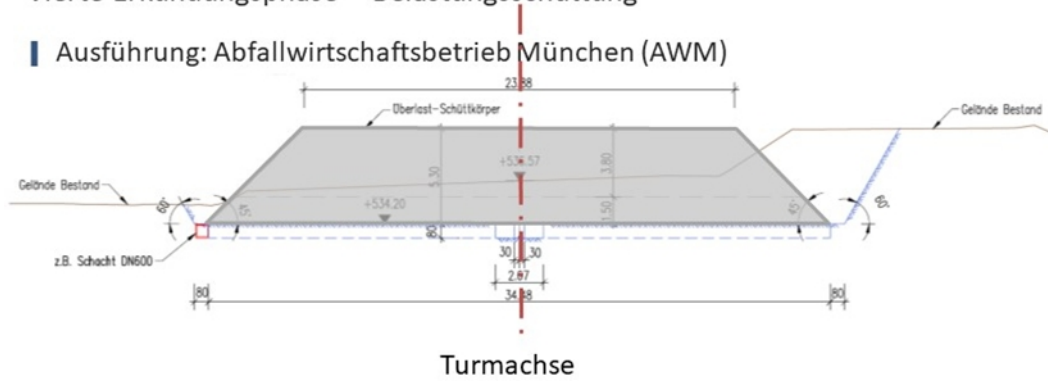
Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse



## Deponieaufbau und -erkundung

### Vierte Erkundungsphase – Belastungsschüttung

■ Ausführung: Abfallwirtschaftsbetrieb München (AWM)



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

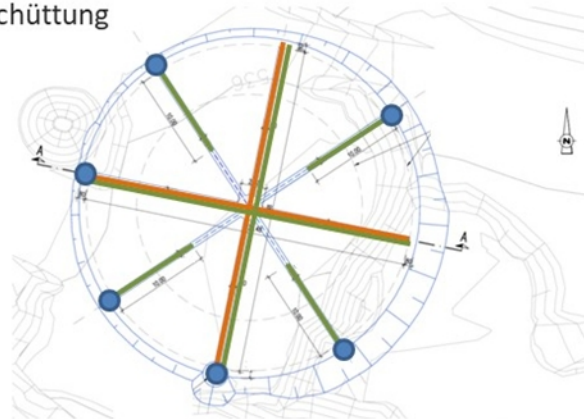
Projekt | **Deponieaufbau** | Fundamentkonzept | Bauausführung | Ergebnisse



## 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

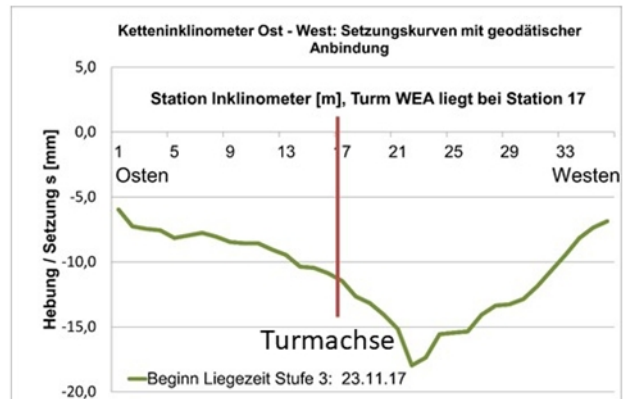
04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

## Deponieaufbau und -erkundung

### Vierte Erkundungsphase – Belastungsschüttung

- Schütthöhe ca. 5 m;  $\sigma_m \approx 75 \text{ kN/m}^2$
- 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



## 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

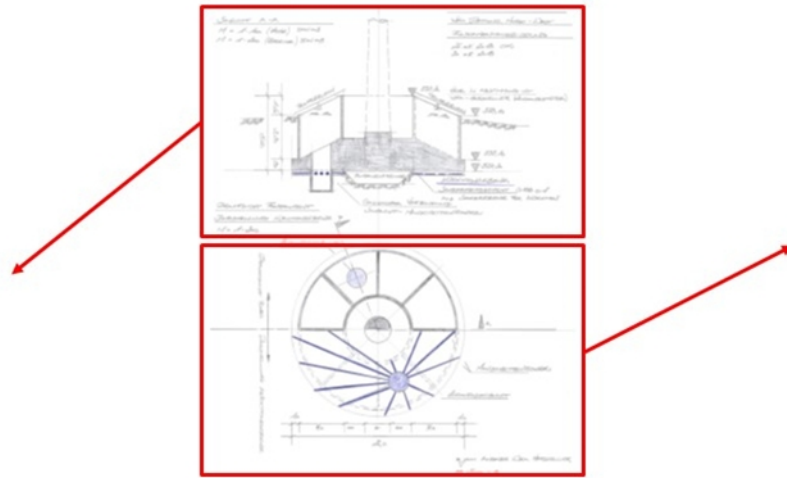
### Besondere Randbedingungen

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

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



### 2-stufiges Konzept zum Ausgleich von Schiefstellungen



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

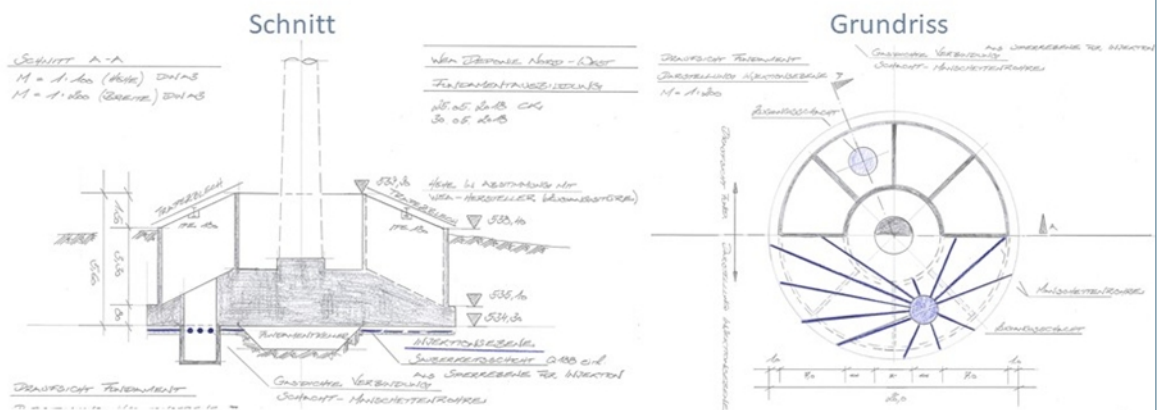
04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

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



### 2-stufiges Konzept zum Ausgleich von Schiefstellungen

#### Erste Entwurfsskizzen - Ballastieren und Hebungsinjektion



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

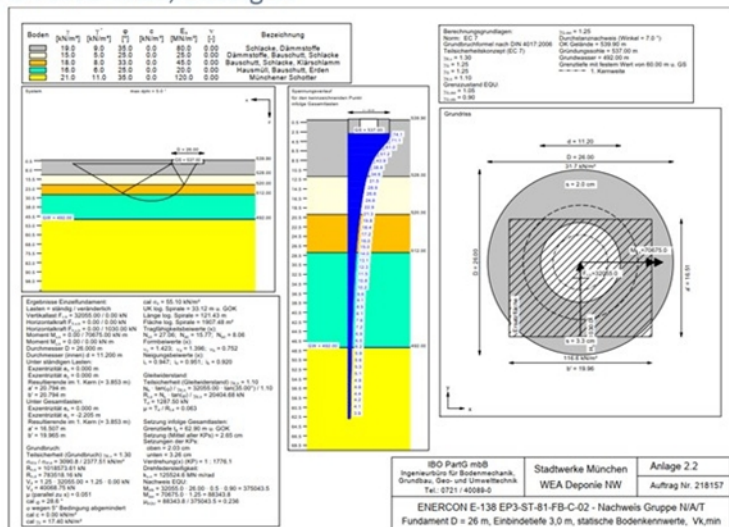
Erdstatische Nachweise durch IBO PartG mbB, Ettlingen

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

Hier maßgebend

Erdstatische Nachweise durch IBO PartG mbB, Ettlingen

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



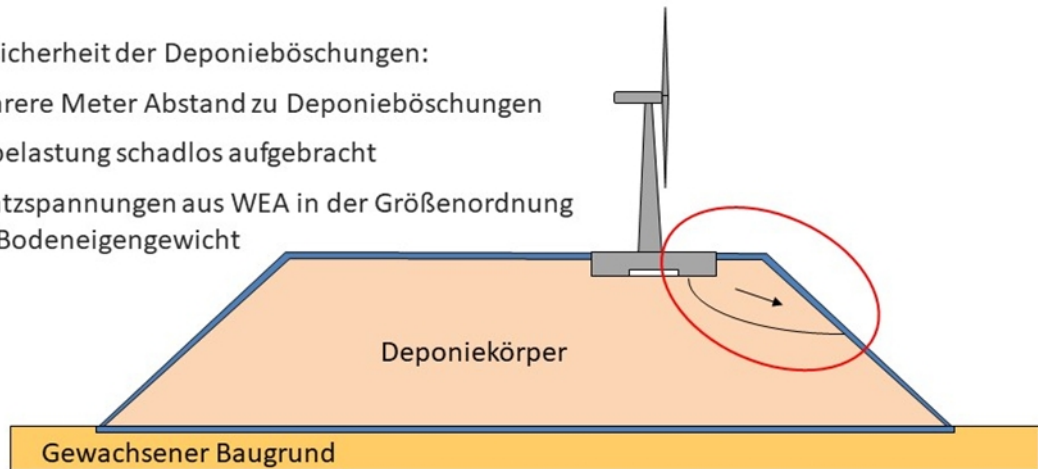
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse



### 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

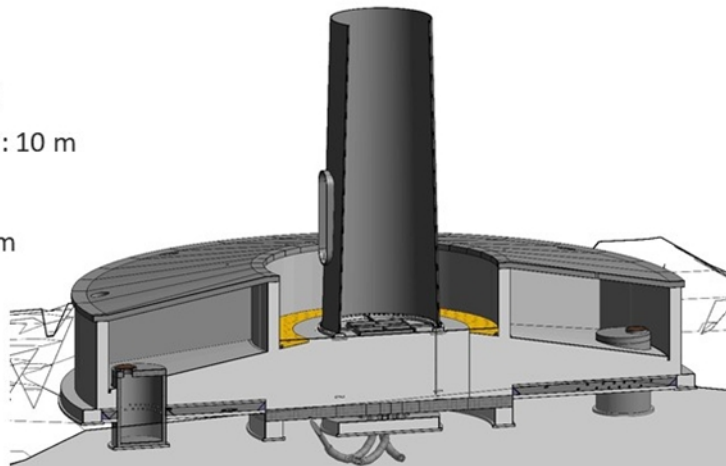
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse



### 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

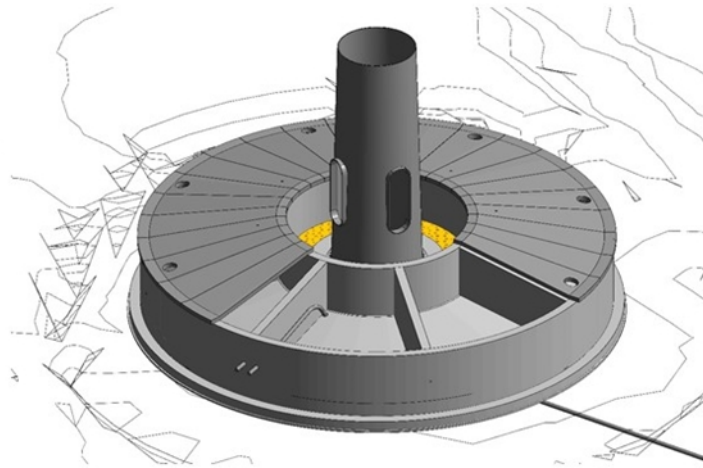
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse



## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Fundamentkammern

- 8 Segmente
- Ballastvolumen je Segment
  - flüssig: ca. 430 m<sup>3</sup>
  - Feststoff: ca. 560 m<sup>3</sup>



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

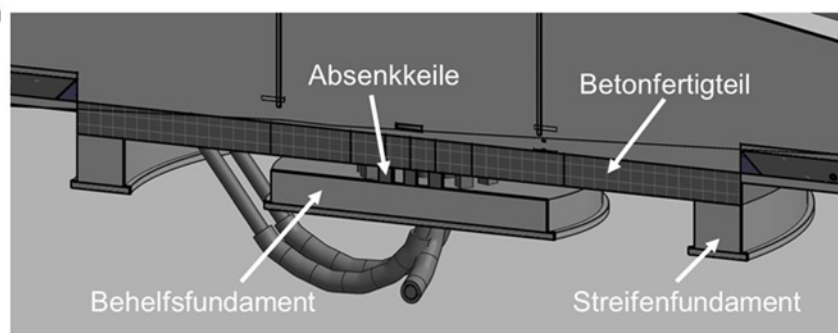
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse



## 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



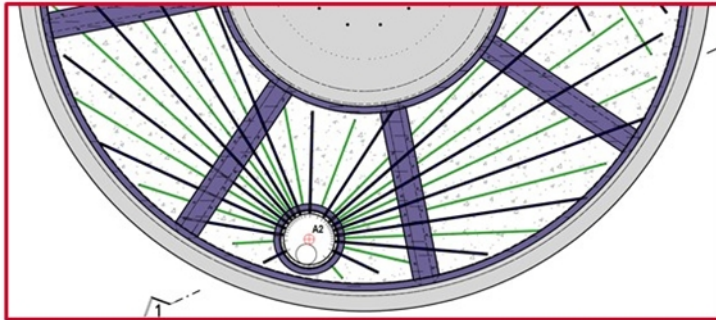
Projekt | Deponieaufbau | **Fundamentkonzept** | Bauausführung | Ergebnisse



## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Injektionsebene

- Manschettenrohre in 2 Ebenen
- Unterteilung in Sektoren



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

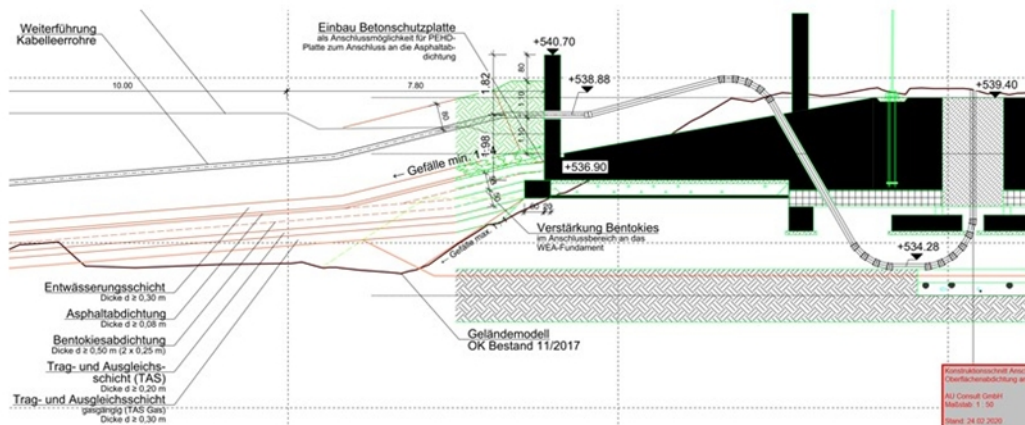
04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

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



## Fundamentdesign der Ausführungsplanung

### Integration in Deponieabdichtung



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

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



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München



04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

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



### Fotos der Bauausführung

#### Fundament – Bewehrung und Betonage



Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München



04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

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

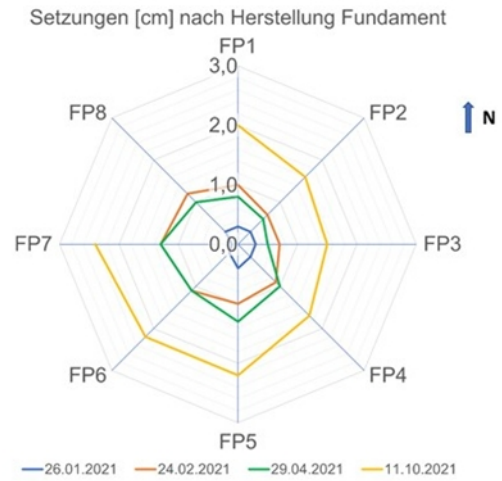
Windenergieanlage auf der Deponie Nord-West in München

04.07.2023 – LfU Deponieseminar 2023

### Ergebnisse Verformungsmessungen

#### Geodätische Vermessungen

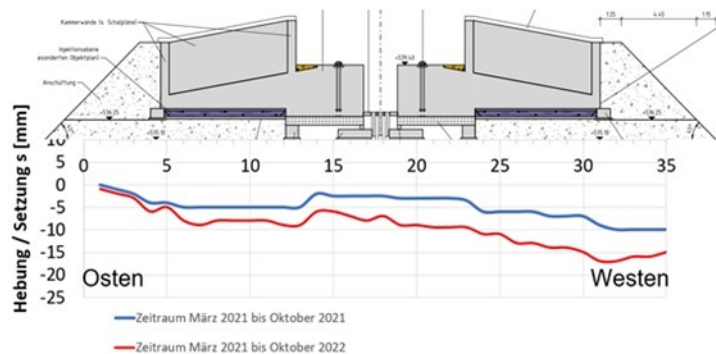
- Messzeitraum 01/21 bis 10/21
- Nord-Süd-Achse
  - gleichmäßige Setzung
- Ost-West-Achse
  - tendenzielle Setzungszunahme nach Westen; Differenz ca. 8 mm



### 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



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



## 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

### Inhalt

- 1) Basisinformationen zur Deponie Atzenhof
- 2) PV-Anlage
  - Planung, Finanzierung, Genehmigung
  - Bau
  - Betrieb
  - Zukunftsperspektiven
- 3) Entgasungsanlage Nachrüstung Schwachgasfackel
  - Deponiesituation
  - Planung, Genehmigung
  - Betriebserfahrungen



## 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 m<sup>3</sup>
- 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

## 1) Deponie Atzenhof – Entgasung und Rekultivierung 1991



Foto: Hajo Dietz

## 1) Deponie Atzenhof – Rekultivierung 1999



Foto: Hajo Dietz

### Umgebung Standort:

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

## 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

## 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

## 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°

## 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

## 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

## 2) PV-Anlage – Luftbild



## 2) PV-Anlage – aktuelle Bilder



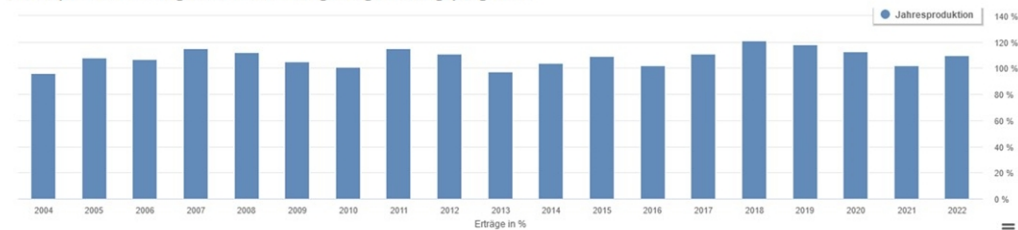
Fotos: Walter Egelseer



## 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

## 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<sub>2</sub>-Einsparung durchschnittlich ca. 650 Tonnen pro Jahr



## 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

## 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<sub>2</sub>-Einsparung durchschnittlich ca. 200 Tonnen pro Jahr

### 3) Nachrüstung Schwachgasfackel



Foto: Walter Egelseer

- Erneuerte Gasverdichterstation mit Gassammelbalken und Deponiegasanalyse

### 3) Nachrüstung Schwachgasfackel



Foto: Walter Egelseer

- Schwachgasfackel am Heizwerk Atzenhof

Hersteller	C-deg
Typ	HTC 0,4 mit AWT
Durchsatz	max. 85 m <sup>3</sup>
Feuerungsleistung	max. 340kW
Heizwert	1,5 – 4 kWh/m <sup>3</sup>
therm. Leistung	200kW
Höhe	14,5 Meter
Kosten 2012	180.00 €

## Gottesdienst Himmelfahrt



Foto:

schaft



### *Gruß aus Fürth-Atzenhof*

Hier türmen die Fürther seit 1968 ihren Müll. Bis 1995 werden hier auf 10,5 ha 1,5 Millionen m<sup>3</sup> Müll angehäuft. Der höchste Punkt liegt dann bei 340 m über NN.

Foto: Rainer Wrede

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

Herrn  
Amt für Abfallwirtschaft

# 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: Müllleinbau 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 Holzpaletten → Hohlräume



Abb. 4: Hohlraumarmes 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 Schubreue 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.  $0,12 \text{ Mg/m}^3$  im Bereich der Testfelder. Bei den zur Verfügung stehenden  $240.000 \text{ m}^3$  der Bauabschnitte 14 und 15 können durch die erhöhte Verdichtung somit rd.  $29.000 \text{ Mg}$  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  $0,34 \text{ Mg/m}^3$  gegenüber den Vorjahren gesteigert werden. Im Fall der Bauabschnitte 14 und 15 der Deponie Außernzell bedeutet dies Mehrmengen von etwas über  $80.000 \text{ Mg}$  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

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

Bayerisches Landesamt für  
Umwelt 

## Vorstellung:

Projektstelle „DK-0-Deponien“

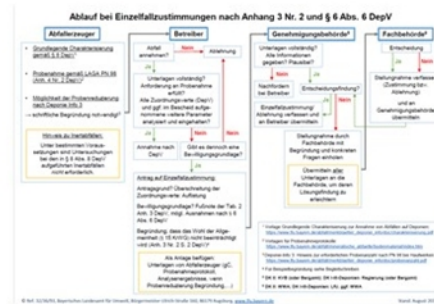
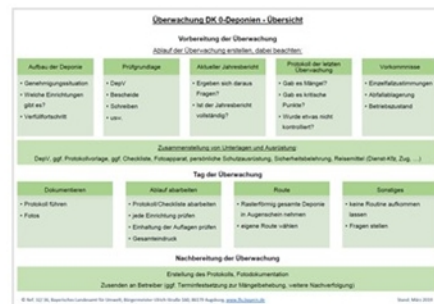
- Dr. Fatemeh Shajari, Referat 36, LfU-Dienststelle Augsburg
- Ansprechpartnerin bei fachlichen Fragen zu DK-0-Deponien
- E-Mail-Funktionspostfach: [dk0-deponien@lfu.bayern.de](mailto:dk0-deponien@lfu.bayern.de)

### 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

### 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)



## Begleitung des Pilotprojekts DK-0 Am Weinberg Süd

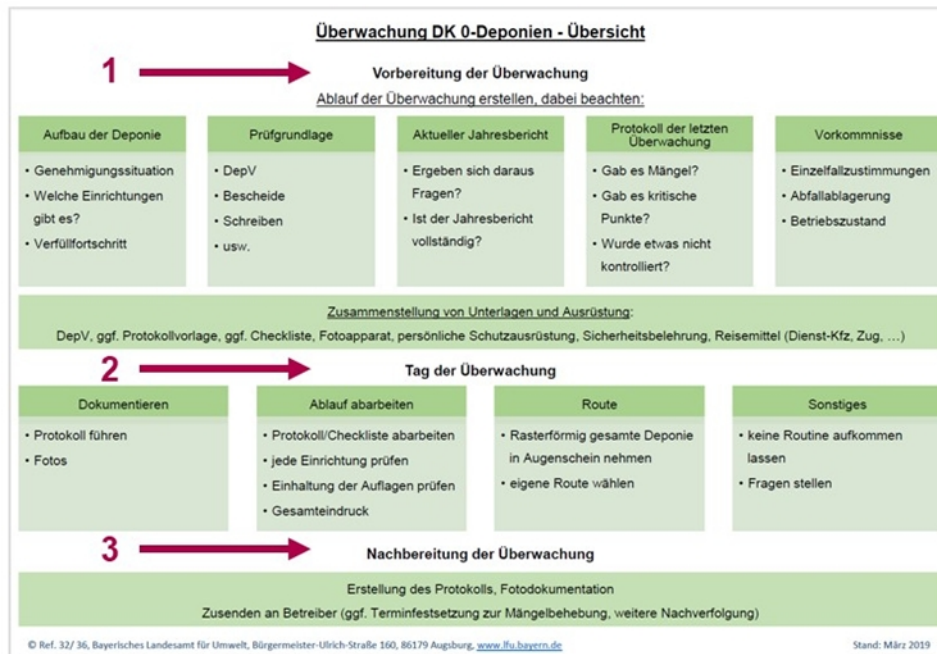
Verfahren von der Planung bis zur Errichtung  
Planfeststellungsverfahren beendet. Bescheid: Februar 2023

### Ziel der Begleitung:

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

→ Enger Kontakt mit Deponiebetreibern

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



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

**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

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

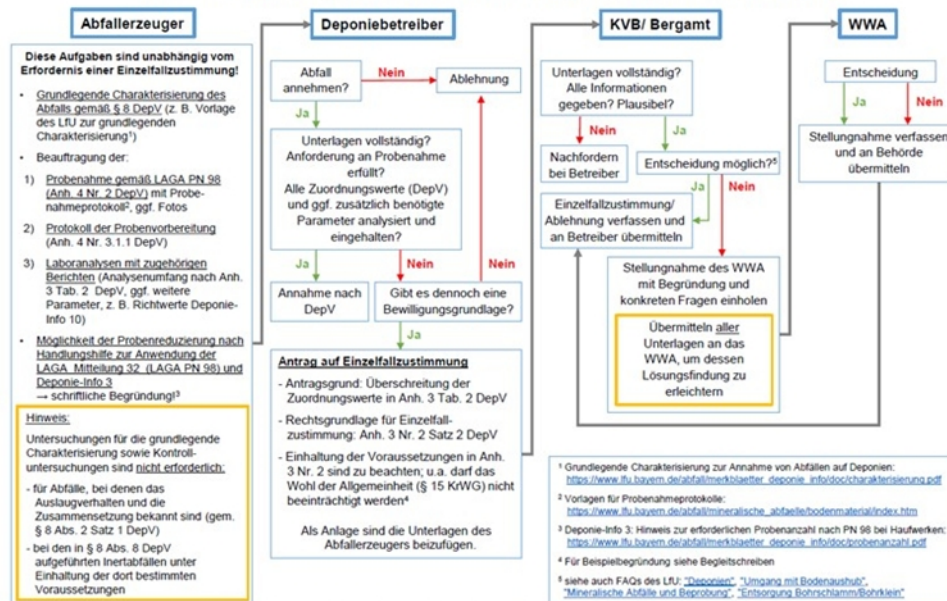
**Protokollvorlage**

1 Allgemeiner Betrieb			
1.1 Betriebsordnung	<input type="checkbox"/> in Ordnung	<input type="checkbox"/> nicht i. O.	<input type="checkbox"/> entfällt
Bemerkung: _____			
_____			
1.2 Betriebshandbuch	<input type="checkbox"/> in Ordnung	<input type="checkbox"/> nicht i. O.	<input type="checkbox"/> entfällt
Bemerkung: _____			
_____			
1.3 Betriebstagebuch	<input type="checkbox"/> in Ordnung	<input type="checkbox"/> nicht i. O.	<input type="checkbox"/> entfällt
Bemerkung: _____			
_____			
1.4 Register	<input type="checkbox"/> in Ordnung	<input type="checkbox"/> nicht i. O.	<input type="checkbox"/> entfällt
Bemerkung: _____			
_____			
1.5 Jahresbericht	<input type="checkbox"/> in Ordnung	<input type="checkbox"/> nicht i. O.	<input type="checkbox"/> entfällt
Bemerkung: _____			
_____			
1.6 Personaldichte	<input type="checkbox"/> in Ordnung	<input type="checkbox"/> nicht i. O.	<input type="checkbox"/> entfällt
Bemerkung: _____			
_____			

### Ausführliche Checkliste

### Arbeitshilfe „Ablauf bei Einzelfallzustimmungen“

#### DK-0-Deponien – Ablauf bei Einzelfallzustimmungen nach Anh. 3 Nr. 2 DepV



## 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>

## 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

## 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

18

© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## 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

## 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

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

## Öffentlichkeitsarbeit

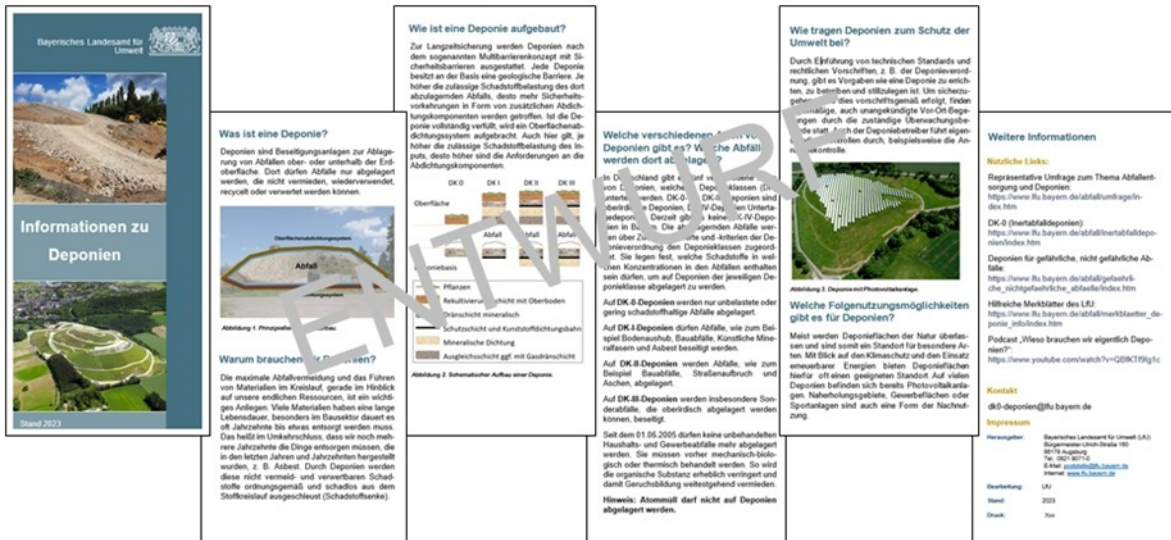
- Erstellung eines Info-Blattes für KVB





## Öffentlichkeitsarbeit

- Erstellung eines Flyers für Bürgerinnen und Bürger



**Was ist eine Deponie?**  
Deponien sind Beseitigungsanlagen zur Ablagerung von Abfällen ober- oder unterhalb der Erdoberfläche. Dort dürfen Abfälle nur abgelagert werden, die nicht verrotten, wiederverwendet, recycelt oder verbrannt werden können.

**Wie ist eine Deponie aufgebaut?**  
Zur Langzeitsicherung werden Deponien nach dem sogenannten Müllbarrierenkonzept mit Sicherheitsbarrieren ausgestattet. Jede Deponie besitzt an der Basis eine geologische Barriere. Je höher die zulässige Schadstoffbelastung des dort abgelagerten Abfalls, desto mehr Sicherheitsvorkehrungen in Form von zusätzlichen Abdichtungskomponenten werden getroffen. Ist die Deponie vollständig verfüllt, wird ein Oberflächenabdichtungssystem aufgebracht. Auch hier gilt, je höher die zulässige Schadstoffbelastung des Inputs, desto höher sind die Anforderungen an die Abdichtungskomponenten.

**Welche verschiedenen Arten von Deponien gibt es? Welche Abfälle werden dort abgelagert?**  
In Deutschland gibt es vier verschiedene Klassen von Deponien, welche DK-0-Deponien sind. Davon sind die Deponien C IV (DK IV) Deponien in Deutschland. Die abgelagerten Abfälle werden über Zulu- und Abfuhröffnungen der Deponieverordnung den Deponieklassen zugeordnet. Sie legen fest, welche Schadstoffe in welchen Konzentrationen in den Abfällen enthalten sein dürfen, um auf Deponien der jeweiligen Deponiekategorie abgelagert zu werden. Auf DK-0-Deponien werden nur unbelastete oder gering schadstoffhaltige Abfälle abgelagert. Auf DK-1-Deponien dürfen Abfälle, wie zum Beispiel Bodenabwisch, Bauabfälle, Kaminöle, Mineralöl und Asbest beseitigt werden. Auf DK-2-Deponien werden Abfälle, wie zum Beispiel Bauabfälle, Straßenaufbruch und Aschen, abgelagert. Auf DK-3-Deponien werden insbesondere Sonderabfälle, die oberflächlich abgelagert werden können, beseitigt. Seit dem 01.06.2005 dürfen keine unbehaltene Haushalts- und Gewerbeabfälle mehr abgelagert werden. Sie müssen vorher mechanisch-biologisch oder thermisch behandelt werden. So wird die organische Substanz erheblich verringert und damit Geruchsbelästigung weitestgehend vermieden. Hinweis: Atommaterial darf nicht auf Deponien abgelagert werden.

**Wie tragen Deponien zum Schutz der Umwelt bei?**  
Durch Erhöhung von technischen Standards und rechtlichen Vorschriften, z. B. der Deponieverordnung, gibt es Vorgaben wie eine Deponie zu errichten, zu betreiben und stillzulegen ist. Um sicherzugehen, dass vorschriftsgemäß errichtet, betrieben und auch unregelmäßige Vor-Ort-Begleichen durch die zuständige Überwachungsbehörde statt. Auch der Deponiebetreiber führt eigenverantwortlich durch, beispielsweise die Abfallkontrolle.

**Weitere Informationen**  
**Nützliche Links:**  
Repräsentative Umfrage zum Thema Abfallentsorgung und Deponien  
<https://www.lfu.bayern.de/abfallumfrage/index.htm>  
DK-0 (Merkblätter für Deponien)  
<https://www.lfu.bayern.de/abfallmerkblaetter/index.htm>  
Deponien für gefährliche, nicht gefährliche Abfälle  
[https://www.lfu.bayern.de/abfall/abfallrechtliche\\_nicht\\_gaehrliche\\_abfaelle/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/abfall/abfallrechtliche_nicht_gaehrliche_abfaelle/index.htm)  
Hinweise Merkblätter des LfU  
[https://www.lfu.bayern.de/abfallmerkblaetter\\_deponie\\_index.htm](https://www.lfu.bayern.de/abfallmerkblaetter_deponie_index.htm)  
Podcast: „Wieso brauchen wir eigentlich Deponien?“  
<https://www.youtube.com/watch?v=GD8K17fG1tc>  
**Kontakt**  
dk0-deponien@lfu.bayern.de  
**Impressum**  
Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)  
Bayerstraße 100  
80339 Augsburg  
Tel.: 0821 927-74  
E-Mail: [kontakt@lfu.bayern.de](mailto:kontakt@lfu.bayern.de)  
Internet: [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)  
Bearbeitung: LfU  
Stand: 2023  
Druck: Nein

## 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**

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

## Internetauftritt: Umfrage zum Thema Abfallentsorgung und Deponien

1. Abfall

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



Abfall – vermeiden, verwerten, beseitigen

**Aktuelles**

**Wohin mit alten Li-Ionen-Akkus?**

**Lithium-Akkus und ihre umweltgerechte Entsorgung**

Lithiumhaltige Akkus und Batterien begegnen uns überall im Alltag. Was ist zu tun, wenn diese defekt oder am Ende ihrer Lebenszeit sind? Wer nimmt alte Akkus und Batterien zurück? Wie entsorge ich diese richtig und sicher? Das alles wird anschaulich in einem animierten Erklärvideo im Abfallratgeber Bayern gezeigt.

Erklärvideo  
ABFALLRATGEBER BAYERN

2. Umfrage

Abfallbilanz Akkus Arbeitshilfe **Umfrage** POLARIS-KS Gebäuderückbau

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

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

## 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.

– 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

DK-0-Deponien →

Merkblätter des LfU →

## Internetauftritt: Merkblätter des LfUs

Startseite >> Abfall >> Merkblätter und Deponie-Info

### Merkblätter und Hinweise für den Vollzug bei Deponien

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: Auswerterroutine - XLSX	12/2020
LFU-Deponie-Info 4: Muster für die Erstellung von einheitlichen Jahresberichten für die Anlagenüberwachung von Deponien (Deponie-Jahresbericht) - DOCK	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) - DOCK	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
Bundesemittenten Qualitätsstandard (BQS): 7-4a "Technische Funktionsschichten - Brennstoffe auf Deponien" vom 01.12.2017 - BfE	07/2015

[https://www.lfu.bayern.de/abfall/merkblaetter\\_deponie\\_info/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/abfall/merkblaetter_deponie_info/index.htm)

LFU-Deponie-Info 10 – DK-0 Inertabfalldeponien

24

© LfU / Referat 36 / Fatemeh Shajari / Juli 2023

## 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

### DK-0 (Inertabfalldeponien)

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

Umgangssprachlich wird eine Inertabfalldeponie oder DK-0-Deponie häufig als „Bauschuttdeponie“ oder „Endaushubdeponie“ bezeichnet.

DK-0-Deponien, sogenannte Inertabfalldeponien, stellen die niedrigste Deponiekategorie 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 separat als Bau- und Abbruchabfälle mit nur geringfügig anhaftenden nichtmineralischen Fremdbestandteilen. Gemeinhin bezeichnet man Inertabfälle als Bodenaushub, Endaushub, 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 Deponieabfüllung führen können, sind keinesfalls zulässig, ebenso Abfälle, die zu erheblichen Geruchsbelästigungen für die Beschäftigten und die Nachbarschaft führen.

22

© 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 

## Relevante Punkte

- Vorhandene Richtlinien als Stand der Technik relevant:
  - **VDI 3899 Blatt 2**  
„Emissionsminderung - Deponiegas - Systeme zur Deponiegaserfassung und Belüftung“
  - **VDI 3899 Blatt 1**  
„Emissionsminderung; Deponiegas; Deponiegasverwertung und -behandlung“
  - GDA E 2-18  
„Geotechnische Belange der Deponieentgasung“
  - SKZ/TÜV-LGA Güterichtlinie  
„Rohre, Schächte und Bauteile auf Deponien“
  - VDI 3477  
„Biologische Abgasreinigung – Biofilter“
  - VDI 3790 Blatt 2  
„Umweltmeteorologie - Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen - Deponien“

2

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

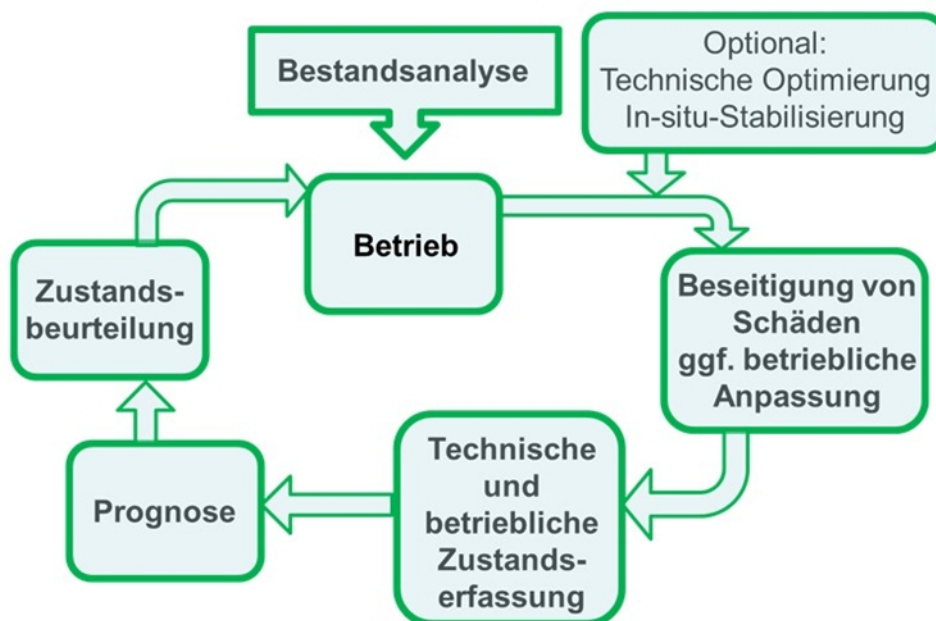
## Zentrale Aussagen

- 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  $0,5 \text{ l} / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$
- QMP Deponiegas – **Dokumente & Dokumentation**
- Zyklische Überprüfung alle vier Jahre

3

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Zyklische Überprüfung



4

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## 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

## Anforderungen konkreter

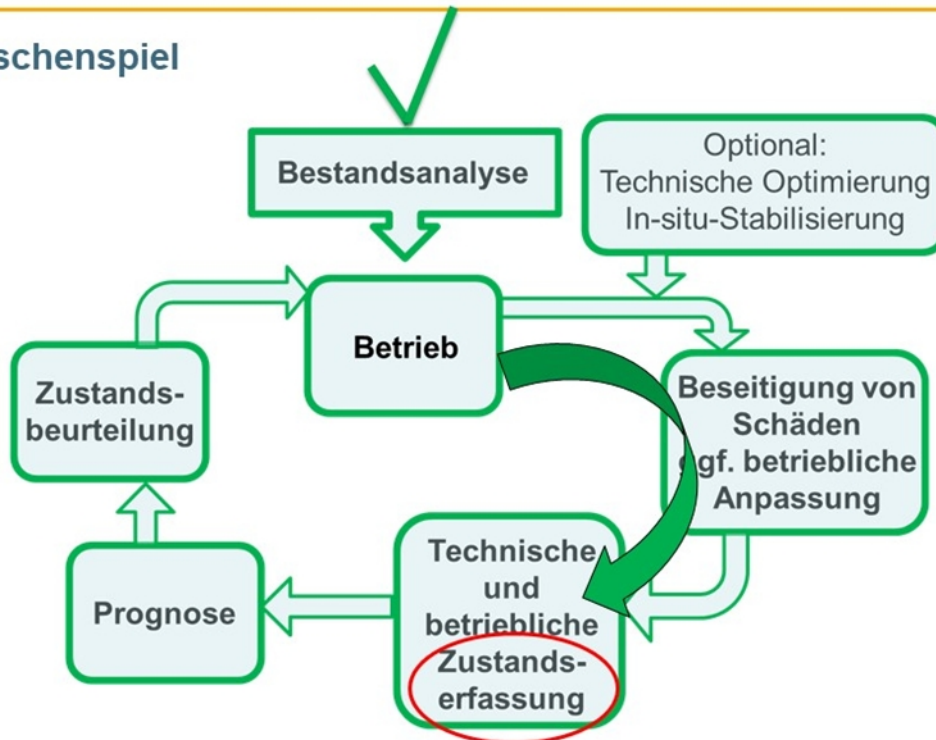
### 2. Bestandsanalyse

#### 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

## Zwischenspiel



7

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Anforderungen konkreter<sup>2</sup>

### 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!**

8

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Anforderungen konkreter<sup>3</sup>

### 4. Sicherheitstechnisches Konzept

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

- Explosionsschutzdokument (Zonenplan, Feuerwehrubersichtsplan)
- 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!**

## Anforderungen konkreter<sup>3</sup>

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 10-1 „Deponiegas“ vom 10.11.2021	Anhang 1 Seite 30
---	----------------------

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 10-1 „Deponiegas“ vom 10.11.2021	Anhang 1 Seite 31
---	----------------------

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

Im Rahmen der Anforderungen zur Prüfung einer Deponieentgasungsanlage 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						
Prüfung gemäß	Prüfung durch	Prüfintervall (Häufigkeit)	Jahr der Inbetriebnahme (JB)	JB +1	JB +2	JB +3	JB +4	JB +5	JB +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 (ZUS) 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 <sup>1)</sup>			X <sup>1)</sup>
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):

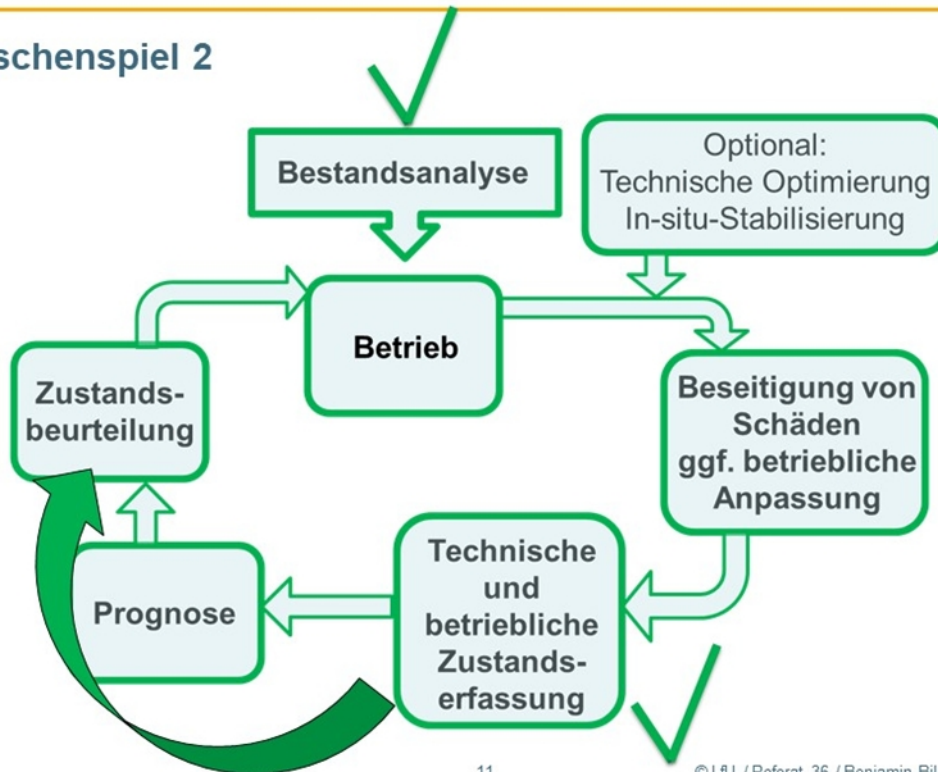
- Technische Prüfung gemäß TRBS 1201

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

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



## Zwischenspiel 2



11

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Anforderungen konkreter<sup>4</sup>

### 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<sup>5</sup>

### 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!**

13

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

## Anforderungen konkreter<sup>6</sup>

### 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

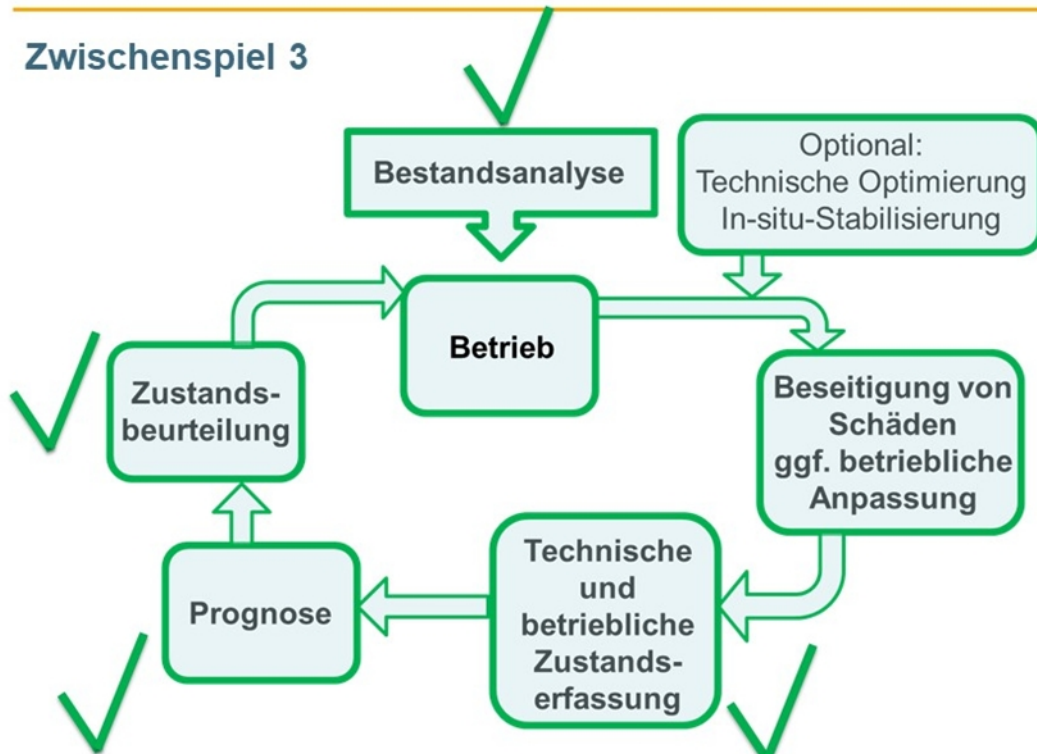
Durchführung durch den Betreiber oder extern möglich  
→ Auswertung, Beurteilung & Dokumentation

**Teil der Bestandsanalyse  
aber wiederkehrend!**

14

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

### Zwischenspiel 3



15

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

### QMP Deponiegas

#### Was enthält der QMP Deponiegas?

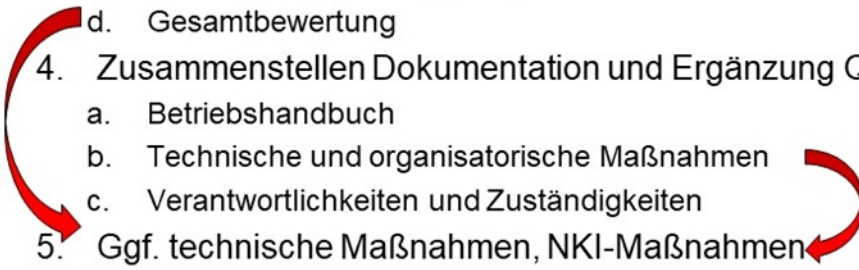
- *Dokumentation der Bestandsanalyse*
  - *Dokumentation Zustandserfassung und Überprüfung Funktionstüchtigkeit*
  - *Dokumentation Gasentwicklung*
  - *Deponiegaspotential*
  - *Abschätzung Leistungsfähigkeit Entgasungssystem*
  - *Gesamtbewertung mit Soll-Ist-Abgleich*
- *Betriebshandbuch Deponiegas*
- *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*

16

© LfU / Referat 36 / Benjamin Bilek / 04.07.2023

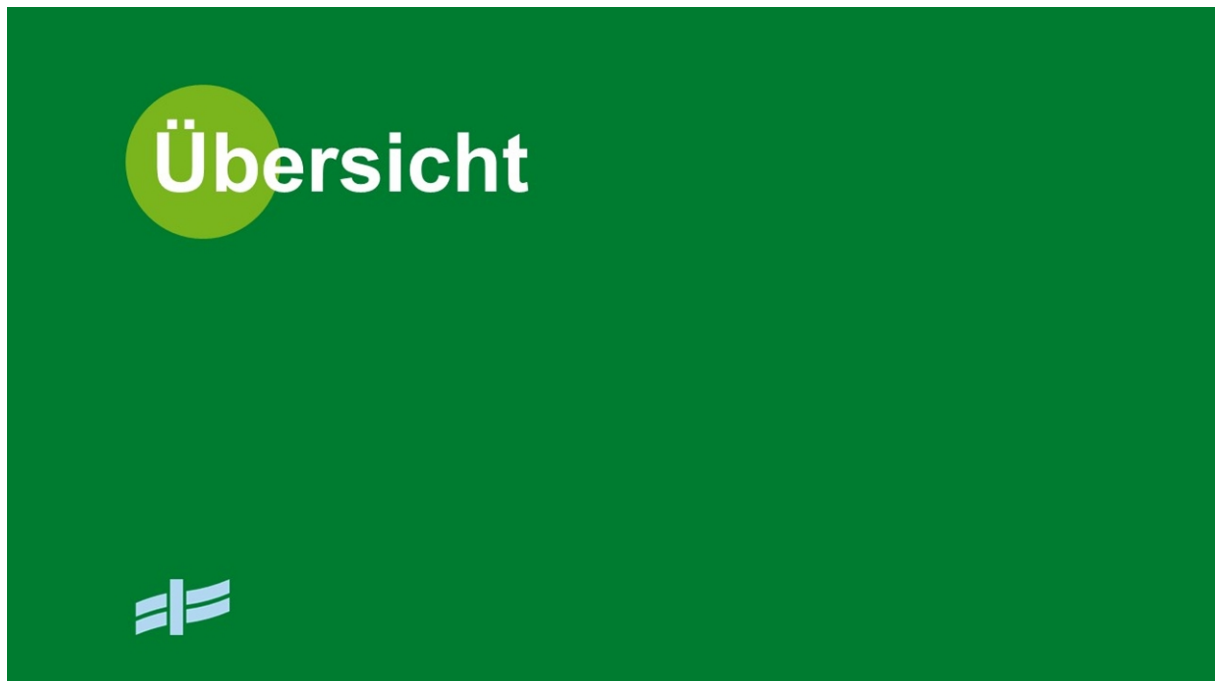
## Anforderungen am konkretesten

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
- 

# Deponiegas – eine unendliche Geschichte? - Perspektiven einer Machbarkeitsstudie

Manfred Eberle, R & H Umwelt GmbH



## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Übersicht

1. Deponiegas
2. Nationale Klimaschutzinitiative
3. Machbarkeitsstudie
4. Perspektiven

Jun-23 | 3

01.

Deponiegas – eine  
unendliche Geschichte?



## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Deponiegas - Begriff

#### Deponiegas

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

= CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> + Spurenstoffe (100 %)

= Deponiegas i.e.S.

mit nachlassender Deponiegasbildung (Alter)

= CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> + Spurenstoffe (<< 100 %) + N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>

= zunehmend „verdünntes“ Deponiegas

Jun-23 | 5

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Deponiegas – Entwicklungsphasen

#### Entwicklungsphasen nach VDI 3790 Bl. 2

I – III: einsetzende Gasentwicklung

IV – V: Methan- und Langzeitphase

- allein CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> („reines“ Deponiegas)
- Rückläufige Deponiegasbildung

VI: Lufteindringphase

- CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> (Deponiegas „verdünnt“)
- Kein O<sub>2</sub>

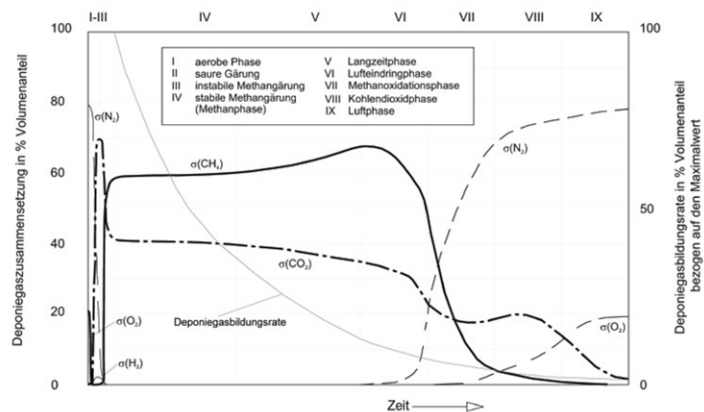
VII: Methanoxidaionsphase

- CH<sub>4</sub>-Abbau
- CH<sub>4</sub>+CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>(+O<sub>2</sub>)

VIII: Kohlenstoffdioxidphase

- Aerobe Abbauprozesse
- Verbliebene schwer abbaubare Organik
- Langanhaltender Verlauf

IX: Luftphase




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

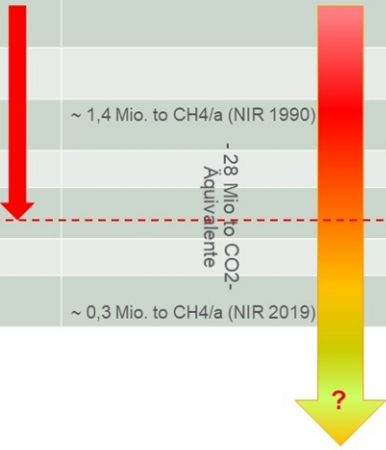
Jun-23 | 6

## 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 CH <sub>4</sub> /a (NIR 1990)
2001	DepV/AbAbiV/DepVerwV		
2005 (01.06.05)		Ende „Hausmüll“- Ablagerung	
2009	DepV		
Aktuell			~ 0,3 Mio. to CH <sub>4</sub> /a (NIR 2019)




28 Mio. to CO<sub>2</sub>-  
Äquivalente

Jun-23 | 7

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

Deponiegas – Bildung und Erfassungsgrad



Deponiegasbildung (NIR 2019)

- Deponiegasbildung gesamt:	410.000 to CH <sub>4</sub> /a	100 %
- Davon nicht gefasst:	290.000 to CH <sub>4</sub> /a	71 %*)
- Gefasst	120.000 to CH <sub>4</sub> /a	29 %

\*) aktuelle Zahlen niedriger

Treibhauswirksamkeit:  
- CH<sub>4</sub> ~ 28-fach gg. CO<sub>2</sub>

**Tabelle 10: Treibhausgaspotenzial der wichtigsten Treibhausgase**

Treibhausgas	CO <sub>2</sub> -Äquivalente (GWP100) in kg CO <sub>2</sub> -Äq/kg
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ), fossile	1
Methan (CH <sub>4</sub> ), fossil	30
Methan (CH <sub>4</sub> ), regenerativ	28
Distickstoffmonoxid (N <sub>2</sub> O)	265

Quelle: (IPCC 2013), Appendix 8.A

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

Jun-23 | 8



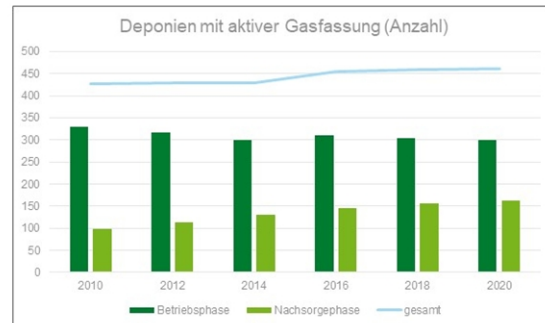
## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Deponiegas - Deponien mit aktiver Gasfassung

#### Deponien mit aktiver Gasfassung (bundesweit) 2010 - 2020

- 450 Deponie mit aktiver Gasfassung
- 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

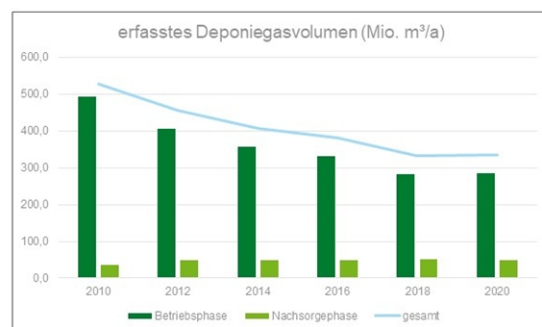
## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Deponiegas - erfasstes Deponiegasvolumen

#### Erfasstes Deponiegasvolumen 2010 - 2020

- rückläufig von 530 Mio m<sup>3</sup>/a > 330 Mio m<sup>3</sup>/a (gesamt)
- Maßgeblich Deponien in Ablagerungs- und Stilllegungsphase (Betriebsphase) von 490 Mio m<sup>3</sup>/a > 290 Mio m<sup>3</sup>/a
- Deponien in Nachsorgephase ~ nahezu stabil um 40 – 50 Mio m<sup>3</sup>/a



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

Jun-23 | 10

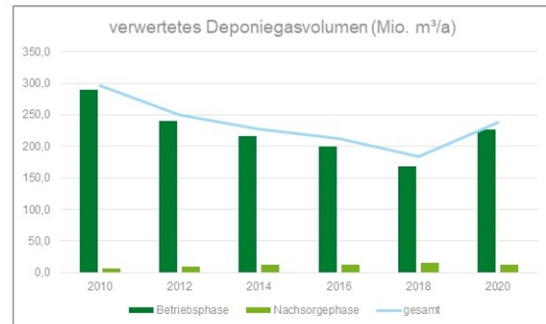
## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Deponiegas - Verwertetes Deponiegasvolumen

#### Verwertetes Deponiegasvolumen 2010 - 2020

- rückläufig (außer 2020) von 300 Mio m<sup>3</sup>/a > 180 (240) Mio m<sup>3</sup>/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

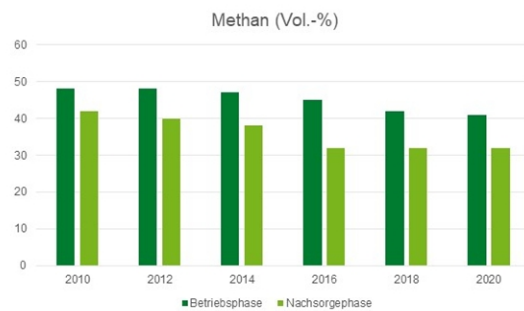
## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### 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

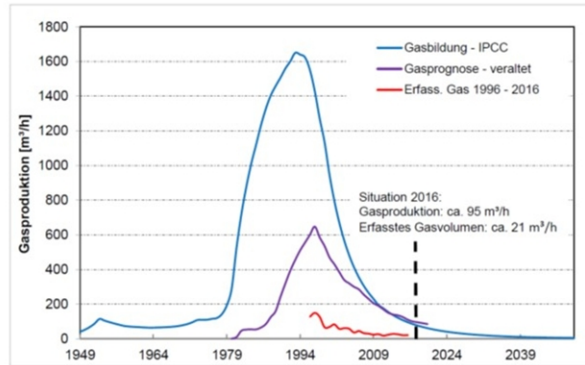
## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



### Deponiegas – Gasbildung und -Erfassung

#### Deponiegasprognose und -erfassung (m<sup>3</sup>/h)

- IPCC-Modell (Standard Nkl)
- Früheres Modell
- Tatsächlich erfasstes Deponiegasvolumen
- Prognostizierte 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. Würden 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

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. Oberflächenabdichtungssystem > funktionsfähig und stabil
5. Standsicherheit > dauerhaft gewährleistet
6. Unterhalt technischer Einrichtungen > nicht mehr erforderlich
7. Sickerwasser-Direkteinleitung > möglich (AbwV Anh. 51)
8. Grundwasser-Auslöseschwellen > eingehalten
9. Asbest > Ausschluss Kontakt

Deponiegas

Deponiegas

Jun-23 | 15

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

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!

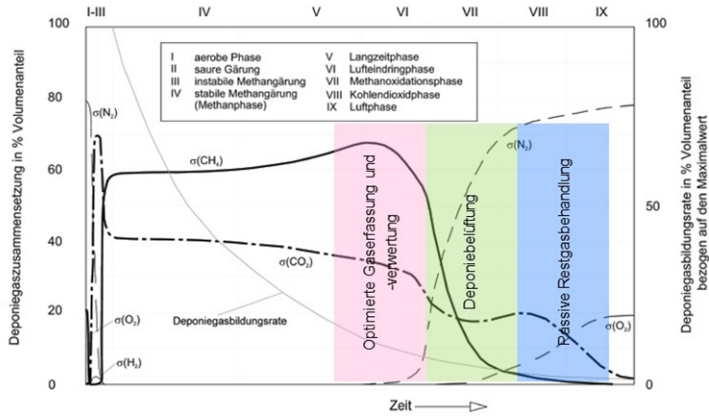
Eine Beschleunigung des Rückgangs der Deponiegasbildung wäre schön - doch wie lässt sich das wirtschaftlich kurzfristig abbilden?

Jun-23 | 16

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



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

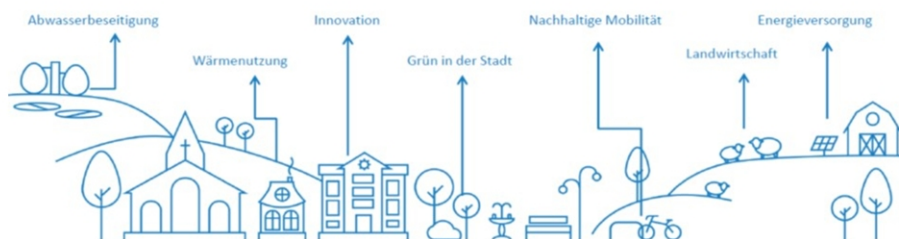
stillgelegte Siedlungsabfalldeponien

#### Förderungsvorbereitender 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

<b>Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien</b>		
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

<b>Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien</b>		
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



#### 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 Treibhausgas-minderungspotenziale 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)



## 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 Potenzialstudie 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: THG-Minderung - technisch - organisatorisch  ⇒ Vorzugsvariante
		Potenzialanalyse (1b): Berechnung des Erfassungsgrades von Deponiegas für - aktuelle Situation - optimierte Planung Ermittlung Deponiegasbildung - Deponiegasprognose Zeitliche Abschätzung - wie lange Deponiegasnutzung (CH <sub>4</sub> ) möglich - 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)

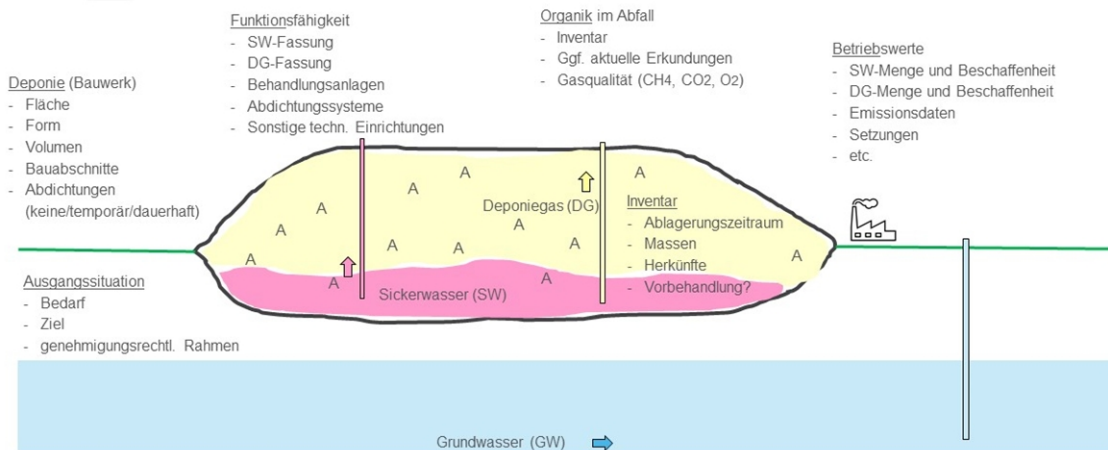
Arbeitsschritte		Besondere Anforderungen und Ergebnisse bei Siedlungsabfalldeponien	
Stufe II (optional)	Entwurfs-planung (HOAI 3)	Technische Planung (Vorzugsvariante)	Ggf. Planungsunterlagen und Genehmigung ⇒ Vorbereitung Investitionen
		Kostenberechnung	
	Genehmigungs-planung (HOAI 4)	Genehmigungsantrag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

Jun-23 | 27

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



Machbarkeitsstudie – 1a Grundlagenermittlung - Bestandsaufnahme



Jun-23 | 28

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

Machbarkeitsstudie – 1b Grundlagenermittlung - Potenzialanalyse

Stand der DG-Fassung

- Bisherige Maßnahmen
- Bestmögliche Anpassungen

Deponiegas-Bildungspotenzial

- Berechnung nach IPCC guidelines
- Bewertung Emissions-Potenzial

Treibhausgaspotenzial

- CH4 / CO2 Umrechnungsfaktor = 28

Optimierungs-Potenzial

- Technische Einrichtungen (Bestand)
- Betriebliche Maßnahmen
- ggf. Schwachgasbehandlung

**Deponiegas (DG)**

**Sickerwasser (SW)**

**Grundwasser (GW)**

**Inventar**

- Ablagerungszeitraum
- Massen
- Herkünfte
- Vorbehandlung?

**Minimierungs-Potenzial\_Methan-Bildung**

- Belüftungs-/Saugverfahren
- Vorversuche

Jun-23 | 29

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

Machbarkeitsstudie – 1c Grundlagenermittlung - Variantenskizzen

Verfahrens-Beibehaltung (anaerob)

- neue Anlage
- Gleiches Verfahren
- Anpassung **Dimensionierung**

Bestands-Beibehaltung (anaerob)

- Alte Anlage
- Anpassung **Betrieb**

Verfahrens-Änderung (anaerob)

- Neue Anlage
- Neues Verfahren
- Umstellung auf **Schwachgasbehandlung**

Verfahrens-Änderung aerob

- Neue Anlage
- Neues Verfahren
- Umstellung auf **in-situ-Aerobisierung**

**Deponiegas (DG)**

**Sickerwasser (SW)**


**Grundwasser (GW)**

**Inventar**

- Ablagerungszeitraum
- Massen
- Herkünfte
- Vorbehandlung?

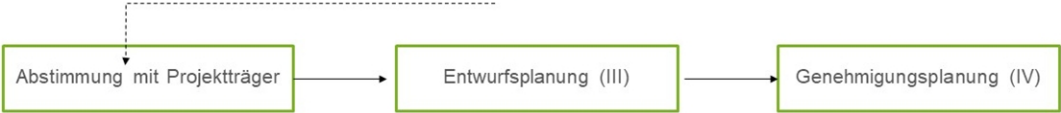
Jun-23 | 30

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



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)	




```

graph LR
    A[Abstimmung mit Projektträger] --> B[Entwurfsplanung (III)]
    B --> C[Genehmigungsplanung (IV)]
    
```

Jun-23 | 31

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



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.

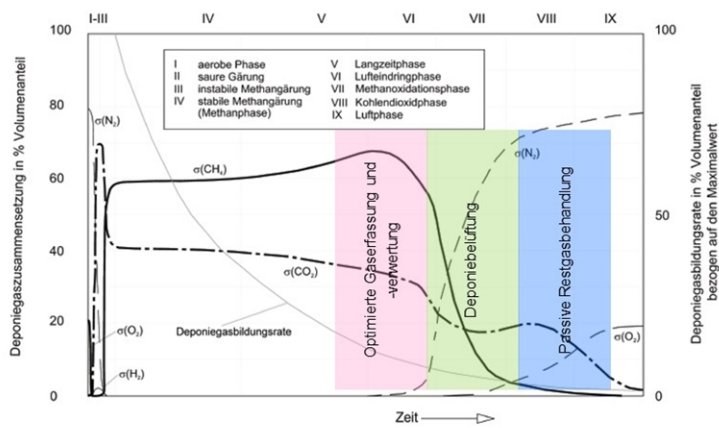
Perspektiven



Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



Perspektiven - der langfristigen Behandlung von Deponiegas



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

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien



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



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



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

### Ziel

- Beschleunigung Umsetzungsprozesse durch Umstellung auf aerobes Milieu
- sobald keine energetische Nutzung mehr 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<sub>bio</sub> 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



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 Infiltration Wasser
- Prozessluft-Behandlungs-Aggregate
- MSR-Technik
- Monitoring und Emissionsüberwachung

### Förderquote

- 50 % (65 % finanzschwache Kommunen)

Jun-23 | 38

## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien

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)
<b>Summe</b>	<b>152</b>	<b>119</b>	<b>22</b>
<b>Summe Projektkosten</b>	<b>8,3 Mio EUR</b>	<b>97,4 Mio EUR</b>	<b>19 Mio. EUR</b>

Q.: Blutz (2023); in Deponietechnik 2023 (Siegmann et al. (Hrsg.) geringfügig überarbeitet)

Q.: KRL (2022) Jun-23 | 39

- ## Deponiegas – Machbarkeitsstudie Siedlungsabfalldeponien
- 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-Stabilisierung
    - > 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](mailto: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

### Rytec GmbH - Übersicht

- Unabhängiges Ingenieurbüro
- Standorte in Baden-Baden und Dreieich (bei FFM)
- Gegründet in Deutschland 1998 (enge Beziehung zur Schweizer Rytec AG)
- Schwerpunktgebiet Südwestdeutschland und Ostfrankreich, Schweiz
- 23 Mitarbeiter – Ingenieure und Techniker

Technologieoffene Planung und Konstruktion mit dem Fokus auf wirtschaftliche Lösungen im Langzeitbetrieb



[www.rytec.com](http://www.rytec.com)

## 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



[www.rytec.com](http://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



[www.rytec.com](http://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](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](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-04-15-climate-change_22-2020_nir_2020_de.pdf)



www.rytec.com

## Grundlage der verwendeten Modelle: Kinetik erster Ordnung

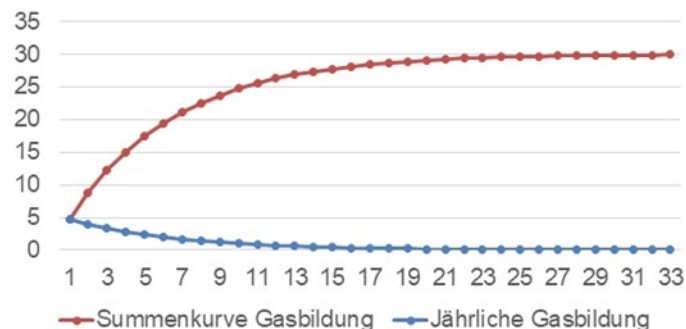
Produktbildung nach Kinetik 1. Ordnung:  $G_t = G_0 \cdot (1 - e^{-kt})$

Beispiel:

$G_0 = 30$

$K = 0,1733$

(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.  $1/a$

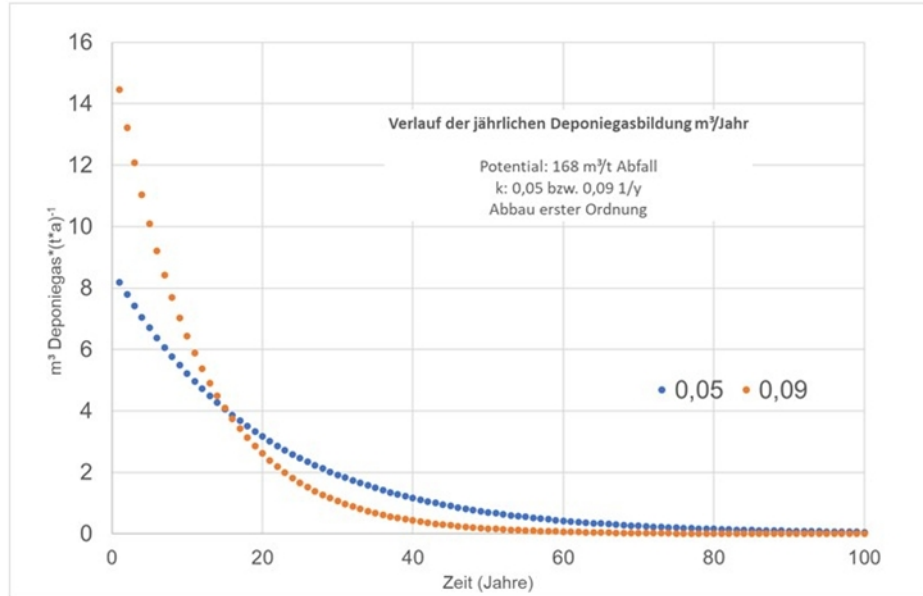
t: Zeit nach Ablagerung in a

Halbwertszeit kann aus k berechnet werden:  $H = \ln(2)/k$



www.rytec.com

## Grundlage der verwendeten Modelle: Kinetik erster Ordnung



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

**EQUATION 3.2**  
**DECOMPOSABLE DOC FROM WASTE DISPOSAL DATA**  
$$DDOC_m = W \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF$$

Where:

- DDOC<sub>m</sub> = 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<sub>f</sub> = fraction of DOC that can decompose (fraction)
- MCF = CH<sub>4</sub> correction factor for aerobic decomposition in the year of deposition (fraction)

DOC und DOC<sub>f</sub> bestimmen im Wesentlichen das Gaspotential.

## 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 <sub>r</sub> in -	Halbwertszeit in Jahre	K in 1/Jahr
<b>Leicht abbaubar</b>				
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
<b>Mittel abbaubar</b>				
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
<b>Schwer abbaubar</b>				
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?



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:

Einzel zuordnen - Zusammensetzung berücksichtigen

Ggf. Sensitivität der Annahmen untersuchen

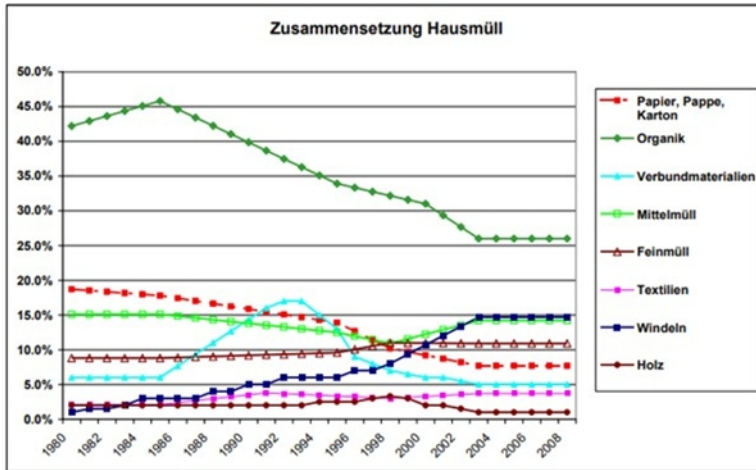
	Default Value	Range
Food waste	0,15	0.08-0.20
Garden	0,2	0.18-0.22
Paper	0,4	0.36-0.45
Wood and straw	0,43	0.39-0.46
Textiles	0,24	0.20-0.40
Disposable nappies	0,24	0.18-0.32
Sewage sludge	0,05	0.04-0.05
Rubber	0,39	0.39
Bulk MSW waste	0,18	0.12-0.28
Industrial waste	0,15	0-0.54

In jedem Fall: nachvollziehbar darstellen!



www.rytec.com

## Herausforderung bei der Anwendung



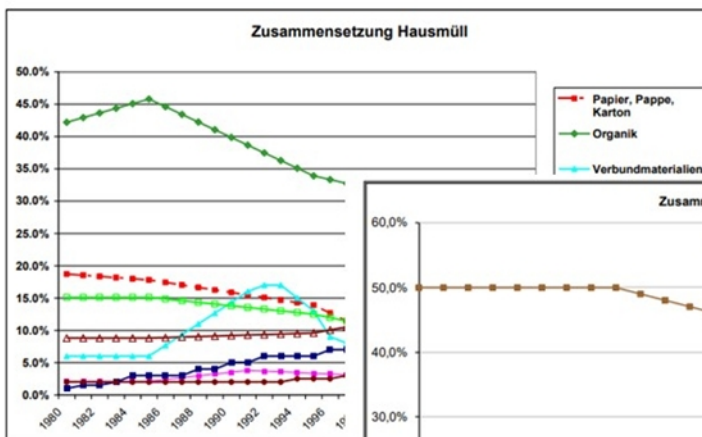
Zusammensetzung für Hausmüll und Sperrmüll über längere Zeiträume



Inventarisierungsbericht Umweltbundesamt 2013

www.rytec.com

## Herausforderung bei der Anwendung



Zusammensetzung für Hausmüll und Sperrmüll über längere Zeiträume

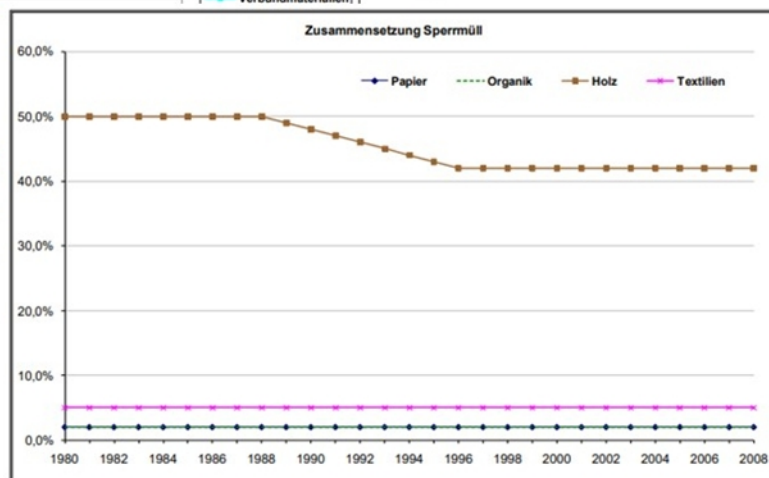


Abbildung 72: Trend in der Zusammensetzung des Sperrmülls (ABL) zwischen 1980 und 2008



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 angegeben 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 angegeben 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)].



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.

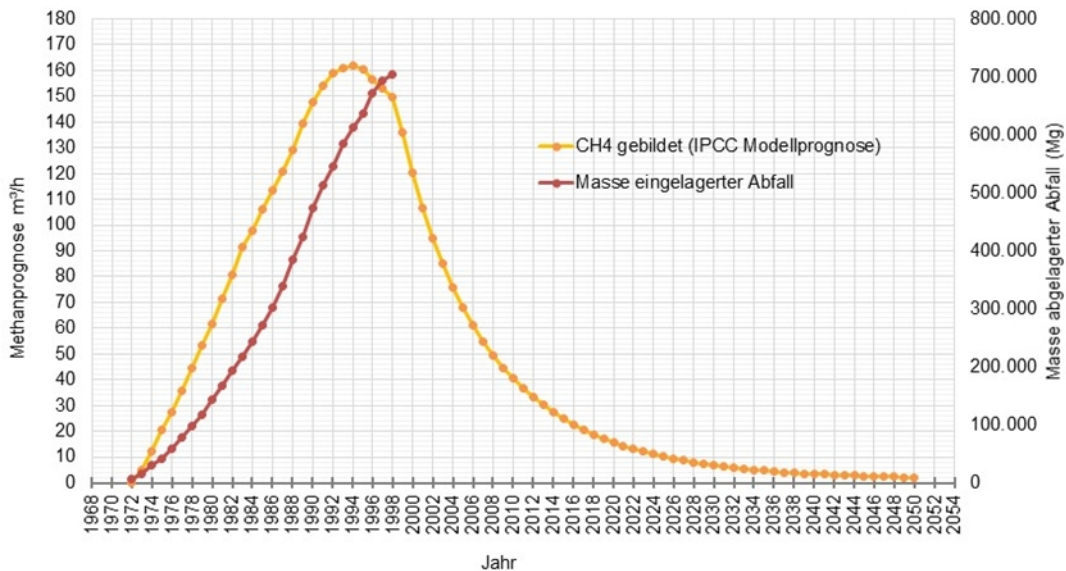


Überprüfung der Emissionsfaktoren für die Berechnung der Methanemissionen aus Deponien von Gerhard Rettenberger Eckhard Haubrich Rolf Schneider Ingenieurgruppe RUK GmbH Stuttgart Projektnummer 29180, Umweltbundesamtes  
Januar 2014

www.rytec.com



## Beispielrechnung



www.rytec.com

## Auswertung von Betriebsdaten - Praktische Aspekte der Deponieentgasung



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)

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

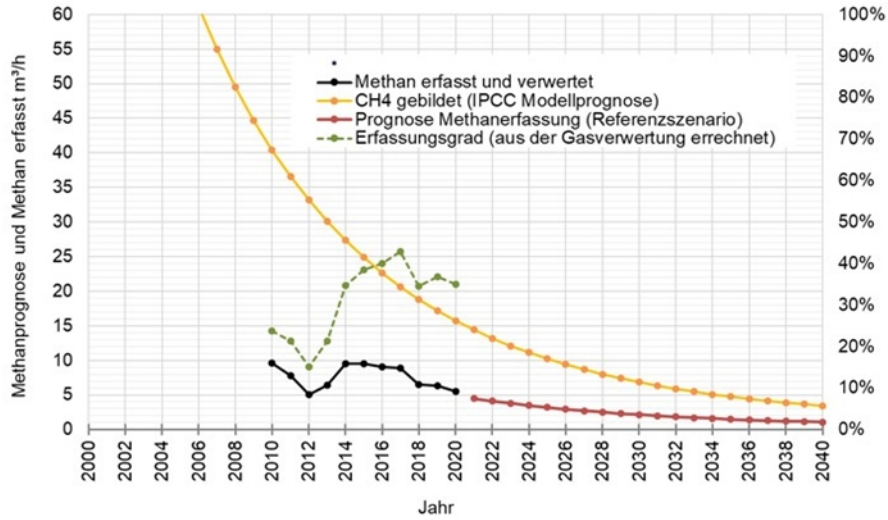
Erfassungsgrad:

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

## Zusammenführung Prognose und Daten der Gasfassung

Gasprognose, Gasfassung und Erfassungsgrad



Kritisches Hinterfragen des Erfassungsgrades bzw. Bestandsanalyse Gasfassung



www.rytec.com

## Absaugversuch



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)



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

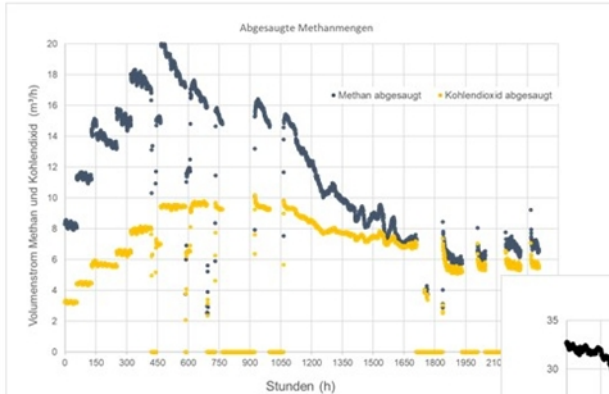
Eine bestimmte Absaugrate definiert den resultierenden Saugdruck im System und damit das „Einzugsgebiet“ der Absaugung

Bei Absaugung der gesamten Deponie: Werden einzelne Brunnen verändert, verändert sich das gesamte System – Einschwingen auf stabilen Zustand beginnt wieder von vorn

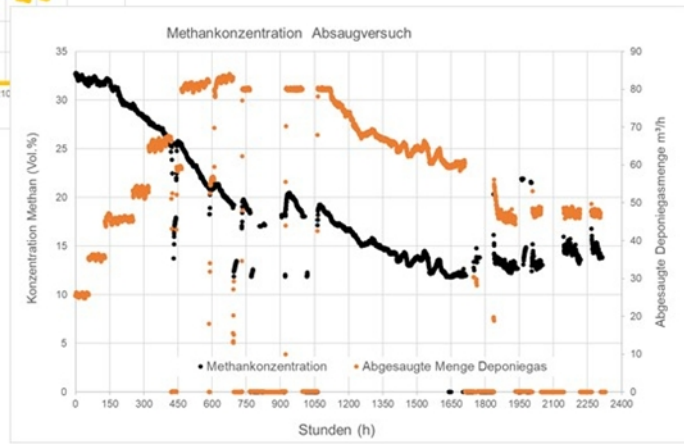


www.rytec.com

## Absaugversuch Ergebnisse

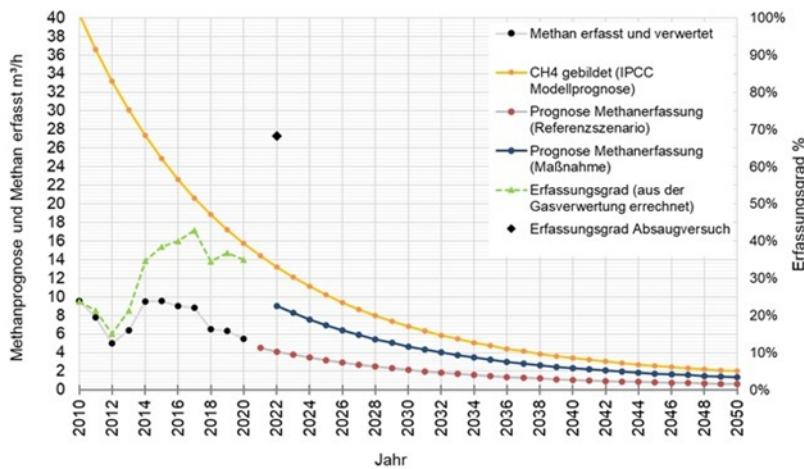


Ziel:  
Dimensionierungsgrößen  
Volumenstrom  
Methankonzentration



## Zusammenführung Prognose, Auswertung Gasfassung und Absaugversuch

Gasprognose, Gasfassung und Erfassungsgrad  
Szenarien Referenz und Maßnahme



Langfristige Prognose  
Volumenstrom Methan und Konzentration für Anlagendimensionierung



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

## 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

## 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:T.Baumgaertel@edr.de)

Manfred Eberle  
R & H Umwelt GmbH  
Schnorrstraße 5a  
90471 Nürnberg  
Tel.: 0911 8688–160  
E-Mail: [MEberle@rh-umwelt.de](mailto: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](mailto:Walter.Egelseer@fuerth.de)

Prof. Dr.-Ing. Christian Kellner  
Hochschule München  
Fakultät für Bauingenieurwesen  
Karlst. 6  
80333 München  
Tel.: 089 1265–2422  
E-Mail: [Christian.Kellner@hm.edu](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:Fatemeh.Shajari@lfu.bayern.de)

## Programm

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

## Organisation

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

So erreichen Sie uns: [Lagepläne / Anreise](#)





Eine Behörde im Geschäftsbereich  
Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Verbraucherschutz

