



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Deponieseminar 2014 – Aktuelles zu Recht und Vollzug



abfall

Fachtagung am 24. September 2014



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Deponieseminar 2014 – Aktuelles zu Recht und Vollzug

Fachtagung am 24. September 2014

UmweltSpezial

Impressum

Deponieseminar 2014 – Aktuelles zu Recht und Vollzug
Fachtagung des LfU am 24.09.2014

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Redaktion:

LfU Referat 12

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Druck:

Eigendruck Bayer. Landesamt für Umwelt
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

September 2014

Der Tagungsband steht auch als PDF-Datei zum kostenfreien Download zur Verfügung: www.bestellen.bayern.de.

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

Deponiesituation und Aktuelles aus dem LfU	5
Karl Johann Drexler, LfU	
Annahme von KMF- und asbesthaltigen Abfällen an Deponien – Rechtliche Rahmenbedingungen; Darstellung der Sachlage	14
Michael Axmann, LfU	
Deponie Außernzell – Einbau von Asbest- und KMF-Abfällen aus der Sicht des Betreibers	19
Christian Pietruska, AWG Donau-Wald mbH, Außernzell	
Möglichkeiten der Deponiegasbehandlung bei rückläufigen Gasmengen und Methangehalten	32
Dipl.-Ing. Johann Roth, Ingenieurbüro Roth + Partner GmbH, Karlsruhe	
Passiventgasung mit Methanoxidationsfilter am Beispiel Deponie Schwaiganger	43
Wolfgang Huber, Christian Dierig, AU Consult GmbH, Augsburg	
In-situ Stabilisierung der Deponie Pill	55
Dr. Klemens Finsterwalder, Dr. Daniela Sager, Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG; Bernau a. Ch. / Hittenkirchen	
Energieerzeugung auf Deponien am Beispiel des Energieparks Hüttenfeld des ZAKB Kreis Bergstraße – Nutzung von Deponiegas, PVA und Windenergie	67
Eckhard Haubrich, Stepanka Urban-Kiss, Ingenieurgruppe RUK GmbH, Stuttgart	
Schaffung von mehr Deponieraum durch wirtschaftliche und sichere Flächenerweiterung mit Steilböschungssicherungssystemen	80
Ralf Ziegler, Bermüller & Co. GmbH, Nürnberg	
Deponien im „Dornröschenschlaf“?	87
Susanne Berger, Dr. Sylke Schlenker-Wambach, iDetec Kompetenzzentrum für innovative Deponietechnik, Augsburg	
Materialien mit erhöhter natürlicher Radioaktivität (NORM) Können sie auf Deponien entsorgt werden?	97
Elisabeth Albrecht, LfU	
Tagungsleitung / Begrüßung / Referenten	111

Deponiesituation und Aktuelles aus dem LfU

Karl Johann Drexler, LfU

1 Vorbemerkung zum Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen

Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) enthält einige interessante Ansätze und Definitionen

§ 3 Begriffsbestimmungen

(6) **Inertabfälle** im Sinne dieses Gesetzes sind mineralische Abfälle,

1. die keinen wesentlichen physikalischen, chemischen oder biologischen Veränderungen unterliegen,
2. die sich nicht auflösen, nicht brennen und nicht in anderer Weise physikalisch oder chemisch reagieren,
3. die sich nicht biologisch abbauen und
4. die andere Materialien, mit denen sie in Kontakt kommen, nicht in einer Weise beeinträchtigen, die zu nachteiligen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt führen könnte.

Die gesamte Auslaugbarkeit und der Schadstoffgehalt der Abfälle sowie die Ökotoxizität des Sickerwassers müssen unerheblich sein und dürfen insbesondere nicht die Qualität von Oberflächen- oder Grundwasser gefährden.

(27) **Deponien** im Sinne dieses Gesetzes sind Beseitigungsanlagen

zur Ablagerung von Abfällen oberhalb der Erdoberfläche (oberirdische Deponien) oder unterhalb der Erdoberfläche (Untertagedeponien). Zu den Deponien zählen auch betriebsinterne Abfallbeseitigungsanlagen für die Ablagerung von Abfällen, in

denen ein Erzeuger von Abfällen die Abfallbeseitigung am Erzeugungsort vornimmt.

§ 7 Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft

(1) Die Pflichten zur Abfallvermeidung richten sich nach § 13 sowie den Rechtsverordnungen, die auf Grund der §§ 24 und 25 erlassen worden sind.

(2) Die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen sind zur Verwertung ihrer Abfälle verpflichtet. **Die Verwertung von Abfällen hat Vorrang vor deren Beseitigung. Der Vorrang entfällt**, wenn die Beseitigung der Abfälle den Schutz von Mensch und Umwelt nach Maßgabe des § 6 Absatz 2 Satz 2 und 3 am besten gewährleistet. Der Vorrang gilt nicht für Abfälle, die unmittelbar und üblicherweise durch Maßnahmen der Forschung und Entwicklung anfallen.

Durch den § 43 Anforderungen an Deponien wird die Bundesregierung ermächtigt, nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 68) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates entsprechende Verordnungen zu erlassen.

2 Die Deponielandschaft in Bayern

Grundlage für die Auswertungen sind die Daten der Abfallbilanz 2012, die vom LfU veröffentlicht wird. Die Daten werden von den entsorgungspflichtigen Körperschaften erhoben.

2.1 Deponien der Deponieklasse 0 (Bauschuttdeponien)

Die Ablagerungsmenge auf Deponien der Deponieklasse 0 gem. DepV betrug im Bilanzjahr nach den Informationen der entsorgungspflichtigen Körperschaften 2,11 Mio. t Inertabfälle.

Zum Ende des Bilanzjahres belief sich das noch verfügbare Restvolumen für die Deponieklasse 0 auf insgesamt 25,8 Mio. m³.

Damit steht in Bayern weiterhin ausreichendes Deponievolumen für die zu erwartenden Ablagerungsmengen entsprechender Abfälle der Deponieklasse 0 für die kommenden Jahre zur Verfügung.

Auch hier werden Neuerrichtungen und Ausbauten durchgeführt, wobei die Diskussion nach Bedarf von den Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung und den Verfüllmöglichkeiten in Gruben, Brüchen und Tagebauen abhängt.

2.2 Deponiesituation der Deponieklasse I und II

Im Bilanzjahr wurden auf insgesamt 32 Deponien der Klasse I und II vorbehandelte Abfälle bzw. Abfälle, die gemäß Deponieverordnung – DepV die jeweiligen Zuordnungskriterien einhalten, abgelagert. An 12 Standorten fand im Jahr 2012 keine Ablagerung statt, dort steht aber weiterhin genehmigtes Deponievolumen zur Verfügung.

2.2.1 Situation zum Jahresende 2012

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ablagerungsmengen und Deponiekapazitäten in Bayern. Nach 470.263 t Abfälle zur Beseitigung in 2011 wurden in Bayern 2012 noch 432.615 t Abfälle auf Deponiestandorten der Klassen I und II (gemäß Deponieverordnung – DepV) abgelagert. Das bedeutet einen Rückgang um 8,0 %. Insbesondere die in der Ablagerungsmenge enthaltenen Reste aus der thermischen Abfallbehandlung und der mechanisch-biologischen Vorbehandlung gingen auf 77.282 t gegenüber dem Vorjahr (140.140 t) deutlich zurück.

Regierungsbezirk	Ablagerungsmengen		Restvolumina zum 31.12.2012	
	gesamt	davon Reste aus Vorbehandlung	gesamt	verfügbar
	[t]	[t]	[m ³]	[m ³]
Oberbayern	39.272	20.075	4.674.633	840.132
Niederbayern	37.387	0	1.527.820	186.870
Oberpfalz	103.430	44.636	1.596.172	547.537
Oberfranken	59.359	102	879.772	689.772
Mittelfranken	11.459	1.186	1.476.024	524.724
Unterfranken	135.708	213	4.045.217	1.574.357
Schwaben	46.000	11.070	1.555.467	478.570
Bayern	432.615	77.282	15.755.105	4.841.962

Zum Ende des Jahres 2012 stand ein ausgebautes Deponievolumen von 4,84 Mio. m³ in Bayern zur Verfügung. Darin ist auch Restvolumen an Standorten berücksichtigt, die 2012 nicht genutzt wurden. Insgesamt stand zum Stichtag 31.12.2012 ein genehmigtes Restvolumen von knapp 16 Mio. m³ auf Deponiestandorten in Bayern zur Verfügung.

Bei Annahme einer jährlichen Ablagerungsmenge wie im Bilanzjahr von rund 435.000 t ist die Entsorgungssicherheit für Abfälle zur Ablagerung in Bayern mittelfristig gesichert.

Ihren Verpflichtungen gemäß Art. 4 des bayerischen Abfallgesetzes (BayAbfG) können die entsorgungspflichtigen Körperschaften, die selbst keine Ablagerungsstandorte betreiben, durch kommunale Zusammenarbeit oder über entsprechende Vertragsbindungen nachkommen.

2.2.2 Verwertung von Abfällen auf Deponien

Auch 2012 wurden im Rahmen von Deponiebaumaßnahmen und für betriebliche Zwecke Abfälle auf Deponien verwertet (Deponiersatzbaustoffe). Die Verwertungsmenge ging von 538.698 t im Vorjahr auf 452.191 t im Bilanzjahr

Für die einzelnen Regierungsbezirke zeigte sich folgende Entwicklung:

Oberbayern:	Rückgang von	82.569 t auf 53.595 t
Niederbayern:	Rückgang von	175.257 t auf 173.399 t
Oberpfalz:	Rückgang von	71.458 t auf 41.080 t
Oberfranken:	Rückgang von	7.058 t auf 3.432 t
Mittelfranken:	Anstieg von	11.321 t auf 18.062 t
Unterfranken:	Anstieg von	126.519 t auf 143.304 t
Schwaben:	Rückgang von	64.516 t auf 19.319 t

Die teilweise deutlichen Schwankungen ergeben sich jeweils aus dem Abschluss bzw. Neubeginn einzelner teilweise größerer Baumaßnahmen an den Deponiestandorten.

Aus der Menge der abgelagerten Abfälle zu Beseitigung und zur Verwertung ergibt sich eine Gesamtmenge von rund einer Million t, da in den Meldungen der Abfallbilanz Verwertungsmengen an seit längerem stillgelegten Deponien nicht erfasst werden. Bei der Abschätzung der Deponielaufzeiten sind die verwerteten Mengen nur zum Teil zu berücksichtigen, da sie regelmäßig in Bereichen (z. B. Tragschichten) eingebaut werden, die nicht dem Verfüllvolumen zuzurechnen sind.

2.3 Aktuelle Entwicklung bei den betriebenen Deponien

Wie bei den Deponien der Klasse 0 erfolgen auch bei Deponien der Klassen I und II Neuerrichtungen, Ertüchtigungen von Deponien der Klasse 0 und Erweiterungen.

2012

Deponie Freudlsperger:

Die Ertüchtigung als DK I wurde abgeschlossen und die Deponie ging in Betrieb

Deponie Heinersgrund:

Die Planfeststellung für die Erweiterung wurde abgeschlossen, der Ausbau hat 2014 begonnen.

2013

Deponie Schwaiganger:

Erweiterung wurde abgeschlossen und der Abschnitt ging in Betrieb

Deponie Passau Hellersberg:

Die Planfeststellung für die Deponieklasse I wurde abgeschlossen, der Bau erfolgt derzeit.

Deponie Spitzlberg:

Die Planfeststellung für einen weiteren Deponieabschnitt wurde abgeschlossen, der Ausbau erfolgt derzeit.

Deponie Steinmühle:

Die Genehmigung der Erweiterung wurde abgeschlossen, 2014 soll mit dem Bau begonnen werden.

Deponie Wirmsthal

Dort erfolgen regelmäßige Erweiterungen durch die Böschungsabdichtung.

Deponie Am Vorberg

Derzeit erfolgen die Ablagerungen auf der Deponie Erbenschwang.

2014

Deponie Hegnenbach:

Zu Beginn 2014 war die Deponie verfüllt. Mit dem Bau der Oberflächenabdichtung wurde bereits begonnen.

2.4 Brauchen wir neue Deponien

In der Fachpresse, vor allem initiiert durch Fachverbände, taucht immer häufiger die Forderung auf, neuen Deponieraum zu schaffen. Einzelne Bundesländer, wie Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt haben Studien erstellen lassen, die zum Ergebnis kommen, dass insbesondere bei Deponien der Klasse I Bedarf besteht. Auch wenn dieser Bedarf von Abfallerzeugern, Deponiebetreibern und Behörden gesehen wird, ist in der Bevölkerung in vielen Fällen keine Akzeptanz vorhanden. Hier muss auch die Politik eingreifen.

Für Bayern wurde im Auftrag des StMUV im September eine Studie in Auftrag gegeben, um den Bedarf an Deponieraum für Deponien der Klassen 0, I und II im kommenden Jahrzehnt, abhängig von der Entwicklung und möglichen gesetzlichen Änderungen, quantifizieren zu können. Es sollen die Ist-Situation aufgenommen sowie verschiedene Prognoseszenarien erstellt und analysiert werden.

Ziel der zu erstellenden Bedarfsprognose ist, im Voraus der möglichen gesetzlichen Entwicklungen, Szenarien abzubilden, die die entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften bei weiteren Planungen und Planrechtfertigungen heranziehen können. Die Schaffung von neuem Deponievolumen kann zur Sicherung der Entsorgungssicherheit im Sinne des Abfallwirtschaftsplans Bayern (AbfPV) notwendig werden.

Für Bayern und unterteilt nach Regierungsbezirken soll der Auftragnehmer (AN) auf Grundlage der Ergebnisse Empfehlungen abgeben.

3 Hinweis auf bestimmte Abfallarten

Bei bestimmten Abfallarten sind z. T. Einzelfallentscheidungen zu treffen oder neue Abfallarten sind zu beurteilen. Oft handelt es sich um Baustoffe, die früher verbaut wurden und nun zur Entsorgung anstehen. Dazu einige Beispiele

Verbundbauteile

Flachdächer mit Asphalt/Teerschichten, z. T. aber auch Isoliermaterial (KMF) und Asbest, Trennung der Lagen oft nicht möglich.

Künftig: Wärmedämmte Fassanden, wo die Bauteile verklebt sind – Trennung ? Hier ist die Aufbereitungstechnik gefragt.

Gipsplatten, gipshaltige Bauteile

Da derzeit noch keine Verwertungsmöglichkeit besteht, müssen diese Abfälle auf Deponie der Klassen I und II beseitigt werden. Eine Verwertung auf Deponie ist nicht möglich. Bestreben der MUEG und anderer Firmen zum Bau von Aufbereitungsanlagen.

Leichtbausteine

Da die Löslichkeit und die Gehalte an Sulfat und Chlorid die Zuordnungswerte der Deponieklasse 0 überschreiten, ist in der Regel eine Ablagerung auf Deponien der Klassen I und II notwendig. Eine Verwertung als RC Baustoff dürfte schwierig sein. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Porenbeton – gipsfrei – und Kalksandsteinen gipshaltig.

Ziegel mit Wärmedämmung durch KMF oder Perlite

Derzeit erfolgt eine Klärung mit den Ziegelverbänden über das Auslagverhalten, deshalb i. d. R. Deponieklasse I. Problem beim Recycling ist das Abtrennen der Dämmstoffe.

4 Industrieemissionsrichtlinie IE-RL – Regelungen für Deponien

§ 22a DepV Überwachungspläne, Überwachungsprogramme

(3) Der Abstand zwischen zwei Vor-Ort-Besichtigungen darf die folgenden Zeiträume nicht überschreiten

1. ein Jahr bei Deponien der Klasse III und IV,
2. zwei Jahre bei Deponien der Klasse II sowie
3. drei Jahre bei Deponien der Klasse I .

Wurde bei einer Überwachung festgestellt, dass der Deponiebetreiber in schwerwiegender Weise gegen die Zulassung verstößt, hat die zuständige Behörde innerhalb von sechs Monaten nach der Feststellung des Verstoßes eine zusätzliche Vor-Ort-Besichtigung durchzuführen.

Siehe: http://www.lfu.bayern.de/abfall/ueberwachung_deponien/index.htm.

§ 13 Information und Dokumentation

Neu:

(4) Der Deponiebetreiber hat die zuständige Behörde unverzüglich zu unterrichten über

1. alle festgestellten nachteiligen Auswirkungen der Deponie auf die Umwelt,
2. Störungen, die zu einer erheblichen Abweichung vom ordnungsgemäßen Deponiebetrieb führen, und
- 3. Feststellungen, dass die Anforderungen der Deponiezulassung nicht eingehalten werden.**

5 Merkblatt Deponie–Info 7 des LfU

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

Mit dem Merkblatt Deponie–Info 7 „Hinweise zum Vollzug der DepV" werden Hinweise für eine möglichst transparente und effiziente Umsetzung der Deponieverordnung (DepV) in Bayern gegeben. Zur DepV im praktischen Vollzug aufgetauchte Fragen werden aufgegriffen, sowie Hinweise zu aktuellen Änderungen der DepV gegeben.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung und rechtliche Entwicklung
- 2 § 6 DepV - Voraussetzung für die Ablagerung
 - 2.1 Überschreitung der Feststoff-Organikparameter (TOC/GV)
 - 2.2 TOC (≤ 6 Masse-%) bei Bodenaushub und Baggergut
 - 2.3 Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit
 - 2.4 Zusätzliche Zuordnungswerte – „Richtwerte“
- 3 § 8 DepV - Annahmeverfahren
 - 3.1 § 8 Abs. 1 DepV Grundlegende Charakterisierung (gC)
 - 3.1.1 Formblatt gC
 - 3.1.2 Abfallhierarchie
 - 3.2 Behandelte Abfälle
 - 3.2.1 Nachweis/Dokumentation bei Konditionierung/Mischen
 - 3.2.2 Nachweis/Dokumentation bei Behandlung mit Schadstoffsенke
 - 3.2.3 Stabilisierung (irreversible Behandlung)
 - 3.3 Regelmäßige Untersuchungshäufigkeit bei der Abfallannahme
 - 3.3.1 Kontrolluntersuchung
 - 3.3.2 § 8 Abs. 2 Satz 2 - Kleinmengenregelung
- 4 § 14 Verwertung von Deponieersatzbaustoffen

- 4.1 Einsatz bei betrieblichen Maßnahmen im Deponiekörper
- 4.2 Einsatz bei Deponiebaumaßnahmen
- 5 § 22a - Überwachungspläne, Überwachungsprogramme
- 6 § 23 - Langzeitlager
 - 6.1 Langzeitlager für flüssige Quecksilber-Abfälle
 - 6.2 Langzeitlagerung von Aschen aus der Klärschlamm-Monoverbrennung
- 7 Anhang 4 DepV – Vorgaben zur Beprobung von Abfällen
 - 7.1 Fachkunde Probenehmer
 - 7.2 LAGA PN 98 und LfU – Deponie-Info 3
 - 7.2.1 Erläuterungen zur Probenahme
 - 7.2.2 Erläuterungen zur Mindestanzahl an Laborproben
 - 7.3 Probenvorbereitung und Eluatherstellung
- 8 Anhang
 - 8.1 Untersuchungshäufigkeiten im Rahmen des Annahmeverfahrens nach § 8 DepV

6 LAGA ad hoc und BAM

LAGA ad hoc

- **BQS 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“**
vom 09.04.2014 veröffentlicht am 10.04.2014
 - DAkKS-Regeln für die Akkreditierung der fremdprüfenden Stelle beim Einbau mineralischer Baustoffe
<http://www.dakks.de/content/informationen-zur-akkreditierung-nach-depv-bqs-9-1>
- **BQS 8-1 „Rohre, Schächte und Bauteile in Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien“**
vom 24.09.2013 veröffentlicht am 10.04.2014
 - Güterrichtlinie „Rohre, Schächte und Bauteile in Deponien“ (RSB) des Süddeutschen Kunststoffzentrums / TÜV-Rheinland - Landesgewerbeanstalt Bayern im September 2013 fortgeschrieben
 - Ausgabe vom Juni 2010 wurde um Anhang 6 ("Anforderungen an Verarbeitungsbetriebe von RSB auf Deponien") ergänzt
 - Anhang 6 spiegelt die Richtlinie der BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung an Verlegefachbetriebe für den Geokunststoffbereich

– **BQS 5-5 „Oberflächenabdichtungskomponenten aus geosynthetischen Tondichtungsbahnen“**

vom 03.12.2013 veröffentlicht am 10.04.2014

- Anforderungen an Korngrößenverteilung der Trag- und Ausgleichsschicht fortgeschrieben
- Anforderungen an Überbauen einer Bentonitmatte mit KDB (in Eignungsbeurteilungen) vereinheitlicht
- Einfluss von Salzen aus der Bodenlösung der Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht auf quellfähige Tonminerale wurde untersucht

– **BQS 7-1 Kritikpunkte und Änderungsvorschläge**

► insbesondere auch auf Anregung Bayerns Fachgespräch am 21.08.2014 in Potsdam, um Fortschreibung vorzubereiten:

- Anforderungen an Luftkapazität (LK); ggf. Unterscheidung in Ober- und Unterboden
- Ermittlung der nFK durch Laboruntersuchungen nach DIN ISO 11274 vs. KA 5
- Anforderung an nutzbare Feldkapazität (nFK) im Hinblick auf eine Änderung der Deponieverordnung
- Anforderungen an TOC- und Humusgehalt

BAM

Diskussion bei der BAM über den Einsatz von Geodränmatten

7 Energiewende in Bayern

Bereits vor den Überlegungen zur Energiewende hat das LfU sich für die energetische Nutzung von Deponiegas eingesetzt. Weiterhin ging es um die Installation von Photovoltaik-Anlagen auf Deponieabschnitten in der Nachsorge.

- Deponiegasverstromung:

Zahl der Anlagen	Gesamtleistung	Stromproduktion
42 / 35	13.527 kW / 10654 kW	14.384.605 kWh / keine Daten

Quelle: Meldung der Übertragungsnetzbetreiber zum 31.12.2011 / 31.12.2013

- Photovoltaikanlagen:

	Anzahl *)	Leistung
Anlagen in Betrieb:	46	69,76 MWp
Anlagen in Genehmigung und Bau:	3	3,07 MWp
Summe:		72,83 MWp

Quelle: Faktenblatt des LfU zum Stand 06.08.2014

*) bei Deponien der Klasse 0 nicht vollständig, da dem LfU die Daten nur im Einzelfall gemeldet werden.

Technische Vorgaben für PVA auf Deponien

- LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“
Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-4a - „Technische Funktionsschichten – Photovoltaik auf Deponien“ vom 19.12.2011
- Die LfU-Deponie Info 2 gibt Hinweise für den Planer, insbesondere zum Schutz der Oberflächenabdichtung und möglicher Einrichtungen.

8 Urban mining – die Deponie als Rohstoffquelle – landfill mining

In den bisherigen Deponien sind die Inhaltsstoffe durch den gemischten Einbau nahezu homogen verteilt, so dass derzeit ein Rückbau zur Gewinnung von Rohstoffen wirtschaftlich nicht durchgeführt werden kann. Andere Aspekte, wie der Schutz des Grundwassers oder eine bauliche Nutzung, können zu einer anderen Einstufung führen.

Interessant sind jedoch Monodeponien, Monodeponieabschnitte oder spezielle Monokassetten. Hier lassen sich Chargen ausbauen und verwerten, wenn - wie z. B. für Klärschlammaschen – Aufbereitungsverfahren für die Phosphorgewinnung zur Verfügung stehen.

Grundsätzlich kann man sich die Frage stellen, ob mehr Monoabschnitte angelegt werden sollten. Dies könnte z. B. bei Müllverbrennungsaschen überlegt werden. Bei Klärschlammverbrennungsaschen erfolgt dies bereits.

9 Keine Kreislaufwirtschaft ohne Deponien

Die Abfallwirtschaft hat sich in eine Ressourcen schonende Kreislaufwirtschaft gewandelt. Dennoch ist das Wunschziel einer „Null-Abfall-Gesellschaft“, bei der alles recycelt bzw. verwertet wird, unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten nicht realisierbar.

Auch in Zukunft werden mit Schadstoffen belastete Abfälle auszu-schleusen und gemeinwohlverträglich zu beseitigen sein. Daher sind gegenüber der Umwelt gesicherte Deponien als Schadstoffsенke zur dauerhaften Ablagerung für belastete mineralische Abfälle ein unverzichtbares Element. Deponien übernehmen damit eine Art „Nierenfunktion“ der Kreislaufwirtschaft.


Das LfU sorgt als technische Überwachungsbehörde für Errichtung, Betrieb, Stilllegung und Nachsorge von Reststoffdeponien für eine dauerhaft umweltverträgliche Beseitigung.

Die abzulagernden Mengen werden auch in Zukunft abhängen von der Wirtschaftsleistung, dem technischen Fortschritt und den schadstoffbezogenen Anforderungen an die Verwertung mineralischer Abfälle. Werden letztere verschärft, erhöhen sich auch die Ablagerungsmengen auf den Deponien.

Annahme von KMF- und asbesthaltigen Abfällen an Deponien – Rechtliche Rahmenbedingungen; Darstellung der Sachlage

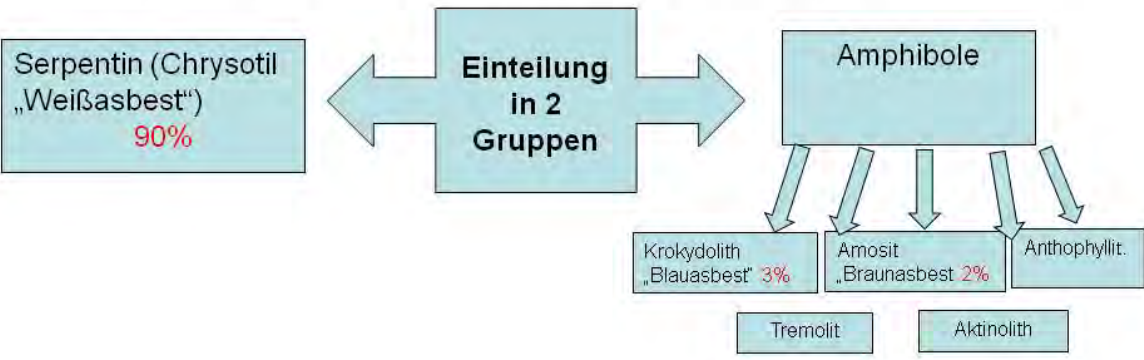
Michael Axmann, LfU

Annahme von KMF- und asbesthaltigen Abfällen an Deponien

Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Definition

Asbest ist die Sammelbezeichnung für sechs Arten silikatischer Mineralien, die natürlich in Steinbrüchen vorkommen.
→ Fasern mit mehreren cm Länge und in Büscheln verwachsen.



```
graph TD; A[Einteilung in 2 Gruppen] --> B[Serpentin (Chrysotil „Weißasbest“ 90%)]; A --> C[Amphibole]; C --> D[Krokydolith „Blauasbest“ 3%]; C --> E[Amosit „Braunasbest“ 2%]; C --> F[Anthophyllit.]; C --> G[Tremolit]; C --> H[Aktinolith];
```

Der **Name** stammt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie "unauslöschlich" oder "unvergänglich". Asbest wurde schon vor 4.500 a verwendet.

36

© LfU / Referat 36 / Michael Axmann / 24.09.2014



Rechtlicher Rahmen - Asbest bzgl. Verpackung

• DepV

Anhang 5, Nr. 4, Ziff. 3:

„Verpackte asbesthaltige Abfälle sowie [KMF-Abfälle], sind vor jeder Verdichtung, mindestens einmal wöchentlich, mit geeigneten Materialien abzudecken. Für Abfälle in beschädigten Verpackungen gilt Ziffer 2 entsprechend.“ [Besprengung, Überdeckung]

- Daraus folgt, dass die Ablagerung von **unverpackten asbesthaltigen** Abfällen als Regelfall **nicht** zulässig ist.
- Bei „beschädigten Verpackungen“ ist eine „regelmäßige Besprengung“ notwendig (!)



Rechtlicher Rahmen – Asbest LAGA-Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle (sinngemäße Zusammenfassung)

- Nr. 11.1
Die Abfälle sind in einem gesonderten Teilabschnitt einer Deponie der Klasse I, II oder III abzulagern.
- Nr. 11.2:
Das verantwortliche Leitungspersonal [...] muss über Zuverlässigkeit und Fachkunde verfügen. Tätigkeiten -> Sachkunde.
- *es ist Schutzkleidung und Atemschutz zu tragen, wenn Faserfreisetzungen erfolgen könnten. Dies gilt nicht für den Normalfall.*
- Nr. 11.3:
"Es dürfen nur asbesthaltige Abfälle angeliefert werden, die so verpackt oder entsprechend Kap. 7.2 und 7.3 verfestigt sind, dass beim Entladen und beim Einbau der Abfälle keine Asbestfasern freigesetzt werden.
(...)
Die Ablagerung hat grundsätzlich in verpacktem Zustand zu erfolgen." (...)
 - *vorsichtig Abladen*
 - *dürfen nicht geworfen, geschüttet oder abgekippt werden.*
 - *unverpackte sind zu besprengen₅*



Rechtlicher Rahmen - KMF

• DepV

Anhang 5, Nr. 4, Ziff. 2:

„Unverpackte Abfälle, die gefährliche Mineralfasern enthalten, müssen ausreichend besprengt werden [...]..“

- Die DepV geht also von der Annahme auch nicht verpackter KMF aus, die es aber nach TRGS 521 nicht geben dürfte:

• TRGS 521 (ASI-Arbeiten mit alter Mineralwolle)

Nr. 4.1 Nr. 7 (auszugsweise):

„ Abfälle sind am Entstehungsort möglichst staubdicht zu verpacken, [...] Für den Transport sind geschlossene Behältnisse (z.B. Tonnen, reißfeste Säcke, Big-Bags) zu verwenden.“

- ❖ Die materiellen Anforderungen der TRGS gelten auch für Privatpersonen.



Anlieferung mittels Abrollcontainer - Asbest

- Können nur von hinten mittels Radlader, durch Schrägstellen oder von oben entladen werden
- Von oben müssen Schlaufen der BigBags an die Staplerzinken gehängt werden (Arbeitsschutz!) (→ Anfrage GAA läuft)
- Oft Abladen durch Schrägstellung → Asbestplatten innerhalb der Plattensäcke und ganze Verpackungen innerhalb des Containers verrutschen (falsche Beladung!) und fallen mehrere Meter tief (BigBags, die auf die Plattensäcke gestapelt wurden)
- → BigBags reißen auf (Verschluss des Containers!)
- ✓ Besser: Lastzug (Hängerzug) mit seitlichen Klappen
- Seitliches Abladen mittels Radlader (Gabel oder Hebezeug) (Stichwort: Kanthölzer)

Abladen aus einem Abrollcontainer



- Arbeitsschutz, wenn Sack reißt

9

© LIU / Referat 36 / Michael Axmann / 24.09.2014

Annahmекontrolle nach § 8 Abs. 1 für nicht gefährliche KMF

- Nicht gefährliche KMF sind „normale“ Abfälle
- Sie müssen demnach auch analysiert werden
- Wir bitten, darauf in Zukunft zu achten!
- Wir planen, die Analysenergebnisse zu sammeln, um ggf. eine Ausnahme nach § 8 Abs. 2 Satz 1 DepV zu ermöglichen

16

© LIU / Referat 36 / Michael Axmann / 24.09.2014

Verpressung von KMF

- In Bayern inzwischen mehrere, auch mobile Anlagen
- Bringt deutliche Vorteile für den Transport und v. a. für den Deponiebetrieb
- Wird von uns positiv gesehen, wenn die Verpressung entsprechend durchgeführt wird.



→ Hinweis auf den folgenden Vortrag von Hr. Pietruska.

17

© LIU / Referat 36 / Michael Axmann / 24.09.2014

Für weitere Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

© LIU / Referat 36 / Michael Axmann / 24.09.2014



Deponie Außernzell – Einbau von Asbest- und KMF-Abfällen aus der Sicht des Betreibers

Christian Pietruska, AWG Donau-Wald mbH, Außernzell



LFU-Deponieseminar 2014 Christian Pietruska

Die Deponie Außernzell

- Inbetriebnahme 1977
- Deponieklasse II
- 3,6 Millionen Kubikmeter Restmüll bisher abgelagert
- 0,9 Millionen Kubikmeter freies Volumen (z. T. nicht ausgebaut)
- Maximale Müllhöhe 40 Meter
- Seit 1996 keine biogenen Abfälle durch Einführung der Biotonne
- Seit 1999 Verbrennung der Abfälle in der MVA der Stadt München, seither nur noch Ablagerung von mineralischen Abfällen
- Von 220.000 m² Deponiefläche bisher rd. 180.000 m² abgedeckt

 **ZAW**
Donau-Wald  Zweckverband
Abfallwirtschaft
Donau-Wald

24.09.2014

 **AWG**
Donau-Wald  Abfallwirtschafts-
Gesellschaft
Donau-Wald mbH 2

Die Deponie Außernzell

- Jährliche Ablagerungsmenge: rd. 20.000 Mg mineralische Abfälle
- Davon:
 - rd. 5.000 Mg Asbest
 - rd. 2.500 Mg KMF
 - rd. 11.000 Mg Abdeck- u. Verwertungsabfälle



Deponierung von Asbest und KMF

Rechtsgrundlagen

Arbeitsschutz:

- Gefahrstoffverordnung – GefStoffV (Gefährdungsanalysen)
- TRGS 519 – Asbest und TRGS 521- KMF (Verpackung und Transport)

Abfallrecht:

- Deponieverordnung – DepV Anhang 5 (Ablagerung, Abdeckung)
- LAGA M23 (Transport, Ablagerung, Abdeckung unverpackter u. verpackter Abfälle)



Anlieferung von KMF-Abfällen

Anlieferung unverpresster KMF-Abfälle: hoher Verbrauch von Abdeckmaterial



Anlieferung von KMF-Abfällen

Verpressen und stretchen von KMF-Abfällen → 5 – 7fache Volumenreduzierung



Anlieferung von KMF-Abfällen

Bereitstellung und Anlieferung von verpressten Ballen



Zweckverband
Abfallwirtschaft
Donau-Wald

24.09.2014



Abfallwirtschafts-
Gesellschaft
Donau-Wald mbH

7

Anlieferung von KMF-Abfällen

Einbau von verpressten KMF-Ballen



Zweckverband
Abfallwirtschaft
Donau-Wald

24.09.2014



Abfallwirtschafts-
Gesellschaft
Donau-Wald mbH

8

Anlieferung von KMF-Abfällen



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Nicht oder unzureichend verpackte Abfälle



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Nicht oder unzureichend verpackte Abfälle



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Unkomplizierte Annahme von Eternit-Kleinmengen in Oberösterreich



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Abgleiten aus Abrollcontainern für Schüttgut



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Abgleiten aus Abrollcontainern → nachträglicher Einbau erforderlich



LFU-Deponieseminar 2014

Christian Pietruska

Anlieferung von Asbest-Abfällen

Anlieferung aus Abrollcontainern mit Seitentüren



24.09.2014



15

LFU-Deponieseminar 2014

Christian Pietruska

Anlieferung von Asbest-Abfällen

Verrutschte Ladung nach Aufnahme von abgestellten Abrollcontainern



24.09.2014



16

Anlieferung von Asbest-Abfällen

Verrutschte Ladung nach Aufnahme von abgestellten Abrollcontainern



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Entladen von Plattenbags über Schlaufen und Hebegurte



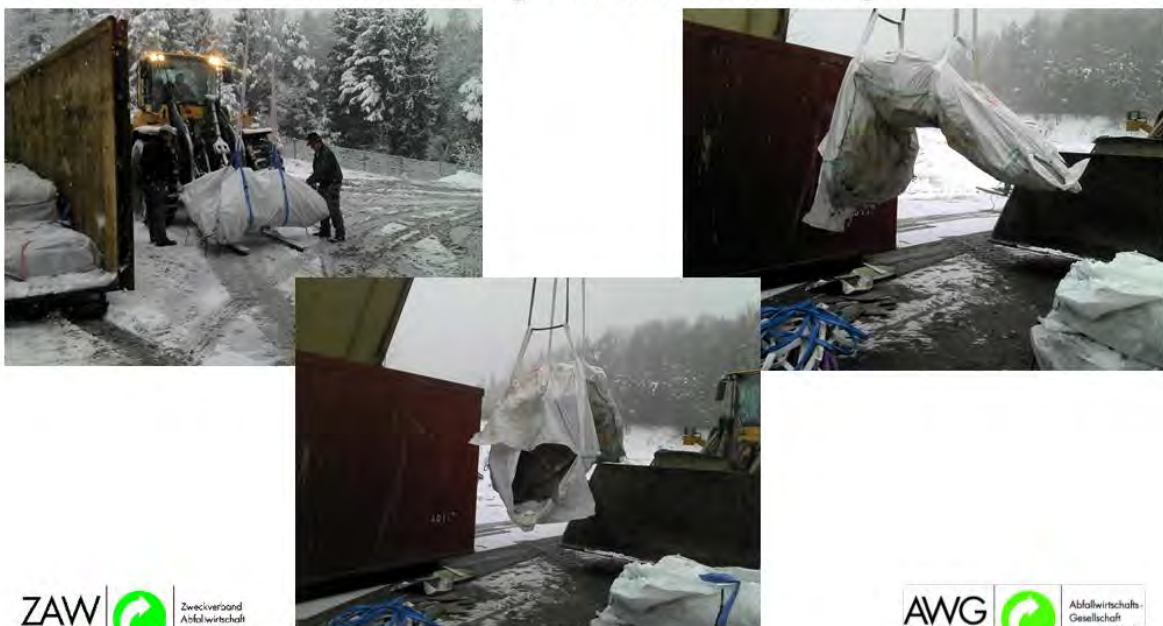
Anlieferung von Asbest-Abfällen

Entladen von Plattenbags über Schlaufen und Hebegurte



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Entladen von Plattenbags über Schlaufen und Hebegurte



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Asbestanlieferungen auf Palletten bzw. Kanthölzern



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Asbestanlieferungen auf Kanthölzern



Anlieferung von Asbest-Abfällen

Zeitsparende Entladung und sicherer Abfalleinbau



Anlieferung von Asbest- und KMF-Abfällen

Fazit

KMF-Anlieferungen

- Unverpresstes KMF → hoher Deponievolumen- und Abdeckmaterialverbrauch
- Verpresste KMF-Ballen → einfacher Abfalleinbau, gute Standsicherheit

Asbestanlieferungen

- Häufig noch fehlerhafte Anlieferungen durch Gewerbe und Privatpersonen
- Klassische Abrollcontainer für Big Bags gut, für Plattenbags schlechter geeignet
- Probleme durch verrutschende Ladung bei der Aufnahme von Abrollcontainern
- Schlaufenentladung zeitaufwendig und beim Arbeitsschutz kritisch
- Stückgutmäßige Anlieferung auf Paletten oder Kanthölzern → schnelles Entladen und einfacher Abfalleinbau, hoher Arbeitsschutz



Deponieseminar 2014 – Aktuelles zu Recht und Vollzug



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Möglichkeiten der Deponiegasbehandlung bei rückläufigen Gasmengen und Methangehalten

Dipl.-Ing. Johann Roth, Ingenieurbüro Roth + Partner GmbH, Karlsruhe

1 Einleitung

Mit Ende der Deponierung von organischem Abfall auf den ehemaligen Hausmülldeponien nimmt die Deponiegasproduktion auf diesen Deponien stetig ab. Zur Vermeidung der Emission des noch entstehenden Deponiegases und der damit verbundenen klimaschädlichen Belastungen sowie aus Gründen der Sicherheit auf dem Deponiekörper selbst sowie in der näheren Umgebung ist dieses Deponiegas weiterhin möglichst vollständig zu erfassen und möglichst schadlos zu entsorgen.

Die hier vorherrschende Entgasungssituation ist dann gekennzeichnet durch eine geringe und mit der Zeit weiter abnehmende Gasmenge und eine meist schlechtere Gasqualität in Hinsicht auf deren Brennleistung.

Dies stellt den Deponiebetreiber vor neue Herausforderungen bei der Deponiegaserafassung (mit dem Ziel eines möglichst hohen Erfassungsgrades) und bei der möglichst ökologischen und ökonomischen Entsorgung dieses Deponiegases (mit dem Ziel der energetischen Verwertung).

Im Folgenden werden für diese Aufgabenstellung einige grundsätzliche Möglichkeiten (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) exemplarisch unter dem Aspekt der ökologischen und ökonomischen Wertung aufgezeigt und weiter eine auf der Deponie Eichelbuck der Stadt Freiburg gewählte Lösung vorgestellt.

2 Entgasungssituation von Deponien in der Stilllegungs- und Nachsorgephase

2.1 Deponiegasmengen

In Abhängigkeit von der Art und der Menge der abgelagerten Abfälle und deren zeitlichem Deponierungsablauf variiert die Höhe und der Verlauf des in der Deponie produzierten Deponiegases. Hierbei ist auch die unterschiedliche Abbaucharakteristik der unterschiedlichen organischen Abfallstoffe zu berücksichtigen. Während die leicht abbaubaren Abfallstoffe, wie z. B. Nahrungsmittelabfälle, Klärschlämme schnell (Halbwertszeiten von ca. 12 Jahren) bereits in den ersten Jahren nach deren Deponierung abgebaut werden, kann sich der Abbau von schwer abbaubaren Abfallstoffen (Halbwertszeiten von bis zu 35 Jahre), wie z. B. Holz, Textilien, Papier/Pappe, über eine sehr lange Zeit hinziehen [1].

Einen möglichen Verlauf der Gasproduktion und deren Erfassung zeigt Abbildung 1. Je nach deponierter Abfallzusammensetzung wird die Abnahmegeschwindigkeit der Gasproduktion nach Ende des Ablagerungsbetriebes von organischem Abfall auch noch schneller stattfinden.

Danach ist in der Stilllegungs- und Nachsorgephase bei ehemaligen Hausmülldeponien durchschnittlicher Volumina oft mit erfassbaren Gasmengen unter 200 Nm³/h zu rechnen. Diese werden dann in der Nachsorgephase bis auf unter 100 Nm³/h absinken und sich dann langfristig auf diesem niedrigen Niveau bewegen.

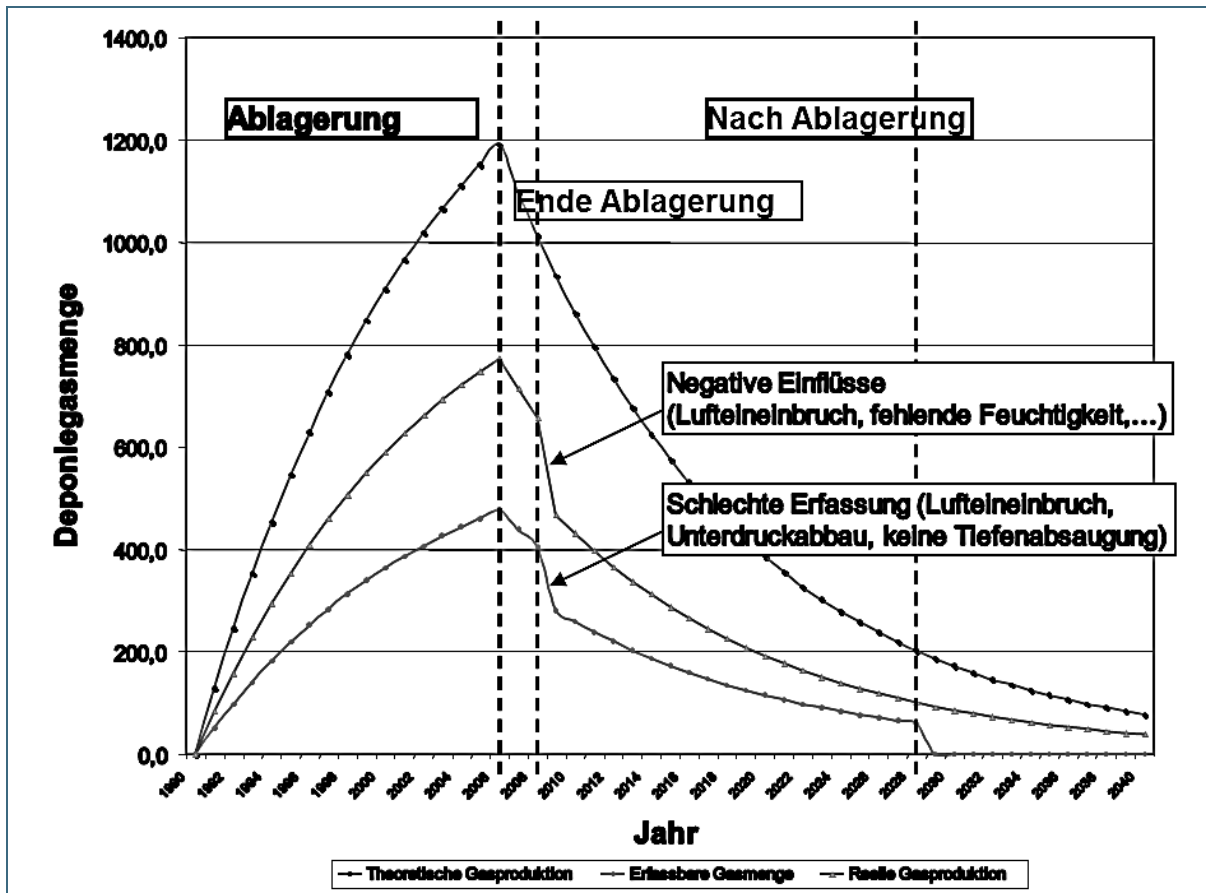


Abb. 1: Möglicher Verlauf der Deponiegasmenge mit Ablagerungsende

2.2 Deponiegasqualität

Mit abnehmender Deponiegasmenge werden im Deponiekörper, soweit dieser nicht bereits durch eine Oberflächenabdichtung gesichert ist, durch kaum zu vermeidende Luftzutritte neben den anaeroben auch untergeordnet aerobe Abbauprozesse stattfinden. Dies insbesondere in Deponiebereichen, wo auf Grund des Emissionsschutzes Übersaugungen des Deponiekörpers erforderlich sind.

Abbildung 2 zeigt einen möglichen Verlauf der Deponiegasqualität. Bereits kurze Zeit nach Beendigung der Ablagerung von organischem Material wird sich die Gasphase VI ausprägen und spätestens nach Stilllegung der Deponie die Gasphase VII beginnen. Diese Phasen werden in den einzelnen Schüttabschnitten einer Deponie zeitlich unterschiedlich eintreten.

Dabei lässt sich die abzusaugende Deponiegasqualität in einem begrenzten Rahmen auch steuern. Einfluss auf die Qualität des abgesaugten Deponiegases kann genommen werden durch:

- Herstellung einer Oberflächenabdichtung oder gasdichten Abdeckung (Verhinderung von Luftzutritt in den Deponiekörper)
- Renovierung der Gasbrunnen mit sektionaler Absaugung (gezielte Absaugung tieferer Deponiebereiche)
- Reaktivierung von Deponiebereichen durch Bewässerung, Brunnenausbau

Diese Methoden sind jeweils entsprechend der Deponiesituation in ihrer Auswirkung und Wirtschaftlichkeit abzuschätzen. Die Aufbringung einer Oberflächenabdichtung wird dabei jedoch immer die Erfassung, die Erfassungsquote und auch die Gasqualität (Verhinderung der Aerobisierung) des entstehenden Deponiegases deutlich verbessern.

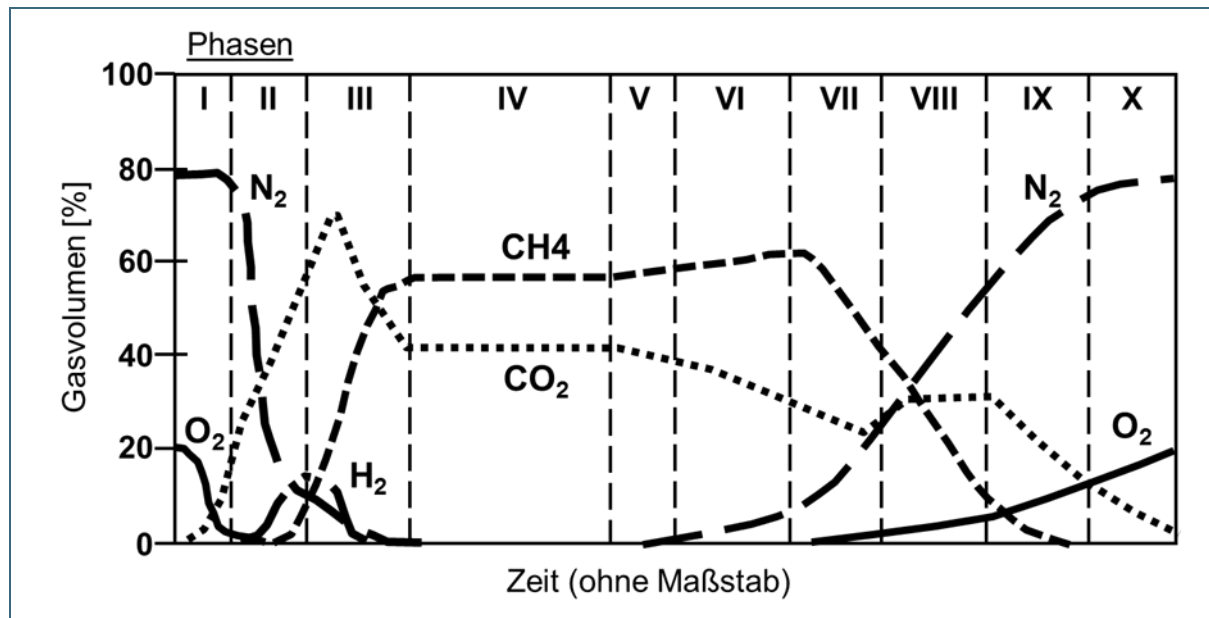


Abb.: 2: Deponiegaszusammensetzung in den unterschiedlichen Deponiephasen

Eine in eine völlig andere Richtung zielende Methode kann auch die gezielte Aerobisierung der Deponie und damit die Unterdrückung der Methanbildung zu Gunsten aerober Abbauprodukte sein [2].

Dabei wird die Deponie bewusst übersaugt oder alternativ gezielt Luft in den Deponiekörper eingepresst.

3 Grundsätzliche Möglichkeiten der Gasentsorgung in der Stilllegungs- und Nachsorgephase von Deponien

Mit in der Stilllegungs- und später in der Nachsorgephase abnehmenden Gasmenge und Gasqualität stehen für den Deponiebetreiber Entscheidungen an, wie er die folgenden Aufgaben löst:

- Erfassung des in der Deponie produzierten Gases mit möglichst hoher Erfassungsquote und möglichst guter Gasqualität
- Einstellung der Erfassung auf hohe Flexibilität und Anpassung auf zeitliche und örtliche Schwankungen bei der Gasmenge und Gasqualität
- Sicherung des Schutzes hinsichtlich Gasemissionen in die Umgebung und die Atmosphäre
- Schadloose Entsorgung von Deponiegas mit teilweise niedrigem Heizwert, geringen Mengen und Schwankung bei Menge und Qualität
- Planung der Gasentsorgung unter Einbeziehung der zu erwartenden zeitlichen Entwicklung
- Verwertung des Deponiegases soweit technisch, ökologisch und wirtschaftlich darstellbar, und dies unter Einbeziehung der zu erwartenden zeitlichen Entwicklung

Je nach Heizwert des Deponiegases stehen für die Entsorgung oder Verwertung unterschiedliche herkömmliche Verfahren zur Verfügung:

Gas-Ottomotor als BHKW	$\text{CH}_4 \geq 40 \%$	Verwertung über elektrische und thermische Energie
Hochtemperaturverbrennung	$\text{CH}_4 \geq 28 \%$	Thermische Verwertung
Hochtemperaturfackel	$\text{CH}_4 \geq 25 \%$ 50 – 2.500 m ³ /h	Entsorgung ohne Energienutzung
Nichtkatalytische Oxidation	$28 \% \geq \text{CH}_4 \geq 0,3 \%$	Entsorgung ohne Energienutzung
Biofilter, Methanoxidationsschicht	$\text{CH}_4 \leq 15 \%$	Entsorgung ohne Energienutzung

Abbildung 3 gibt hierzu einen Überblick.

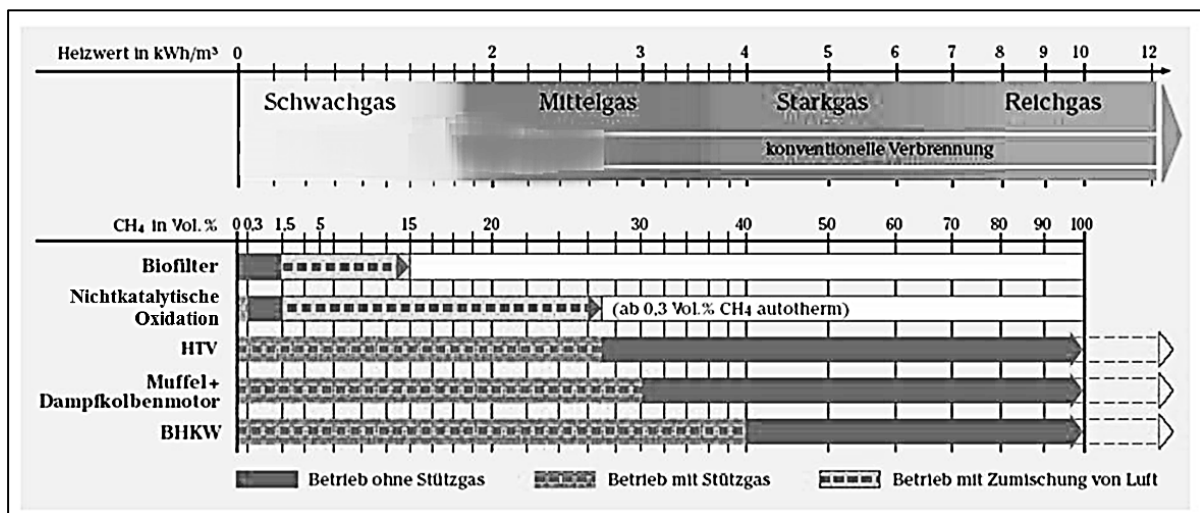


Abb. 3: Einsatzmöglichkeiten von Deponiegasentsorgungsanlagen nach Heizwert des Deponiegases

Zwischenzeitlich wurden hinsichtlich der Problematik der erforderlichen Schwachgasnutzung oder der Schwachgasbeseitigung Techniken neu oder weiter entwickelt.

Hierzu gehören die folgenden Verfahren.

3.1 Energetische Nutzung in BHKW-Anlagen

Im Deponiegas, auch dem noch in der Stilllegungs- oder Nachsorgephase erfassbarem Gas, sind noch erhebliche Energiemengen enthalten, deren energetische Nutzung durchaus wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll sein kann.

So entspricht zum Beispiel der Energiegehalt von 100 m³ Deponiegas pro Stunde bei einem Methananteil von 30 Vol% noch einer Heizölmenge von 215.000 Liter. Mit dieser Gasmenge könnten bei Einsatz in einem BHKW 170 Haushalte mit Strom versorgt werden.

Da auf Deponien meist die für eine Nutzung im BHKW erforderlichen Infrastruktureinrichtungen vorhanden sind, kann eine weitere Nutzung des Deponiegases, auch in der Stilllegungs- und Nachsorgephase, ökologisch und wirtschaftlich nicht nur möglich sondern sehr interessant sein.

Hierfür stehen zwischenzeitlich Anlagentechniken zur Verfügung, für welche auch eine ausreichend positive Betriebserfahrung vorhanden ist.

3.1.1 Gas-Otto Motoren als BHKW

Durch eine deutliche Verbesserung der Motortechnik (innovative Werkstoffe und Schmierstoffe) können zwischenzeitlich die erforderlichen Wartungsintervalle deutlich vergrößert und damit die Betriebskosten gesenkt werden. Dies macht einen wirtschaftlichen Betrieb solcher Anlagen auch bei geringen Leistungsbereichen (ab ca. 50 kW elektrisch) wirtschaftlich interessant.

Durch eine optimierte Gasgemischaufbereitung und Gasgemischregelung (hier sind unterschiedliche Techniken auf dem Markt) können die Aggregate bis hinunter zu 30 Vol% Methankonzentration betrieben werden. Damit können Gasmengen bis hinunter zu 50 m³/h (bei 30 Vol% Methangehalt) noch energetisch in BHKW's genutzt werden.

3.1.2 Mikrogasturbinen

Der Einsatz von Mikrogasturbinen zur Nutzung von Deponiegas mit geringen Heizwerten wurde und wird seit 2006 eine Anlage mit 2 Mikrogasturbinen, welche später durch eine dritte Turbine erweitert wurde, erfolgreich auf der Deponie Eichelbuck betrieben.

Mikrogasturbinen werden für einen Leistungsbereich von 35 bis 200 kW elektrisch geliefert und können bis hinunter zu Methankonzentrationen von 28 Vol% betrieben werden. Der elektrische Wirkungsgrad von Mikrogasturbinen ist mit 28 % niedriger als bei Gas-Otto-Motoren. Mikrogasturbinen zeichnen sich allerdings durch eine sehr gut verfügbare Nutzabwärme und sehr niedrige Wartungskosten aus.

Wirtschaftlich interessant wird meist ein Einsatz von Mikrogasturbinen für Deponiegas ab einer zu nutzenden Gasmenge von ca. 80 m³/h (bei einer Methankonzentration von 30 Vol%) sein. Die zusätzliche Nutzung der Abwärme in einem Prozess erhöht deren Wirtschaftlichkeit deutlich.

Entscheidend bei der Planung einer solchen Anlage ist die Wahl des richtigen Aggregates (z. B. Re-kuperator, schmiermittelfrei Lagerung).

3.2 Energetische Nutzung durch Reformierung des Deponiegases

Eine wirtschaftlich und auch ökologisch sehr gute Lösung zur weiteren energetischen Nutzung des Deponiegases, auch bei sehr schlechten Methanwerten und niedrigen Mengen ist die Zumischung dieses Schwachgases zu heizwertreichen Biogasen und damit die Herstellung eines gut verwertbaren Mischgases in einem sogenannten Reformierungsprozess.

Hierbei können Gase aus einer standorteigenen Biogasanlage aber auch Biogase oder Erdgase in einer standortfremden Anlage genutzt werden. Wirtschaftlich muss hier der Zusatzaufwand für die Gaszumischung (Mischtechnik, Regeltechnik, Leitungsbau, Verdichterbau) und deren Betrieb kalkuliert werden. Die Zumischung bei standorteigenen Anlagen wird sich hierbei oft als wirtschaftlich interessant erweisen.

3.3 Entsorgung in Schwachgasverbrennungsanlagen

Bei Methankonzentrationen unter 28 Vol% ist eine Nutzung in Gas-Otto Motoren oder Turbinen nicht mehr darstellbar. Ist eine Reformierung des Schwachgases am Standort nicht möglich oder nicht wirtschaftlich, so verbleibt (neben der Behandlung in Methanoxidationsanlagen oder bei Umstellung der Deponie auf Aerobzustand) die Entsorgung und eventuell auch thermische Nutzung in thermischen Anlagen. Je nach Methangehalten können hier unterschiedliche Techniken eingesetzt werden.

3.3.1 Kohlenwasserstoffkonverter

Der Kohlenwasserstoffkonverter, von der Fa. LAMBDA als LAMDA-CHC angeboten, ist eine mögliche Verbrennungstechnik für Deponiegas mit Methangehalten ab 13 Vol.-%. Durch die Vormischung des Brenngases können Gase mit diesem niedrigen Heizwert auf einem mit einem als Metallgewebe bestückten Oberflächenbrenner autotherm mit sehr niedrigen Emissionen verbrannt werden.

Dieser Brenner wurde zwischenzeitlich auf über 50 Standorten in Deutschland erfolgreich eingesetzt. Die Nutzung der Abwärme ist hier grundsätzlich durch Installation der entsprechenden Technik möglich. Eine detaillierte Beschreibung ist in [3] enthalten.

3.3.2 FLOX-Brenner

Bei Methangehalten unter 13 Vol.-%, diese Situation trifft oft für die Gassanierung von Altablagerungen oder auch bewusst aerobisierte Deponien zu, kann das e-flox Verfahren eingesetzt werden. Mit dieser Brenntechnik können Deponiegase bis hinunter zu einem Methangehalt von 6,5 Vol.-% emissionsarm verbrannt werden.

Eine Nutzung der thermischen Energie ist grundsätzlich möglich. Am Ökoinstitut Langenbruck konnte zwischenzeitlich auch der technische und wirtschaftliche Einsatz einer nachgeschalteten Heißluftturbine aufgezeigt werden.

Die Technik und deren Anwendung wird ausführlich beschrieben in [4].

4 Gewähltes Deponiegaskonzept der Deponie Eichelbuck in der Stilllegungs- und Nachsorgephase

Vor dem Hintergrund eines gestiegenen Umweltbewusstseins stellte Ende der achtziger Jahre der damalige Freiburger Energieversorger FEW ein Konzept zur energetischen Nutzung des Deponiegases vor. Geplant war, das hochwertige Gas mit einem Methananteil über 55 Prozent (Gutgas) in das FEW-Blockheizkraftwerk im nahe gelegenen Freiburger Stadtteil Landwasser zu leiten. Dazu wurde eine Gasabsaugstation auf dem Deponiegelände gebaut und eine 4 Kilometer lange Rohrleitung durch den Mooswald gelegt. Vertikal gebohrte Gasbrunnen ermöglichen seitdem, dass Methangas abgesaugt und energetisch genutzt oder in einer neu gebauten Fackelanlage an der Westseite verbrannt wird. 1991 startete die Versorgung Landwassers mit Strom und Wärme aus Methangas: pro Jahr konnten 45 Prozent des Wärmebedarfs (ca. 32.000 MWh) damit gedeckt und ca. 10.000 MWh Strom ins öffentliche Netz eingespeist werden. Der Verwertungsgrad beim Deponiegas lag zwischen 1991 und 2003 bei 45 – 55 % (bei einem Gesamtaufkommen von 6 – 8,5 Millionen Kubikmetern Gas). So konnten 3.400 Haushalte des Stadtteils Landwasser jährlich mit Heizwärme aus Deponiegas versorgt werden, der produzierte Strom deckte den Bedarf von ca. 5.800 Haushalten. Durch den BHKW-Betrieb musste fortan nur noch der minderwertige Gasanteil abgefackelt werden.

Seit 2001 nahm die Gasausbeute wegen des geringeren Organikanteils im Restmüll, bedingt vor allem durch die stadtweite Nutzung der Biotonne, kontinuierlich ab und sank 2003 auf 3,2 Millionen Kubikmeter. Dank technischer Verbesserungen konnte die Verwertung aber für drei Jahre weiterhin auf einem effizienten Niveau gehalten werden.

Durch Verwendung von Mikrogasturbinen lässt sich seit 2007 auch der methanarme Gasanteil (Schwachgas) energetisch nutzen (Strom/Wärme), der Verwertungsgrad ist seitdem auf über 90 % angestiegen.

4.1 Deponiegassituation der Deponie Eichelbuck in der Stilllegungsphase

4.1.1 Bestehende Gassituation

Seit 2005 befindet sich die Deponie Eichelbuck in der Stilllegung. Zwischenzeitlich sind über 50 % der Oberfläche abgedichtet. 2020 soll die gesamte Stilllegungsarbeit abgeschlossen sein.

Mit nach 2006 weiter stark abnehmender Gasmenge und der Vergrößerung von Gasmengenanteilen mit geringen Methangehalten (aus noch nicht an der Oberfläche abgedichteten Bereichen mit dort erforderlicher Übersaugung zum Emissionsschutz) musste ein neues Konzept zur möglichst wirtschaftlichen und ökologischen weiteren Nutzung des Deponiegases erstellt werden.

Zur Verbesserung des Erfassungsgrades wurden in einem ersten Schritt die bestehenden Gasbrunnen der neuen Situation durch Überbohren, Tiefenabsaugung saniert und zusätzliche Gasbrunnen erstellt. Das Leitungsnetz und die Absaugregelung wurden überarbeitet und der neuen sowie zukünftig zu erwartenden Gassituation angepasst.

Für die Stilllegungs- und Nachsorgezeit wurde auf Grund einer angepassten Deponiegasprognose (Bewertung des Istzustandes, Deponiegasbildung auf Grundlage von Detailabbaudaten, Grundlage bildeten die Vorgaben in [1]) die zukünftig zu erwartende nutzbare Deponiegasmenge ermittelt.

Diese liegt danach zwischen 350 Nm³/h (2009) und 170 Nm³/h (im Jahr 2020), jeweils umgerechnet auf eine Methankonzentration von 50 Vol.-%.

Dabei wurde davon ausgegangen, dass wie bereits im Zustand von 2006, die noch nicht an der Oberfläche abgedeckten Deponiebereiche aus Gründen des Emissionsschutzes leicht übersaugt werden müssen und so aus diesen Bereichen sogenanntes Schwachgas (niedriger Heizwert) abgesaugt wird.

Hierfür wurde ein zweistufiges Konzept umgesetzt, welches aus einer Schwachgasnutzung in Mikrogasturbinen und einer Einspeisung des restlichen Gases in das Heizkraftwerk der badenova AG (mit Gasreformierung) besteht.

Abbildung 4 zeigt das Gasnutzungssystem der Deponie Eichelbuck nach deren Anpassung auf die Stilllegungs- und Nachsorgephase der Deponie.

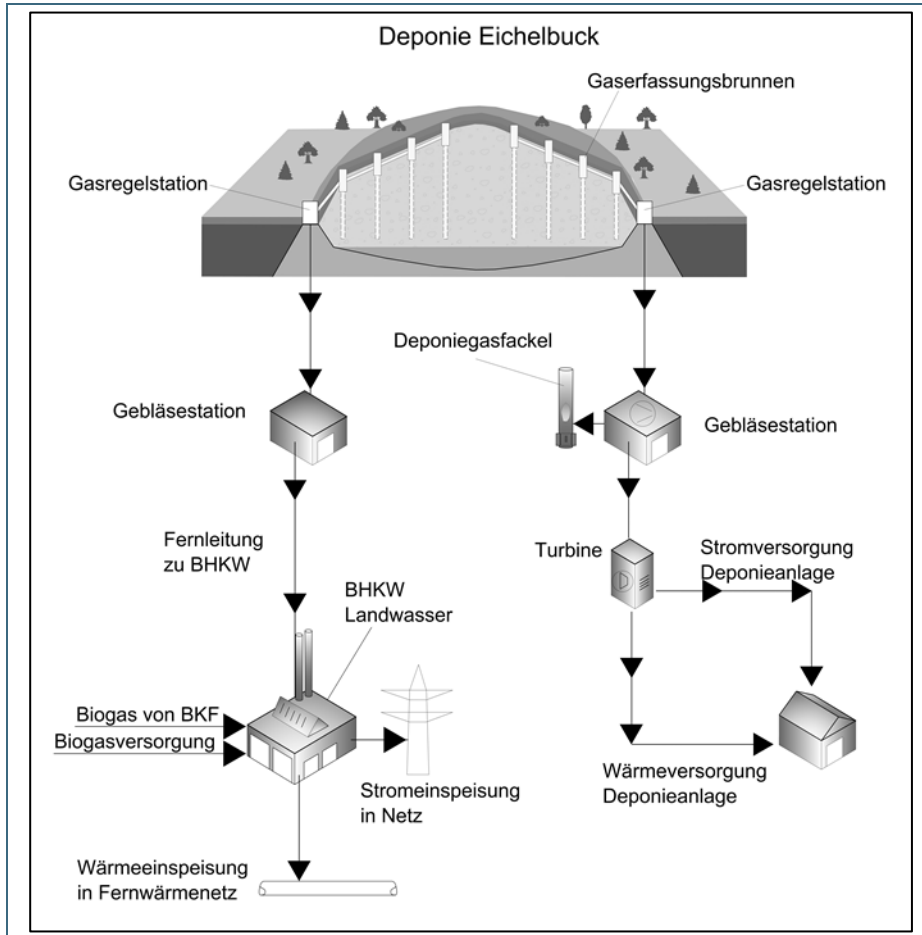


Abb. 4:
Bestehende Deponie-
gasnutzung auf der
Deponie Eichelbuck

4.1.2 Schwachgasnutzung mit Mikrogasturbinen

Als erster Schritt zur weiteren Nutzung auch des Schwachgases wurden Ende des Jahres 2006 zwei Mikrogasturbinen mit einer jeweiligen elektrischen Leistung von 65 kW (Fabrikat Capston) installiert, welche die Nutzung von Schwachgas bis zu einem CH_4 -Gehalt von rd. 30 % ermöglichen. Das ehemals abgefackelte Gas (ca. $150 \text{ Nm}^3/\text{h}$ bei 30 Vol % CH_4) konnte hiermit in den Turbinen über die Kraft-Wärme-Kopplung nahezu zu 100 % energetisch genutzt werden. Die thermische und elektrische Energie der Turbinen wird seitdem vollumfänglich im Prozess zur Behandlung von Speiseresten (mechanische Aufbereitung mit Hygienisierung, Behälterwaschanlage) sowie zum Beheizen von Sozialräumen und Hallen genutzt. Seit 2010 wird eine dritte Mikrogasturbine, ebenfalls mit 65 kW elektrischer Leistung, betrieben. Deren Stromerzeugung deckt nunmehr den Strombedarf der Deponieanlagen auch während der Tagesstunden zu 100 % ab und liefert die thermische Energie für die erweiterte Behälterwaschanlage, die zusätzlich installierte Hallenheizung und entlastet die Wärmelieferung der zwei anderen Turbinen zu Gunsten einer besseren Abdeckung des Spitzenstrom- und Spitzenwärmebedarfs für den Prozess der Speiserestaufbereitung.

Abbildung 5 zeigt ein Bild der Anlage im Ausbauzustand mit 2 Turbinen.



Abb. 5:
Turbinenanlage auf der
Deponie Eichelbuck

Die Erfahrungen aus dem Betrieb auf der Deponie Eichelbuck sind im Abschlussbericht des Projektes zusammengefasst [5].

4.1.3 Gut- und Schwachgasnutzung durch Reformierung des Gases

Durch die weiter absinkende Gasproduktion ließ sich die kontinuierliche und qualitative Belieferung des BHKW im Freiburger Stadtteil Landwasser mit heizwertreichem Deponiegas ($\text{CH}_4 \geq 50 \text{ Vol}\%$) nicht mehr aufrechterhalten, es mussten zunehmend fremde Brennstoffe zugeführt werden. Um das schlechter werdende Deponiegas qualitativ und quantitativ auf die Bedürfnisse des BHKW Landwasser anzuheben, fiel die Entscheidung, das höherwertige und bisher verstromte Gas der Freiburger Bioabfallvergärungsanlage der Firma Reterra mit im Heizkraftwerk zu nutzen. Die hierdurch entstehende Mischung von Deponie- und Biogas gewährleistet seither einen durchgängigen Betrieb des BHKW auch bei niedrigen Heizwerten und Mengenschwankungen des Deponiegases.

4.1.4 Geplante Deponiegasnutzung der Deponie Eichelbuck in der Nachsorgephase

Ursprünglich war es vorgesehen, die Deponie zu einer Naturfläche mit reiner Nachsorgeunterhaltung umzuwandeln. Vor dem Hintergrund der Energiewende soll nun eine energetische Nachnutzung auf dem Deponiegelände unter Einbeziehung der Synergien mit den bereits auf der Deponie vorhandenen und für die Deponienachsorge weiter erforderlichen Einrichtungen installiert und betrieben werden. Hierzu gehören als wesentliche Anlagen eine Speiserestaufbereitungsanlage, eine Grünschnittverarbeitungsanlage sowie eine Pflanzenkohleanlage.

Ziel dieser energetischen Nachnutzung ist ein weiterhin auch in der Nachnutzung weitgehend geschlossener Energiekreislauf (Wärme und elektrische Energie) durch Nutzung der aus dem Abfallwirtschaftsbetrieb gewinnbaren regenerativen Energieträgern in Anlagen zur Aufbereitung von Abfällen.

Dabei muss der derzeitige Energieträger Deponiegas mit dem Nachlassen der Deponiegasproduktion stufenweise durch andere Energieträger ersetzt werden. Und dies so, dass weiterhin der elektrische und thermische Energiebedarf der Nachnutzungsanlagen weitgehend vollumfänglich durch Eigenenergieerzeugung ersetzt werden kann. Dabei sind die derzeitig betriebene Mikrogasturbinenanlage und die Gasreformierungsanlage so in das Gesamtkonzept einzubinden, dass die vorhandene Energietechnik weitgehend weiter genutzt und durch Umbau und Erweiterung durch alternativ zum Deponiegas stehende Energieträger ersetzt werden kann.

4.1.5 Energetisches Konzept der Deponie Eichelbuck unter Einbindung des Deponiegases

Bei diesem energetischen Nachnutzungskonzept für die Deponie Eichelbuck werden die folgenden Anlagen- und Betriebsänderungen zum derzeitigen Bestand durchgeführt und damit in der bestehenden Anlage Teildeponiegasmengen schrittweise ersetzt:

- A. Erweiterung der derzeitigen Grünabfallaufbereitung (Zerkleinerung, Siebung, Verwertung Landwirtschaft / externe Kompostierung und externe Hackschnitzelfeuerung) um Hackschnitzelnachzerkleinerung, Hackschnitzeltrocknung, Kompostierung des Feinanteils. Dadurch Gewinnung des Energieträgers Hackschnitzel als Teilersatz des Energieträgers Deponiegas
- B. Erweiterung um eine Pflanzenkohleanlage (Pyrolyse) für Einsatz von Mittelfraktion Hackschnitzel, Pferdemit und vergleichbaren Materialien. Abwärmenutzung zur Trocknung der gewonnenen Holzhackschnitzel, Kohlenutzung für Kompostdesign und Zugabe Biogasanlage (u. U. indirekt durch Zugabe in Speiserestesubstrat des Standorts)
- C. Erweiterung um eine Hackschnitzelanlage mit Einsatz der aus A) erzeugten Hackschnitzel. Rauchgasnutzung über Abhitzekeessel mit Gewinnung von Heißluft für den Einsatz in einer „Extern befeuerten Turbine“ (EFGT). Teilstromnutzung zur direkten Prozesswärmeversorgung.
- D. Umbau einer (später einer zweiten) bestehenden Mikrogasturbine zu einer Heißluftturbine. Nutzung elektrische Energie zu nahezu 100 % und Wärmeenergie zu nahezu 100 % in Anlagen auf dem Standort. Dann überschüssiges Deponiegas wird in der Gasreformierungsanlage der badenova AG genutzt.

Für den Einsatz des EFGT-Prozesses wird derzeit eine gegenüber den derzeit auf dem Markt erhältlichen Anlagen verbesserte Technologie entwickelt, welche insbesondere einen verbesserten Wärmeübergangsprozess und einen höheren Nutzungsgrad der Heißluft in der Turbine gewährleistet. Es ist angedacht, den gleichen Typ der bereits eingesetzten Turbinen (Umbau oder Neubau) einzusetzen, um die dort sehr positiven Erfahrungen bei Energieausbeute (Rekuperator) und Wartung (Luftgelagerte Wellen) nutzen zu können.

Hierdurch kann das mit dem zeitlichen Verlauf der Deponie abnehmende Deponiegas zukünftig so ersetzt werden, dass die bestehende Turbinenanlage in ihrer Struktur weiter zur Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie genutzt werden kann und der Energiebedarf des Anlagenstandortes weiterhin voll aus regenerativer Energie des Abfallbetriebes gedeckt werden kann.

5 Ausblick

Aktuell wird für das Nachnutzungskonzept der Deponie Eichelbuck und dessen energetische Versorgung die Planung und Technikumphase (Erprobung Heißluftturbine mit Heißluftherzeugungsprozess) durchgeführt.

Die Anlage soll 2015 erstellt und Ende 2015 in Betrieb gehen.

Das Vorhaben der Energienutzung über einen Heißluftturbinenprozess (EFGT) wird vom Land Baden Württemberg aus Mitteln des kommunalen Investitionsfonds (KIF) gefördert.

6 Literatur

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006, Vol 5 Waste," 2006.
- [2] R. STEGMANN and K. HUPE, "Grundansatz, Ziel und Umsetzung des Vorhabens Reduktion klimarelevanter Deponiegasemissionen durch Einsatz der aeroben in situ Stabilisierung."
- [3] R. HAUBRICHS, "Ertüchtigung der Gasfassung, Gasbehandlung und Gasverwertung bei niedrigem Gasertrag," Bayer. Abfall- und Deponietage 2014, 2014.
- [4] R. BERGER and D. MICHEL, "Erfahrungen mit der Entsorgung methanarmer Gase Motivation – Deponiegasentwicklung in der Schluss- phase der Gasproduktion e-flox Schwachgasverbrennungsanlagen."
- [5] INGENIEURBÜRO ROTH & PARTNER, „Deponie Eichelbuck Verwertung von Deponieschwachgas in einer Mikrogasturbinenanlage“, LUBW Bad. Württemberg, servlet, 2008.

Passiventgasung mit Methanoxidationsfilter am Beispiel Deponie Schwaiganger

Wolfgang Huber, Christian Dierig, AU Consult GmbH, Augsburg

Inhalt

- Kenndaten der Deponie
- Auslegung und Bau des Methanoxidationsfilters
- Betriebserfahrungen 2013
- Fazit

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Kenndaten Deponie

Altdeponie:

- In Betrieb seit 1983, verfüllt mit ca. 480.000 m³ Haus- und Gewerbeabfall, Fläche ca. 5 ha.
- Sanierung und Endprofilierung von 1995 bis 2003.
- Gesamtvolumen inkl. Endprofilierungsmaterial ca. 645.000 m³.
- Endgültige Oberflächenabdichtung wurde in der Zeit von 2011 bis 2013 aufgebracht.

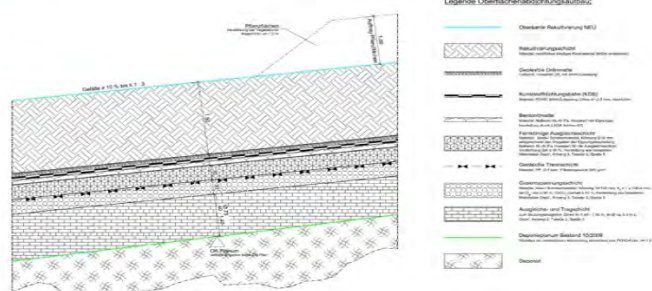
AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Kenndaten Deponie

Aufbau OFD:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Reku-Boden ($\geq 1,5$ m) • Dränmatte • Kunststoffdichtungsbahn • Geosynthetische Tondichtungsbahn | <ul style="list-style-type: none"> • Feinkörnige Ausgleichsschicht ($\geq 0,3$ m) • Trennvlies • Gasentspannungsschicht ($\geq 0,3$ m) • Trag- und Ausgleichsschicht (ca. 0,7 m) |
|--|--|



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Kenndaten Deponie

Neudeponie /Südlicher Erweiterung:

- Auf einer Zwischenabdichtung der Altdeponie wird im Süden die Deponie erweitert.
- Dieser Deponieabschnitt wird aktuell errichtet.
- Der BA 1 umfasst eine Fläche von ca. 2 ha und einem Volumen von ca. 120.000 m³.
- Der Ausbau erfolgt als DK II-Deponie.
- Für die weitere Betrachtung spielt dieser Bereich keine Rolle.

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Kenndaten Deponie

Die Umstellung auf Passiventgasung wurde im Herbst 2010 beantragt, weil

- der bestehende Gasmotor nur noch eine Verfügbarkeit von < 50 % hatte.
- die Gasmenge sehr gering war.
- der Standort aufgrund seiner Lage, Nutzung und des Ausbauzustandes geeignet war.

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Kenndaten Deponie

- Die Gaserfassung im Altbereich erfolgte über ein Netz von Gasrigolen, die mit dem Deponieaufbau sukzessive über mehrere Ebenen errichtet wurden und über 2 Gasleitungen an einem Gasmotor angeschlossen waren.
- Aufgrund geringer Gasmengen und –qualität (30 m³/h Deponiegasmenge mit Methangehalten < 20 Vol.-%) konnte der Gasmotor seit mehreren Jahren nicht mehr kontinuierlich betrieben werden.
- Umstellung von aktiver auf passive Entgasung erfolgte in 2012.
- Der Bau der Methanoxidationsschicht (MOS) erfolgte im Zuge der Baumaßnahme Oberflächenabdichtung.

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Bau MOS

Ziel der Umstellung auf Passiventgasung mit MOS ist:

- Kontinuierlicher Betrieb der Deponiegaserfassung und –behandlung
- Weitgehender biologischer Abbau des Methans im Deponierestgas

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Auslegung MOS

Auslegung Methanoxidationsschicht		
	Einheit	
Gaspotential 2010 mit 50 Vol-% Methan	m ³ /h	12
Erfassungsgrad	%	80
Prognostizierte erfassbare Methanfracht	m ³ /h	4,8
Auslegungswert für Methanoxidationsschicht	l/h x m ²	3
Ermittelte Fläche Methanoxidation	m ²	1600

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Bau MOS

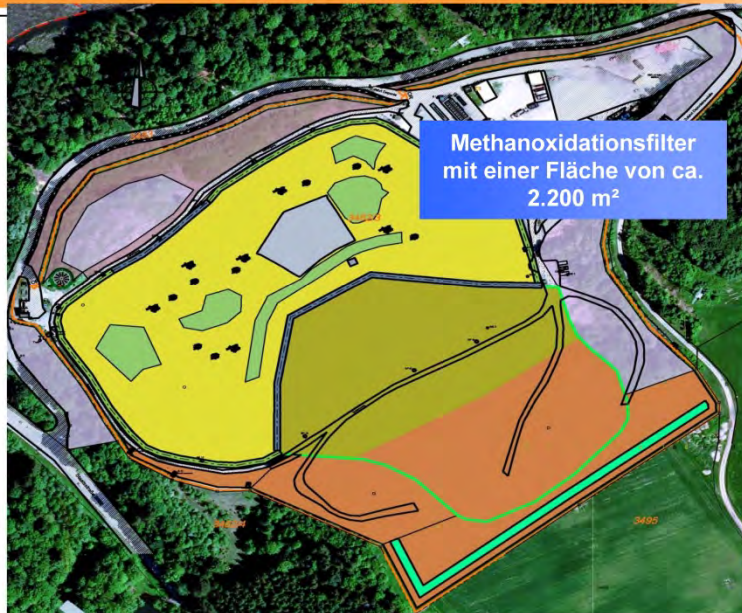
Aufbau MOS (von unten nach oben):

- 60 cm Gasverteilerschicht aus Kies/Splitt (Körnung 0/32, $k_f \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s)
- 120 cm Methanoxidationsschicht aus gemischten Bodenmaterial mit folgender Zusammensetzung:
75 % schluffig, kiesiges Bodenmaterial,
15 % schluffiger Sand und 10 % Feinkompost
- 30 cm Abdeckung aus Kies (Körnung 16/32)

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



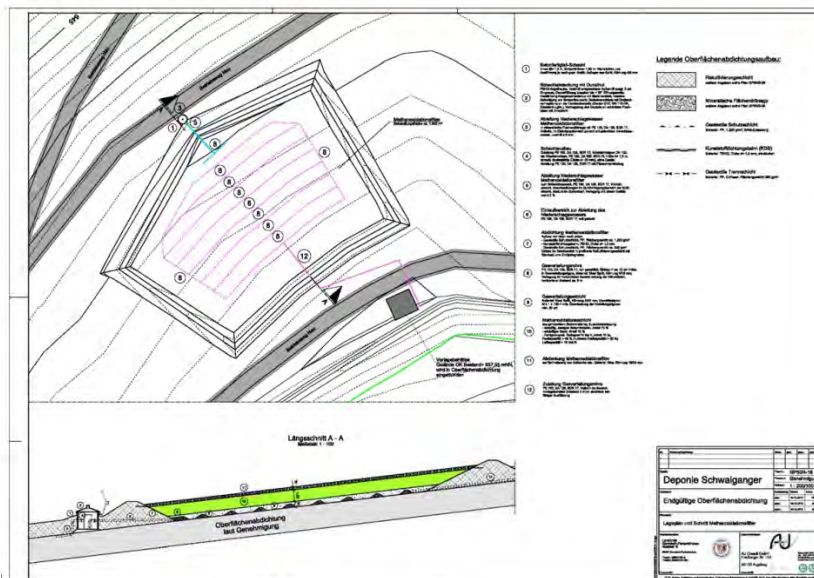
Bau Methanoxidationsfilter



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Bau MOS



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Bau MOS



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Bau MOS



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Bau MOS



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Betriebserfahrung MOS

- Inbetriebnahme im Herbst 2012
- Wöchentliche visuelle Kontrollen
- Wöchentliche Rohgasmessungen:
 - Gasmenge und
 - Gasqualität (CH_4 , CO_2 und O_2)
- Monatliche FID-Messung auf der Oberfläche des MOS
- Halbjährliche Emissionsmessungen auf der gesamten Deponieoberfläche

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Betriebserfahrung MOS

Betriebsdaten 2013:

Gasmenge bezogen auf 50 Vol.-% Methan:

290 bis 2.360 m³/Woche
75.650 m³/Jahr bzw. ca. 9 m³/h

Qualität im Rohgas:

- Methan: 19,5 bis 58,5 Vol.-% (im Mittel ca. 40 Vol.-%)
- Kohlendioxid: 9,9 bis 32,8 Vol.-% (im Mittel ca. 19 Vol.-%)
- Sauerstoff: 1,3 bis 8,1 Vol.-% (im Mittel ca. 5 Vol.-%)

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Betriebserfahrung MOS

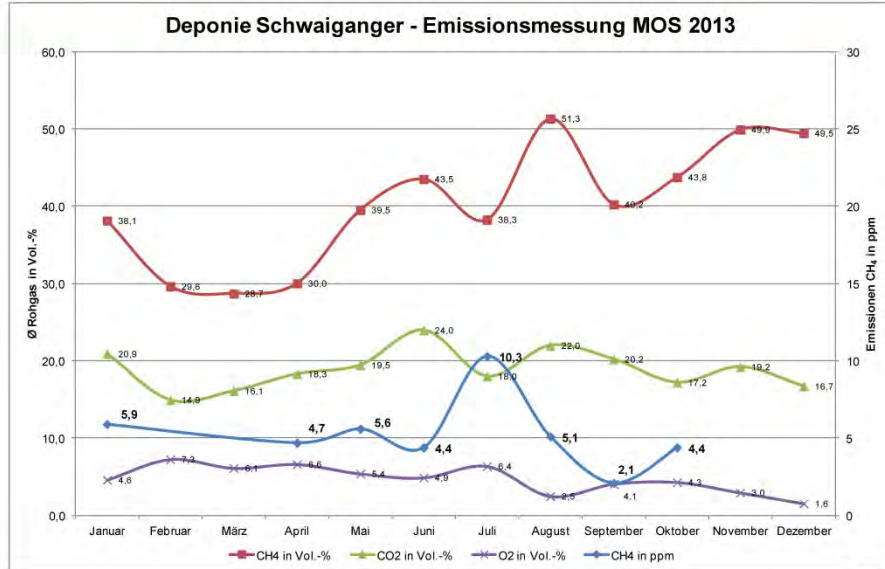
Ergebnisse aus der Eigenüberwachung

Deponie Schwaiganger - Methanoxidationsfilter					
	Methan	Rohgas			Ausführender
	CH ₄ arithm. Mittel in ppm	Ø CH ₄ in Vol.-%	Ø CO ₂ in Vol.-%	Ø O ₂ in Vol.-%	
Januar	5,9	38,1	20,9	4,6	C. Dieng
Februar		29,6	14,9	7,3	-
März		28,7	16,1	6,1	-
April	4,7	30,0	18,3	6,6	C. Dieng
Mai	5,6	39,5	19,5	5,4	-
Juni	4,4	43,5	24,0	4,9	C. Dieng
Juli	10,3	38,3	18,0	6,4	C. Dieng
August	5,1	51,3	22,0	2,5	C. Dieng
September	2,1	40,2	20,2	4,1	C. Dieng
Oktober	4,4	43,8	17,2	4,3	C. Dieng
November		49,9	19,2	3,0	-
Dezember		49,5	16,7	1,6	-

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Betriebserfahrung MOS

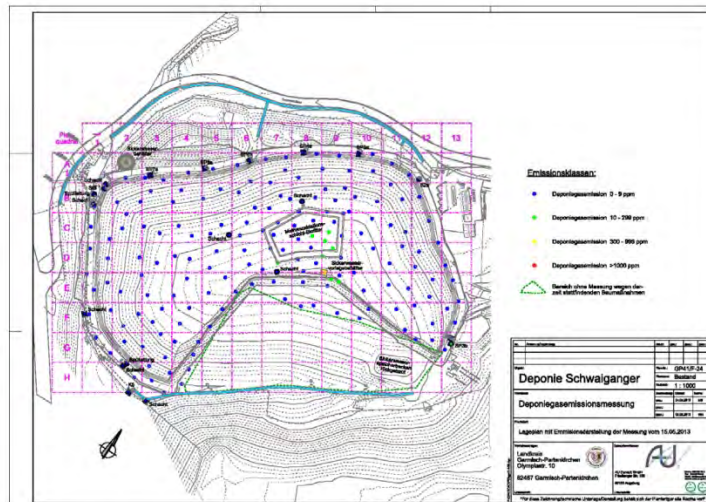


AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Betriebserfahrung MOS

FID-Messung (1. HJ):

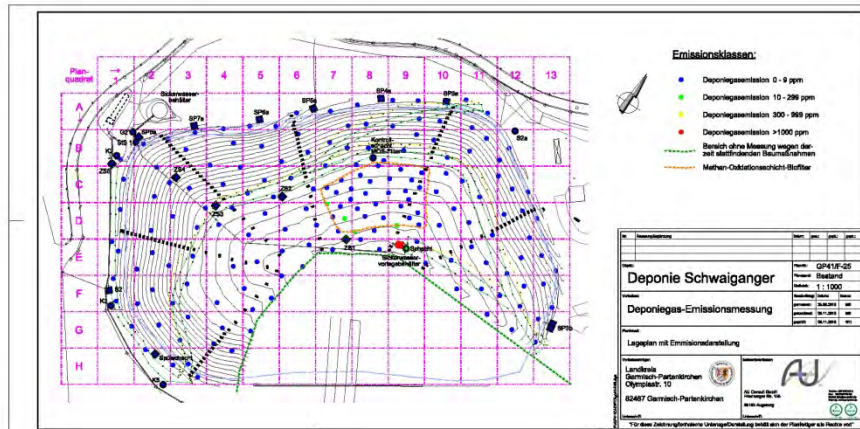


AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Betriebserfahrung MOS

FID-Messung (2. HJ):



AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Fazit

- Die Gasmenge betrug ca. 76.000 m³/Jahr bzw. 9 m³/h.
- Diese Angaben beziehen sich auf einen Methangehalt von 50 Vol.-%.
- Daraus errechnet sich eine mittlere Flächenbelastung von ca. 2 l Methan/m²xh.
- Der gemessene Emissionswert an der Oberfläche der MOS betrug im Mittel ca. 5 ppm (= ca. 0,25 l Methan/m²xh), Umrechnung erfolgte nach der Formel 100 ppm = 5 l/m²xh
- Der erreichte Abbaugrad beträgt somit ca. 87 %.

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Fazit

- Der geforderte Emissionswert von 10 ppm konnte im ersten Betriebsjahr eingehalten werden.
- Abbau hat über das ganze Jahr funktioniert.
- Die Methankonzentration im Rohgas steigt an.
- Es ist abzuwarten, ob aufgrund der relativ hohen Flächenbelastung auch in den Folgejahren ohne zusätzliche Maßnahmen (z.B. Düngung) ein so hoher Abbaugrad erreicht wird.

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



Ende

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

AU Consult GmbH
Friedberger Straße 155
86163 Augsburg



In-situ Stabilisierung der Deponie Pill

Dr. Klemens Finsterwalder, Dr. Daniela Sager, Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG; Bernau a. Ch. / Hittenkirchen

A Bewertungsmethode

Die Deponie Pill ist eine ehemalige Rotteballendeponie, die sich im Inntal, Österreich, auf einer Fläche von ca. 18 ha erstreckt. Sie ist überdeckt mit einer Rekultivierungsschicht, auf der Ackerbau betrieben wird. Im Jahr 2004 wurden für den Standort Überlegungen zur Durchführung einer Sanierung gemacht. Das Grundwasser war durch den Deponieinhalt in erheblichem Maß mit Ammonium belastet und veranlasste das Tiroler Landesamt eine Sanierung des Standortes anzugehen. Im Rahmen einer Variantenuntersuchung wurde die Finsterwalder Umwelttechnik (Fitec) beauftragt, die einzelnen Vorschläge auf ökologische Eignung und Kostenaufwand zu bewerten. Eine Kernkompetenz der Fitec ist die Durchführung von Emissionsgrenzwertanalysen, auf deren Basis auf objektive Weise die für den Standort optimale Sicherung ausgewählt werden kann. In den anzuwendenden Regelwerken, der Deponieverordnung sowie der ÖNORM S2088-1, fehlen quantitative Kriterien für eine einheitliche Bewertung. Diese Ist-Situation zeigt Abbildung 1.



Abb. 1: Entwurf und Bemessung der Deponiesicherung nach Verordnung, Ist-Situation.

Im Zuge der allgemeinen Objektplanung für die Sicherungsmaßnahme werden normalerweise Aspekte der statischen Sicherheit bearbeitet. Eine Beurteilung der Emissionssicherheit erfolgt im Rahmen dieser Fachplanung nicht. Gemäß der Ist-Situation sind keine quantifizierbaren Aussagen zur Eignung der Maßnahme und dauerhaften Unterschreitung der Auslöseschwellen in der Zukunft möglich. Zur Verhinderung von Beeinträchtigungen des Wohles der Allgemeinheit im Sinne einer Gefahrenabwehr wurde die sogenannte Nachsorgephase eingeführt, im Rahmen dieser werden Langzeitbeobachtungen, wie Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen, zur Grundwasserqualität durchgeführt. Bei einer Überschreitung der Auslöseschwellen müssen entsprechende Maßnahmen zur Sicherung der Grundwasserqualität erfolgen. Für eine Beendigung der Nachsorge bedeutet diese Ist-Situation ein nicht kalkulierbares Risiko in Bezug auf Dauer und Kosten.

Abbildung 2 zeigt die Vorgehensweise im Rahmen der Emissionsgrenzwertanalyse, eine validierte und verifizierte Bemessungsmethode auf naturwissenschaftlicher Basis. Diese Methode entspricht der sogenannten Fachplanung „Stoffmobilität“ im Hinblick auf die Emissionssicherheit. Hier wird bereits in der Planungsphase, gemäß dem Prinzip der Vorsorge, über den Weg der Ermittlung von Emissions-

feldern über beliebige Zeiträume die Verknüpfung zu den Auslöseschwellen zum Schutz der Grundwasserqualität geschaffen.

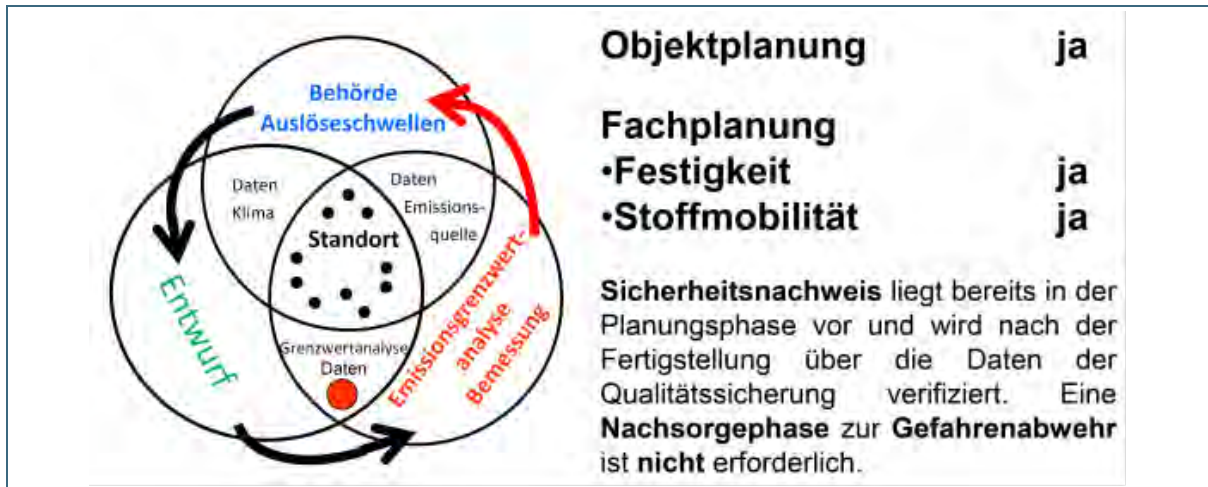


Abb. 2: Entwurf und Bemessung der Deponiesicherung gemäß dem Prinzip Vorsorge als Teil der Planungsaufgabe: Quantitative Verknüpfung der gewählten Sicherungsmaßnahme mit der Zielvorgabe (Auslöseschwellen).

Bereits in der Planungsphase erhält man als Ergebnis die realen Emissionsgrenzwerte, die sich aus der Überlagerung der denkbar ungünstigsten Bedingungen als Funktion der Zeit errechnen (Verknüpfung über das Stofftransportgesetz). Auf dieser einheitlichen Basis einer „echten“ Bemessung kann jede Maßnahme, ungeachtet ihrer Bauart, in ihrem ökologischen Nutzen bewertet werden. Das bedeutet, dass man im Zuge eines Variantenvergleichs jene Maßnahmen ausscheiden kann, die dem ökologischen Standard der Behörde nicht genügen, d. h. standortspezifisch die Auslöseschwellen nicht dauerhaft unterschreiten (durchschnittlich Betrachtungsdauer 250 – 500 Jahre). Alle anderen Maßnahmen werden dann auf Wirtschaftlichkeit bewertet und die Lösung mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis verwirklicht. Den Ablauf dieser Vorgehensweise zeigt Abbildung 3.

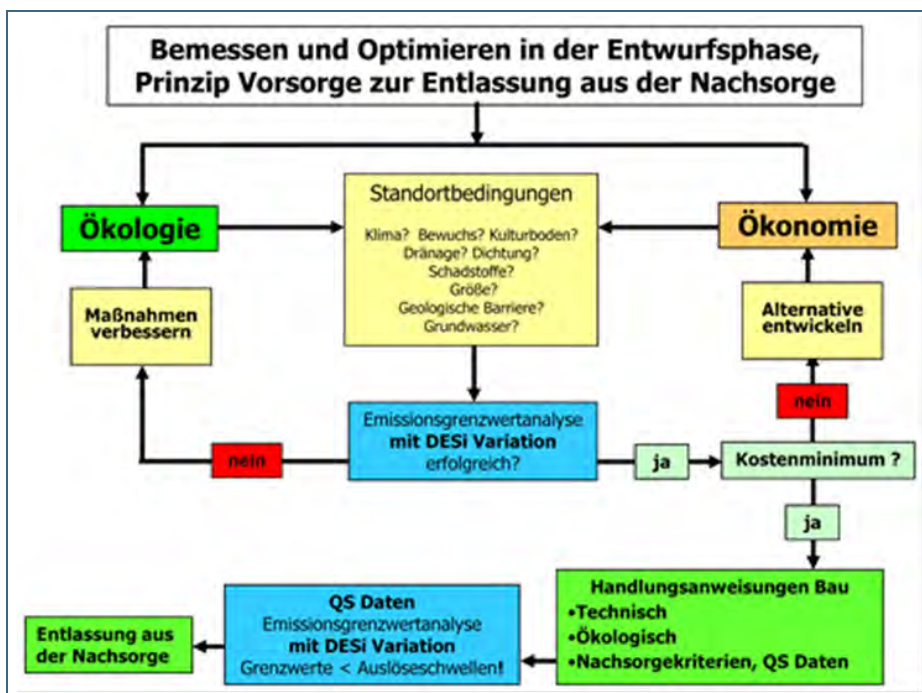


Abb. 3: Bemessen und Optimieren gemäß dem Prinzip Vorsorge auf einheitlicher Grundlage der Fitec „Emissionsgrenzwertanalyse“, durchgeführt mit der Software DESi (Deponie Emission Sicherheit) Variation.

B Untersuchte Konzepte beurteilt nach der vorgestellten Bewertungsmethode

Für die Bewertung der zur Ausführung vorgeschlagenen Sicherungsmaßnahmen wurden von der zuständigen Behörde drei Bewertungsstufen festgelegt. Stufe I entspricht den Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TWV), Stufe II 2-fache Konzentration der TWV und Stufe III 4-fache Konzentration der TWV.

Abbildung 4 zeigt den Grundriss der Deponie Pill, die unmittelbar an den Inn angrenzt. Die Deponiefläche beträgt ca. 18 ha. Im Grundriss eingezeichnet ist die Nachweislinie für die Belastungen im Grundwasserleiter im Abstrom. Die Emissionsgrenzwertanalysen wurden für diese Nachweislinie erstellt.

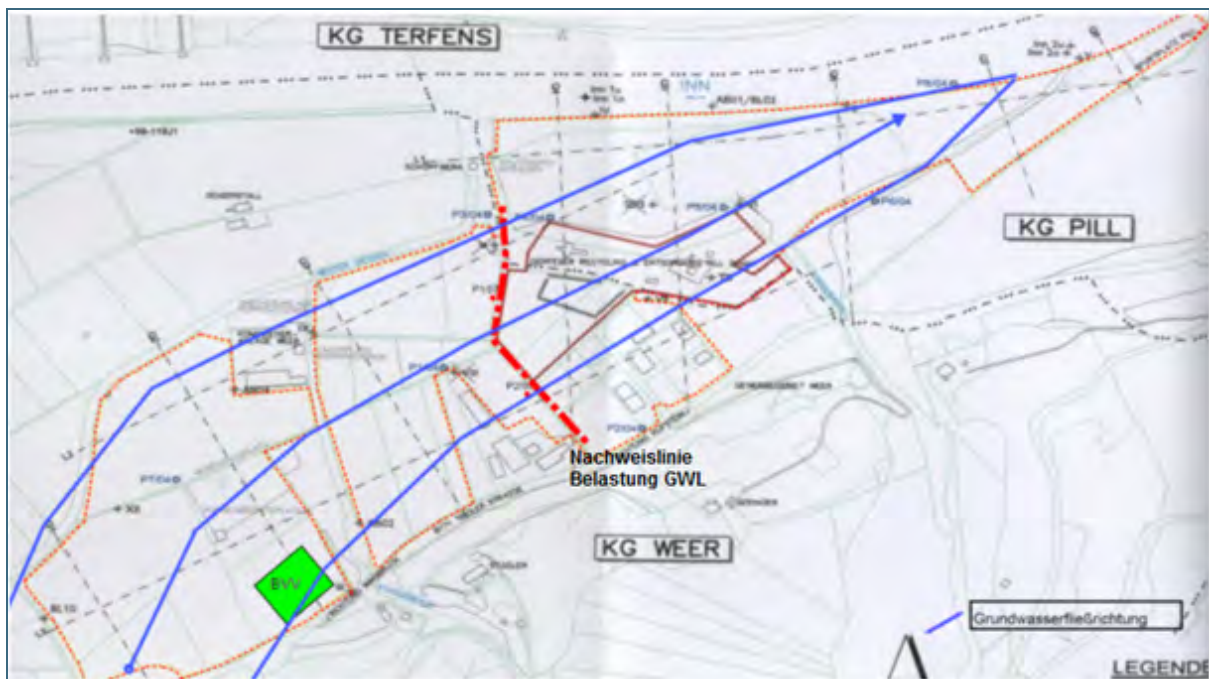


Abb. 4: Deponiegrundriss der Rottenballendeponie in Tirol, eine in der Nachsorge befindliche Deponie; Nachweislinie Belastung Grundwasserleiter als rote Linie.

Abbildung 5 zeigt die Emissionsfelder als Ergebnis der Emissionsgrenzwertanalyse bei Beibehaltung des Ist-Zustandes, d. h. ohne Sicherungsmaßnahmen, als Vergleichsmaßstab zu den vorgeschlagenen Maßnahmen. Der Ergebnisgraph für Ammonium zeigt neben den Stufenwerten nach TWV auch Messungen im Grundwasser vergangener Jahre.

Die Emissionsfelder stellen nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung Bereiche dar, in denen Emissionen auftreten können, deren Grenzen jedoch mit Sicherheit eingehalten werden, wenn die in der Emissionsgrenzwertanalyse verwendeten Eigenschaften über die Qualitätssicherung nachgewiesen werden. Die Emissionsfelder ergeben sich jeweils aus den Streubreiten der zur Emissionsgrenzwertanalyse verwendeten Daten. Die Ergebnisse beschreiben die Emissionen bei mittleren Verhältnissen (Emissionswerte hohe Wahrscheinlichkeit) und bei Überlagerung aller günstigen und ungünstigen möglichen Bedingungen (Emissionsgrenzwerte niedrige Wahrscheinlichkeit). Für die Bemessung von Sicherheitsmaßnahmen sind die Überlagerungsergebnisse aus den ungünstigsten Bedingungen (Grenzemission) relevant, denn diese müssen die gesetzlich vorgegebenen Auslöseschwellen dauerhaft unterschreiten.

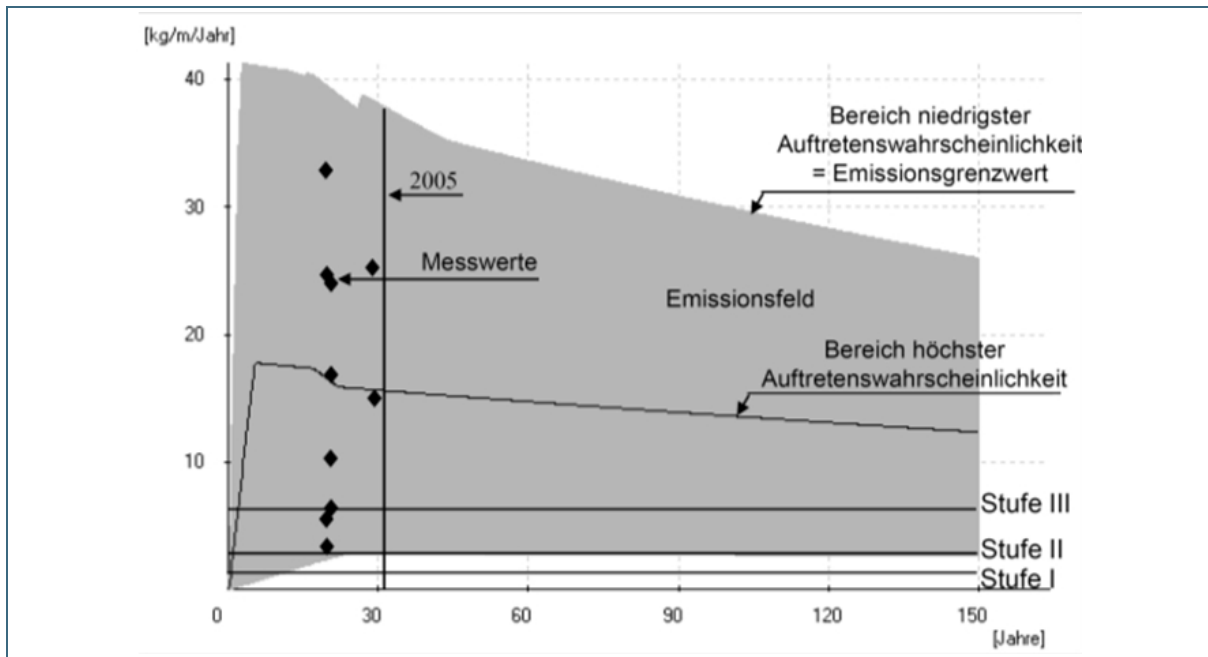


Abb. 5: Risikoentwicklung – Fortführung des Ist-Zustandes, Emissionen in den Grundwasserleiter für Ammonium, Betrachtungszeitraum 150 Jahre.

Ab dem Jahr 2005 sollen die Sanierungsmaßnahmen wirksam werden. Deren Wirkungen auf Ammoniumemissionen in den Grundwasserleiter sind in den Abbildungen 6 bis 8 beispielhaft für eine Wasserhaushaltsschicht, für die in-situ Stabilisierung (Belüftung) und für eine Oberflächenabdichtung mit mineralischer Dichtungsschicht dargestellt.

Die Wasserhaushaltsschicht (WHS) mit Waldbepflanzung (Abb. 6) kann die Zielwerte der Behörde für Ammonium nicht annähernd erreichen. Eine Sicherung in Form einer mineralischen Abdichtung (Abb. 7) sowie die in-situ Stabilisierung (Abb. 8) erfüllen die Vorgaben.

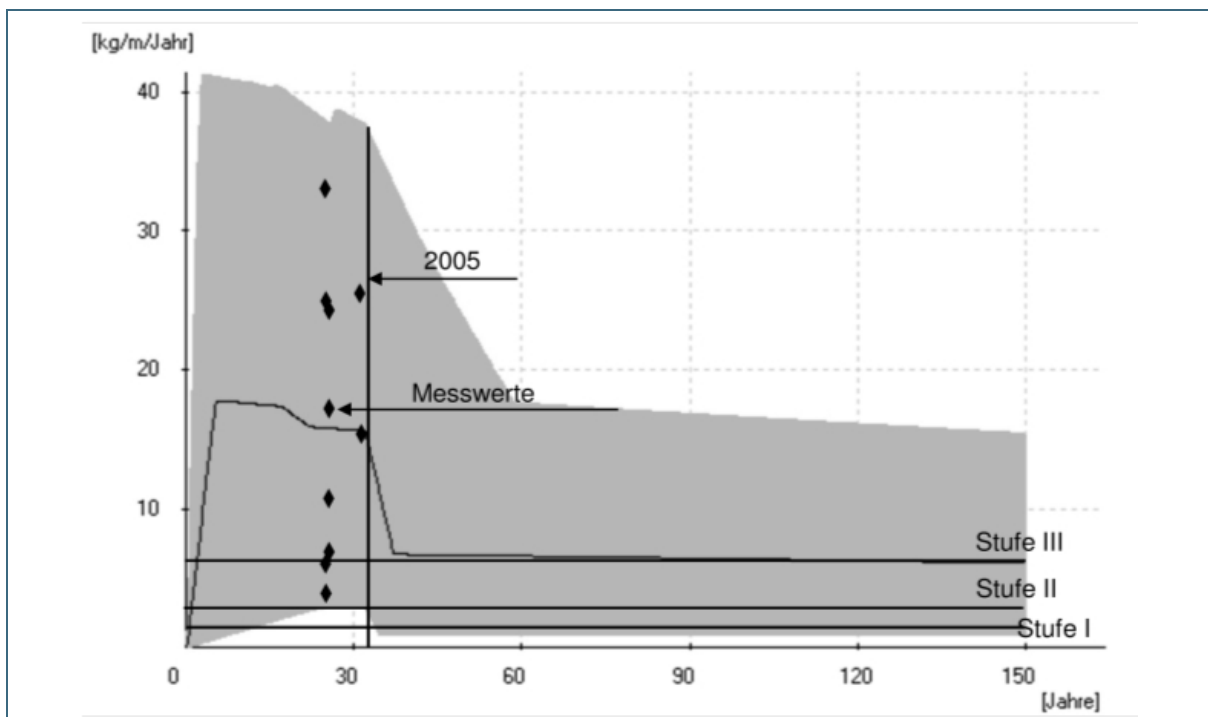


Abb. 6: Abdeckung WHS Waldbepflanzung.

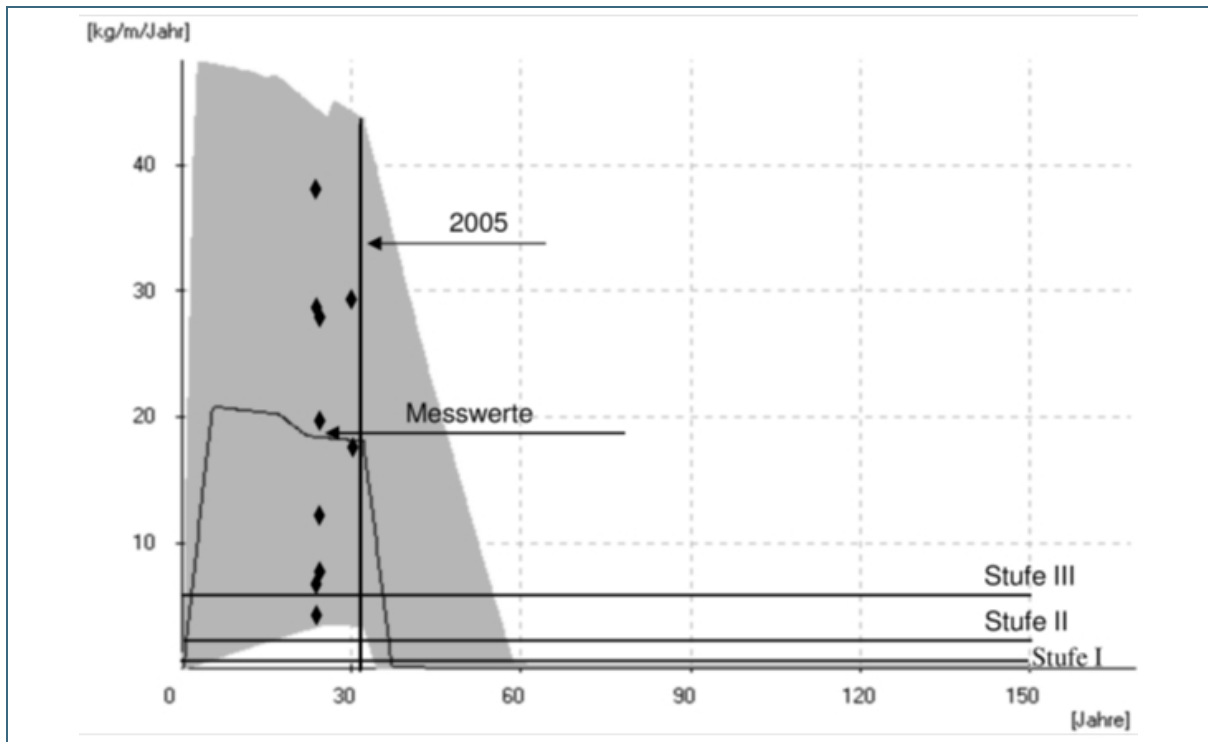


Abb. 7: Mineralische Abdichtung.

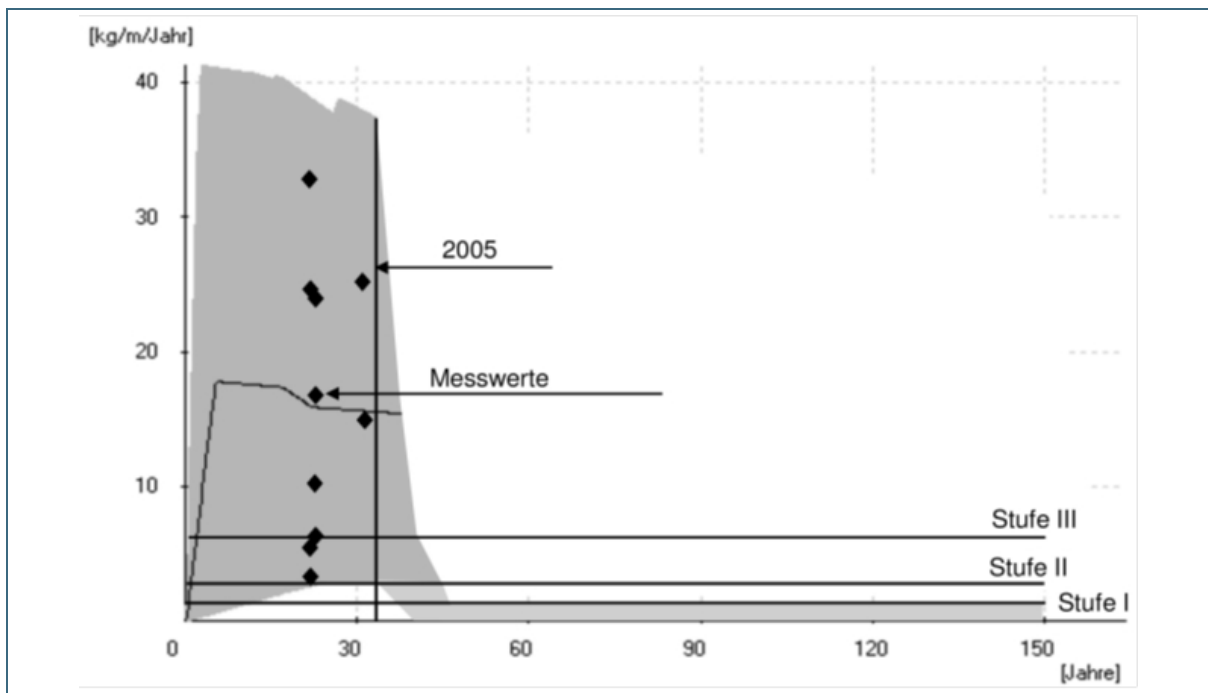


Abb. 8: In-situ Stabilisierung.

C Konzeptauswahl nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten

Die Auswahl der für den Standort besten Lösung erfolgt nach ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten. Dazu sind in der Tabelle 1 alle untersuchten Maßnahmen zusammen mit den Kosten angegeben. Die Varianten mit den rot gekennzeichneten Kosten könnten nach dem Stand der Verordnungen zwar gebaut werden, hätten aber keine Aussicht auf Entlassung aus der Nachsorge (Varianten 2, 3, 4, 8, 9) gehabt.

Aus den verbleibenden Varianten wurde Variante 5, die in diesem Beitrag beschriebene in-situ Stabilisierung, zur Ausführung ausgewählt.

Diese Variante hat gegenüber den anderen Möglichkeiten den Vorteil, dass durch die Belüftung die Quelle der Ammoniumemission weitgehend beseitigt wird. Alle anderen Maßnahmen führen lediglich zu einer Begrenzung der Höhe der Emission in das Grundwasser.

Tab. 1: Vergleich ökologische Leistungsdaten und Kosten.

		Ammonium	AOX	Kosten
		Stufe		Mio €
0	Istzustand	> III	> II	0,0
1	Deponie verlagern	> I	> I	145,0
2	Abdeckung entsprechend Bereich Ost	> III	> II	15,0
3	Abdeckung mit WHS und Grünland	> III	> II	19,0
4	Abdeckung mit WHS und Wald	> III	> II	19,0
5	Belüftung kombiniert mit 0	< I	> II	7,5
6	Belüftung kombiniert mit 2	< I	> II	22,5
7	Belüftung kombiniert mit 3 0der 4	< I	> II	26,5
8	Abdichtung 2 Lagen Bentonitmatten	> III	> II	17,0
9	Abdichtung 4 Lagen Bentonitmatten	> III	> I	18,0
10	Mineralische Abdichtung	< I	< I	19,9

D Gewähltes Konzept der in-situ Stabilisierung für den Standort Pill

Die Belüftung wird nicht nach Druck, sondern über die zugeführte Luftmenge gesteuert. Die Luftmenge ist so eingestellt, dass sich eine für den Stickstoffabbau optimale Temperatur im Deponiekörper realisieren lässt. Als natürliche Verteilerschicht dient die ungesättigte Bodenzone unter der Deponie, die aus eiszeitlichem Schotter besteht. Der sich einstellende Belüftungsdruck ist abhängig von der Durchlässigkeit des Untergrundes und der Deponie und der Lage des Grundwasserspiegels zur Deponie-sole. Das Besondere besteht darin, dass die Belüftung so geplant wurde, dass sich die ungesättigte Bodenzone und der Deponieinhalt wie ein biologischer Festbettreaktor verhalten und die Deponieoberfläche selbst einen Biofilter für die austretende Porenluft darstellt. Die Überwachung der Stoffumsetzungen erfolgt über die Messung der Porenluftzusammensetzung.

• Belüftungstechnik

Über ein Netz von insgesamt 216 Brunnen wird die Deponiefläche von ca. 18 ha mit Luft versorgt. Die Anordnung der Brunnen im Grundriss zeigt Abbildung 9. Die Belüftungsbrunnen sind an vier Kompressorstationen, verteilt über die Deponiefläche, angeschlossen, in denen sich die Mess- und Regeltechnik befindet. An 35, über die Deponie verteilten Messstellen, werden an der Grenzfläche zur Deponieabdeckung in der Porenluft die Temperatur, die Methan-, Kohlendioxid- und die Sauerstoffkonzentration gemessen.



Abb. 9: Grundriss der Deponie Pill mit den 216 Belüftungsfeldern und den 35 Bodenluftmessstellen (3.1 bis 3.12 im rechten Feld). An der Nachweislinie erfolgt die Erfolgskontrolle der Belüftungsmaßnahme.

Die prinzipielle Anordnung der Belüftungsanlage und der Messtechnik zeigt Abbildung 10. Die Daten werden automatisch täglich erfasst und sind über Fernzugriff aus dem Büro zeitgleich ablesbar. Störungen im System werden ebenfalls automatisch gemeldet.

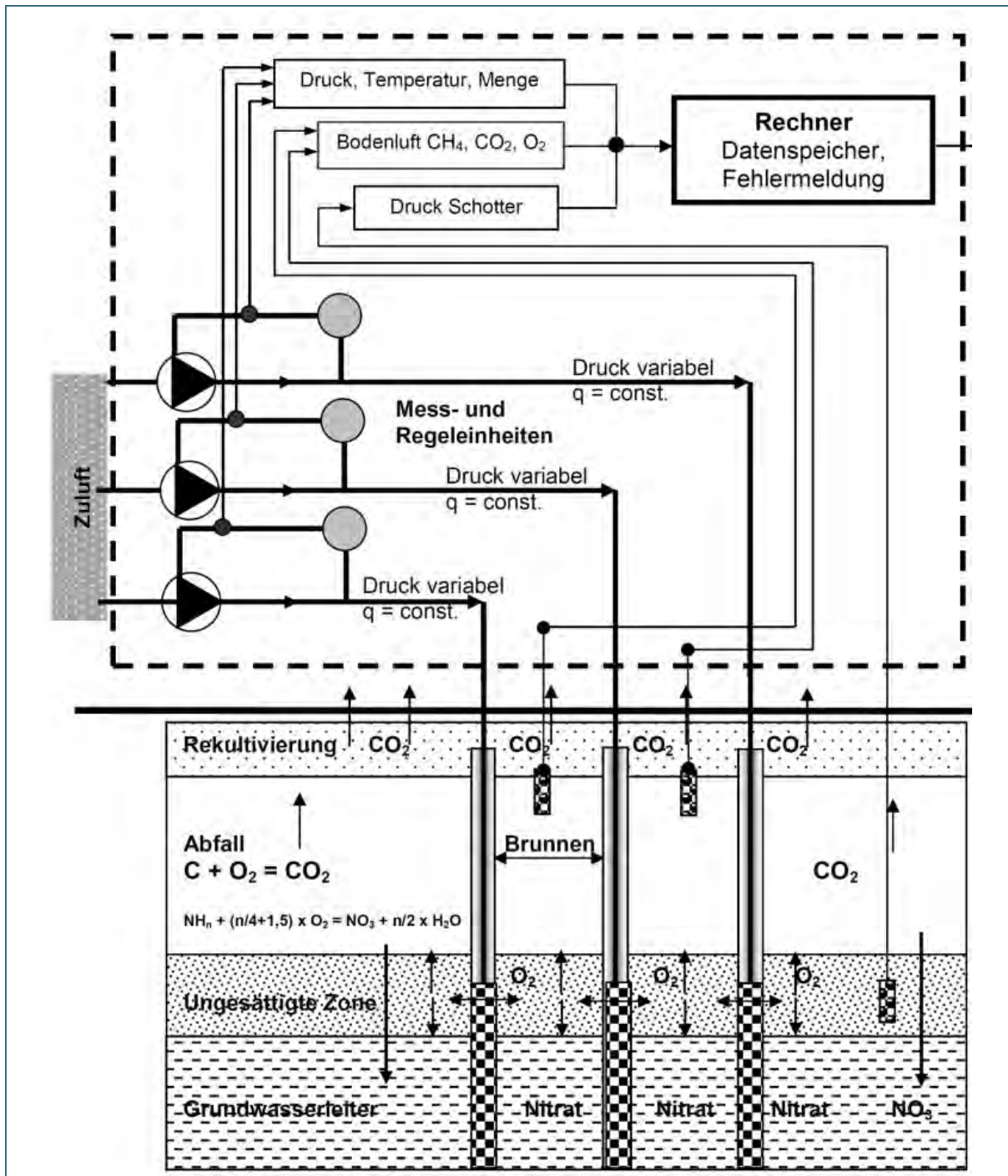


Abb. 10: Schemabild der Belüftung und Schaltbild der Messtechnik.

• Ergebnisse – Ammoniumreduktion

Durch die besondere Technik der Belüftung ist es möglich, aus den Messwerten der Bodenluft (vgl. Abb. 11) die Massenbilanzen des Stoffumsatzes im Deponiekörper, getrennt für Kohlenstoff und Stickstoff, zu ermitteln.

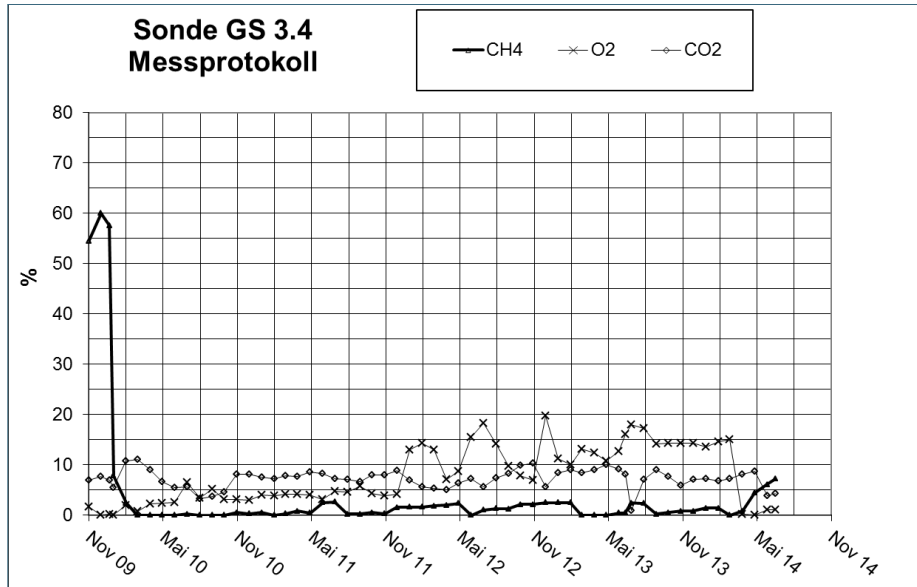


Abb. 11: Messprotokoll Bodenluftzusammensetzung (CH₄, O₂, CO₂), Sonde 3.4; Stilllegung Belüftung im März 2014.

Die Reaktionsprodukte sind im wesentlichen Kohlendioxid und Nitrat. Das Nitrat wird mit dem Sickerwasser in den Grundwasserleiter ausgetragen. Der Nachweis zur Beendigung der Belüftung ergibt sich aus der Oxidation der Stickstoffverbindungen zu Nitrat, die als Summenkurven für jeden Messpunkt vom Belüftungsstart an ermittelt werden. Am Verlauf dieser Kurven kann man ablesen, wie hoch die Nitratbildung in den Belüftungsfeldern der Messsonden ist. Nimmt der Summenwert nicht mehr oder nur sehr wenig zu, ist der oxidierbare Stickstoff im Umfeld der Sonde verbraucht. Dieser Zustand ist z. B. für die Sonde Nr. 3.4 (Abb. 12) erreicht, der die erste Bedingung zur Erreichung des Sanierungsziels ist. Die Umsetzung an Kohlenstoff (TN), die automatisch bei der Oxidation von Nitrat entsteht, ist für dieselbe Sonde Nr. 3.4 in Abbildung 13 dargestellt.

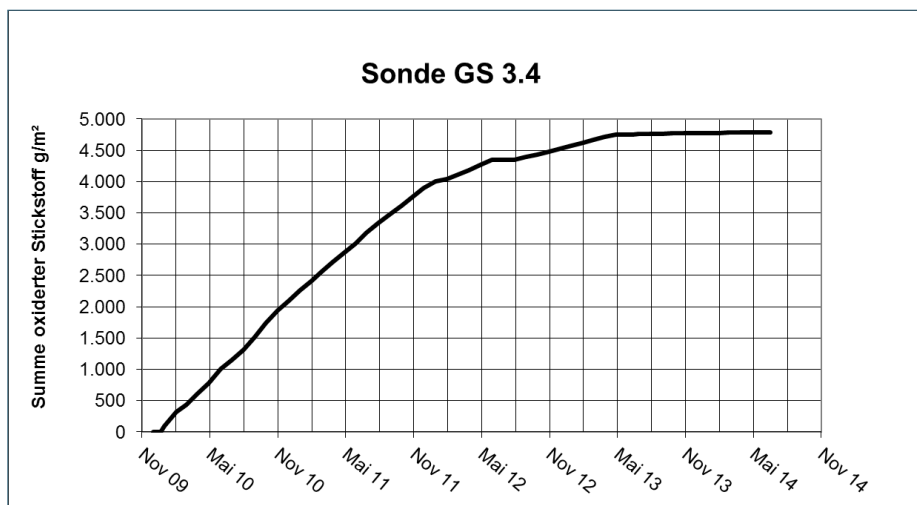


Abb. 12: Auswertung Stickstoff: Summen oxidierter Stickstoff g/m² Deponiefläche (Menge TN / Total Nitrogen / Gesamt-Stickstoff), die im Bereich der Sonde Nr. 3.4 umgesetzt wurden.

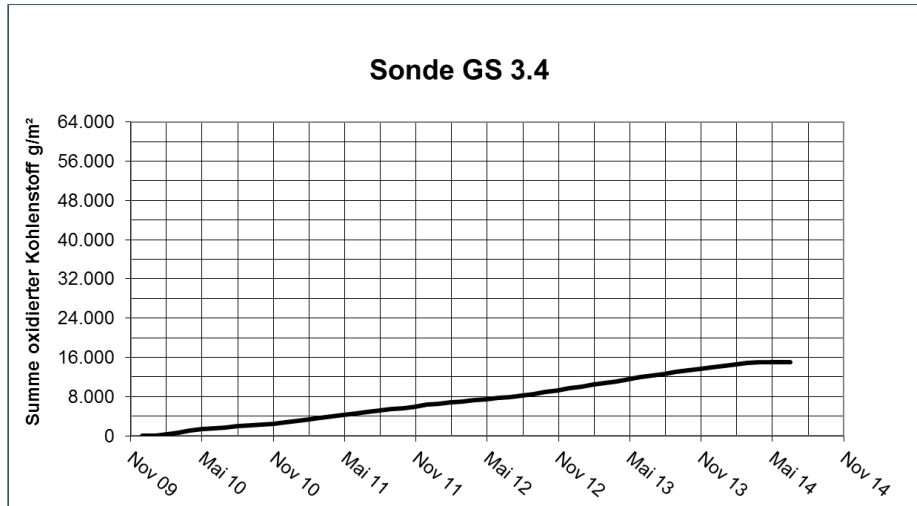


Abb. 13: Auswertung Kohlenstoff: Summen oxidierter Kohlenstoff g/m² Deponiefläche (Menge TC / Total Carbon / Gesamt-Kohlenstoff), die im Bereich der Sonde Nr. 3.4 umgesetzt wurden.

Die unabhängige Kontrolle erfolgt durch die Messung der Ammoniumbelastung im Abstrom der Deponie. Die Belüftung kann abgeschaltet werden, wenn als zweite Bedingung der Sanierungszielwert von 3 mg/l im Grundwasserleiter unterschritten wird. Dieser Sanierungszielwert wurde im Rahmen der Genehmigungsplanung fixiert. Die Belüftung ist nunmehr 4,5 Jahre in Betrieb. Die in der Planung prognostizierte Oxidation von Ammonium zu Nitrat und die Reduzierung der Ammoniumbelastung im Grundwasser erfolgt im erwarteten Umfang. Die Belastung des Grundwassers durch Ammonium wurde durch die Belüftung von bis zu 20 mg/l auf < 3,0 mg/l reduziert (Abb. 14). Die ersten Teilabschaltungen von Belüftungsfeldern erfolgten im März 2014 für die Belüftungsfelder der Sonden 3.1 bis 3.12 (Lage siehe Abb. 9).

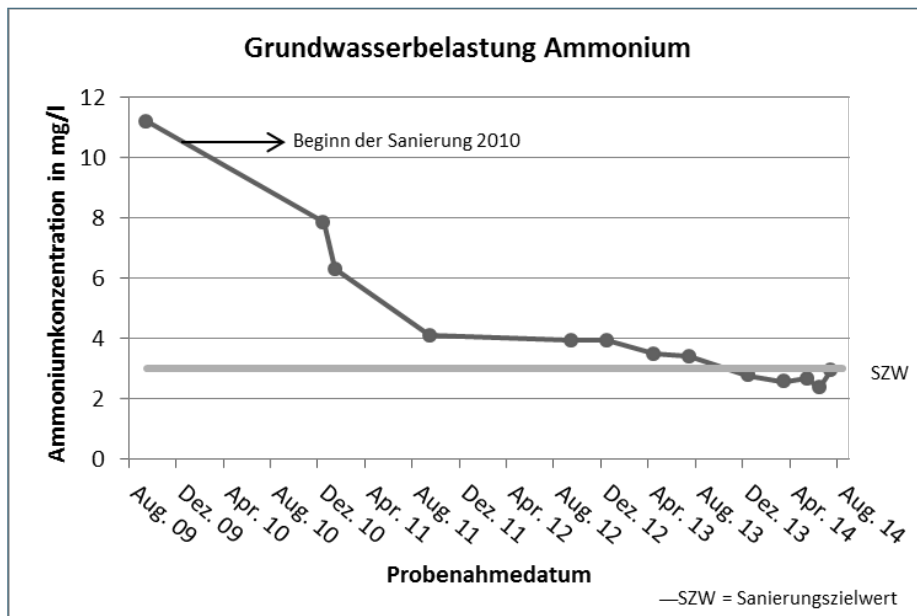


Abb. 14: Veränderung der Ammoniumkonzentration im Grundwasser an der Nachweislinie für Pegel P2/07.

• Ergebnisse – Nitratreduktion

Die Belastung des Grundwassers durch Nitrat (Abb. 15), das Oxidationsprodukt des Ammoniums, ist deutlich geringer als erwartet. Der Stickstoff liegt bei anaeroben Bedingungen als Ammoniumstickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) vor. Wird die Deponie belüftet, entsteht als Abbauprodukt Nitrat (NO_3). Beide Verbindungen sind wasserlöslich, liegen im Porenwasser dann als gelöster Stoff vor und gelangen über Konvektion und Diffusion in den Grundwasserleiter. Das bedeutet, dass der Stickstoff, der vorher im anaeroben Zustand über das Ammonium ausgetragen wurde, im aeroben Zustand als Nitrat das System verlässt.

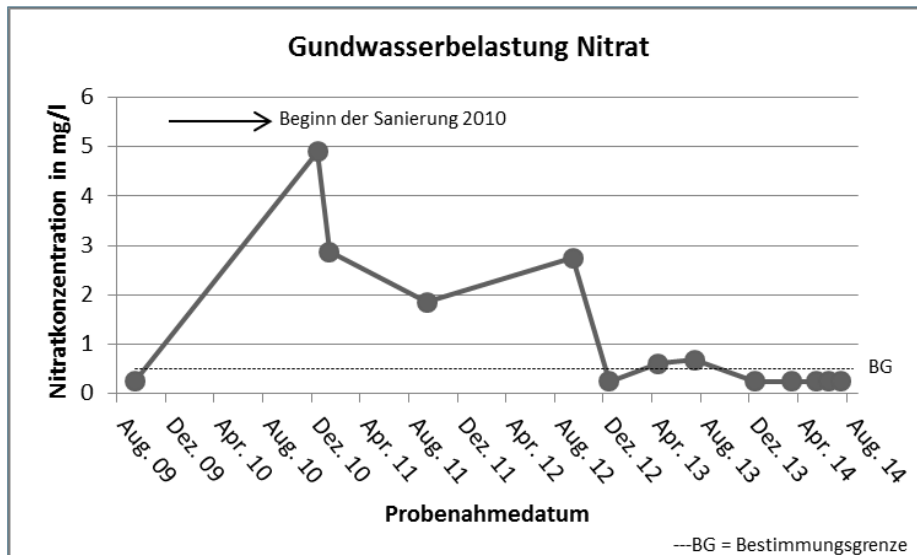


Abb. 15: Veränderung der Nitratkonzentration im Grundwasser an der Nachweislinie für Pegel P2/07.

Die Umwandlung des Nitrats in elementaren Stickstoff N_2 (Gas) und Wasser kann nur dann stattfinden, wenn ein Zustand ohne Sauerstoff bei gleichzeitigem Vorhandensein von leicht verfügbarem Kohlenstoff eintritt (Denitrifikation). Dieser Zustand ist im Grundwasser vorhanden, weil vor Beginn der Belüftung durch die Oxidation von Ammonium zu Nitrat dem Grundwasser der Sauerstoff entzogen wurde. Jetzt wird Nitrat zugeführt, sodass mit dem im Grundwasser vorhandenen Kohlenstoff eine Denitrifikation ablaufen kann. Dieser Umstand könnte die Ursache dafür sein, dass im Abstrom der Deponie lediglich maximal 5 mg/l Nitrat gemessen wurden (Abb. 15).

• Zusammenfassung und Ausblick

Die vor der Belüftung durchgeführten Abfallanalysen ergaben ein Gesamtpotenzial von 2.320 Mg TN (total Nitrogen) für den Deponiekörper, von denen 230 Mg als organisch verfügbar eingeschätzt wurden. Bislang wurden, ca. 550 Mg TN im Deponiekörper umgesetzt. Das ist mehr als doppelt so viel wie auf Basis der Einschätzung ermittelt. Es wird erwartet, dass der umgesetzte TN noch auf etwa 600 Mg TN ansteigen wird. In der Abbildung 16 ist die Entwicklung des TN Abbaus als Summenwert aus allen 35 Sonden dargestellt.

Die Abbaugeschwindigkeit von Stickstoff verringert sich besonders in den Belüftungsfeldern der Sonden 3.1 bis 3.12 erheblich, die im älteren Teil der Deponie liegen. Die erste Teilabschaltung für sechs Monate soll deren Einfluss auf die Grundwasserbelastung durch Ammonium und Nitrat in diesem Teil der Deponie zeigen. Danach erfolgt erneut eine Belüftung für weitere sechs Monate, um die Reaktion einer erneuten Belüftung auf die Entwicklung von Ammonium und Nitrat im Grundwasserleiter zu beobachten. Es wird auf der Grundlage der bisherigen Ergebnisse erwartet, dass die Belüftung auf der gesamten Deponie in etwa zwei Jahren abgeschaltet werden kann.

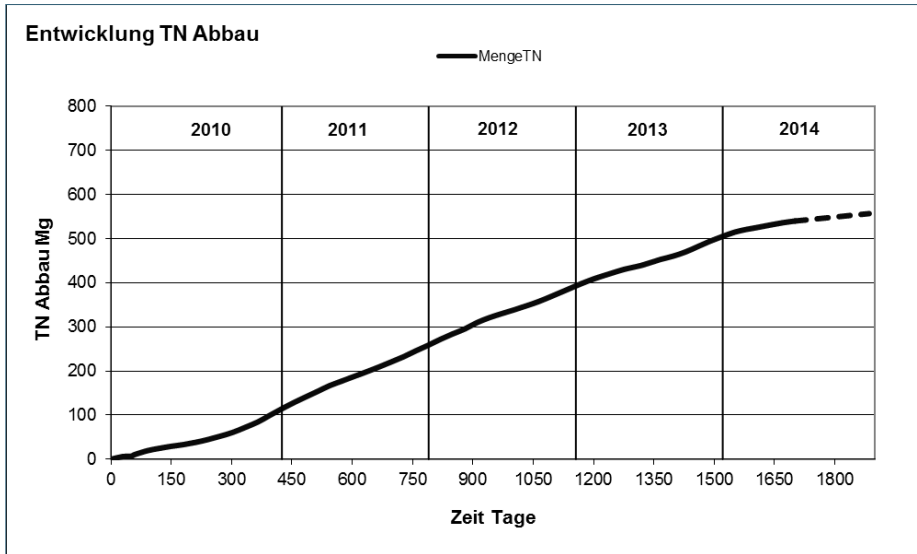


Abb. 16: Umsatz von TN (Total Nitrogen) als Summenkurve seit Beginn der Belüftung für die gesamte Deponie, strichlierte Linie ist die Prognose.

Der Abbau von Kohlenstoff im Deponiekörper durch die Belüftung, der parallel zur Oxidation der Stickstoffverbindungen stattfindet, erreichte bislang ca. 3.800 Mg TC bei einem weitgehend linearen Anstieg (Abb. 17).

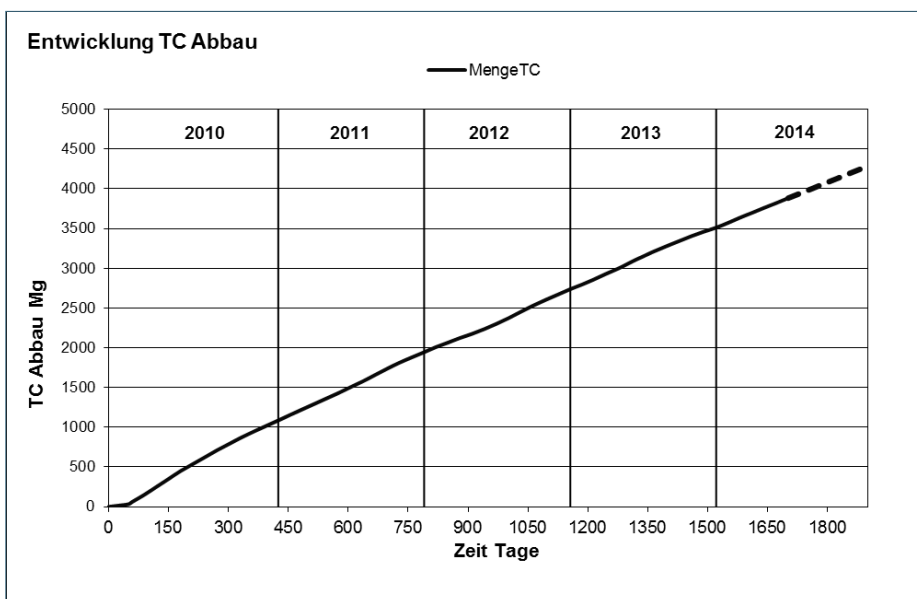


Abb. 17: Umsatz von TC (Total Carbon) als Summenkurve seit Beginn der Belüftung für die gesamte Deponie, strichlierte Linie ist die Prognose.

Energieerzeugung auf Deponien am Beispiel des Energieparks Hüttenfeld des ZAKB Kreis Bergstraße – Nutzung von Deponiegas, PVA und Windenergie

Eckhard Haubrich, Stepanka Urban-Kiss, Ingenieurgruppe RUK GmbH, Stuttgart

1 Energiepark Hüttenfeld

Die Erfahrungen bei der Errichtung von PV- und Windenergieanlagen auf Deponien wird am Praxisbeispiel der Deponie Lampertheimer Wald aufgezeigt. Im Nachfolgenden werden die an diesem Standort umgesetzten oder in Planung befindlichen Maßnahmen zur energetischen Nutzung vorgestellt.

Die Deponie Lampertheimer Wald in Lampertheim-Hüttenfeld wurde im Jahr 2005 abgeschlossen. Im Zuge der Nachnutzung wird der Standort zu einem Energiepark weiterentwickelt.

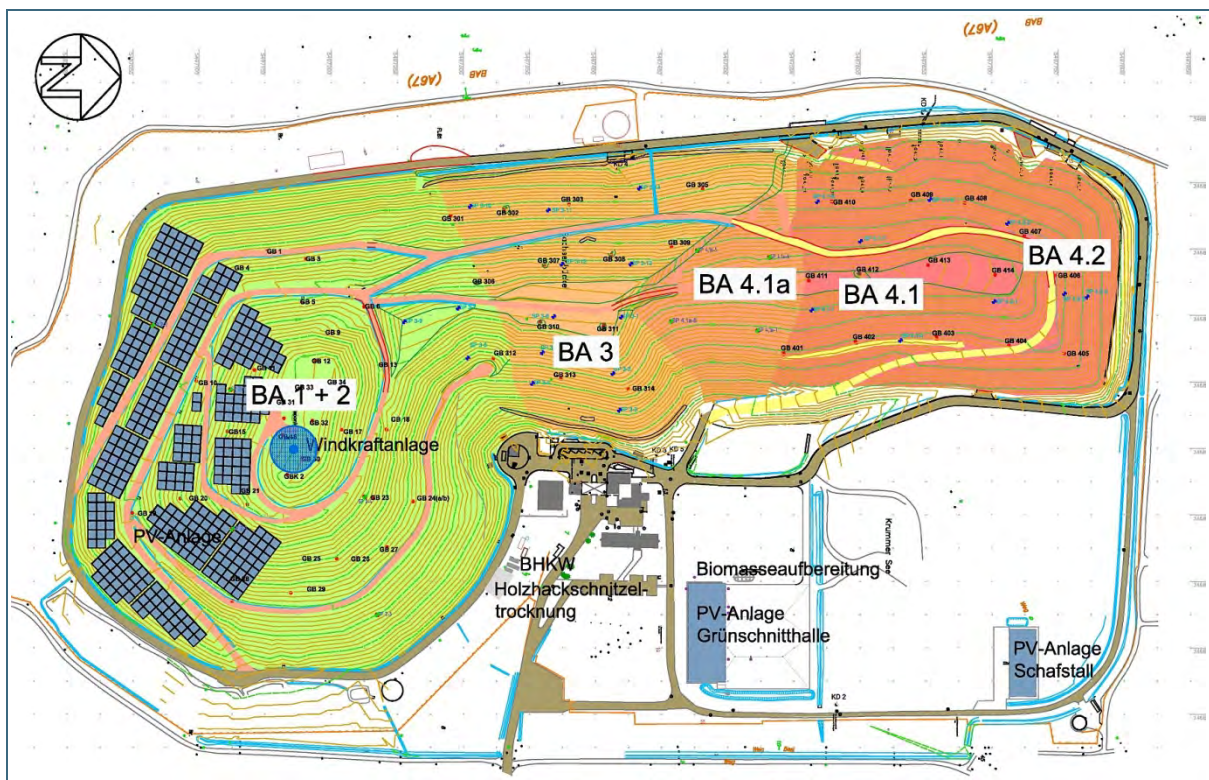


Abb. 1: Übersicht des Energiepark Hüttenfeld

1.1 Deponieentgasung

Das Deponiegas wird abgesaugt und energetisch verwertet. Zunächst (1986) wurde das Gas über eine Dampfkesselanlage eines Nachbarbetriebes in 2 km Entfernung thermisch genutzt. Seit 1988 wird das Gas auch verstromt. Ab diesem Zeitpunkt wurde Strom in das öffentliche Netz eingespeist.

1.2 Deponiegas-BHKW

Im Jahr 2002 lief der Vertrag der Fremdfirma zur Nutzung des BHKW aus und der ZAKB errichtete ein eigenes BHKW. Seit 2010 wird das Verwaltungs- und Funktionsgebäude mit Wärme versorgt und seit 2012 die Holzhackschnitzeltrocknungsanlage mit der Abwärme des BHKW betrieben.

Elektrische Leistung	469 kW
Stromerzeugung	1.890.000 kWh/a
Thermische Leistung	618 kW
Wärmeerzeugung	2.490.000 kWh/a

Tab. 1:
Daten Deponiegas-BHKW (2013)

1.3 Holztrocknungsanlage

Die Holztrocknungsanlage hat die vorrangigen Aufgabe Holzhackschnitzel, die am Standort in der Anlage zur Biomasseaufbereitung produziert werden, zu trocknen und dadurch zu stabilisieren und den Heizwert zu konservieren.

Stellfläche	177 m ²
Anlagenkapazität	10.000 Mg
täglich Aufnahmekapazität	ca. 24,5 Mg/d
Feuchtigkeitsreduktion	von 50 auf 30 %
Lagerkapazität in vier Containern	ca. 50 Mg

Tab. 2:
Daten Holztrocknungsanlage

Die Anlage wurde als einfache Containertrocknung mit einer Jahreskapazität von 10.000 Tonnen am Standort des Deponiegas-BHKW gebaut. Die Anlage nutzt die vorhandene Überschusswärme des Deponiegasmotors. Die vorhandene Kapazität reicht aus den gesamten erzeugten Brennstoff zu trocknen und über den Feuchteaustrag den Heizwert und somit die Qualität maßgeblich zu steigern.

1.4 Biomasseaufbereitung

Die Biomasseaufbereitung besteht aus einer Lagerhalle und aus einer befestigten Freifläche. Sie dient dazu, Grüngut in mehreren Schritten zu Holzhackschnitzeln und Kompost zu verarbeiten.

Die Holzhackschnitzel, die aus dem Grüngut gewonnen werden, werden getrocknet und anschließend in der Lagerhalle eingelagert. Daneben werden noch verschiedene Kompostarten auf der Freifläche hergestellt und gelagert. Diese werden zu deponietechnischen Zwecken verwendet oder an die Landwirtschaft abgegeben.

1.5 Photovoltaikanlage Deponie

Die ersten Planungsarbeiten für die Anlage begannen im Frühsommer 2010. Für das Vorhaben wurden die Bauabschnitte 1 und 2 gewählt, da so die Ausrichtung nach Süden realisiert werden konnte.

Die Bauarbeiten wurden im April 2012 begonnen. In nur etwas mehr als zwei Monaten wurden Rammarbeiten, Kabelverlegungen, Tischaufstellung und die Belegung mit Modulen ausgeführt. Mit einer Gesamtfläche von 34.000 m² und einer Leistung von ca. 2,4 MWp stellte die Photovoltaikanlage zum Zeitpunkt der Errichtung einer der größten Freiflächenanlage Hessens dar.

1.6 Photovoltaik-Schafstall

Der Schafstall dient den Schafen als Unterkunft für die Wintermonate. In den Sommermonaten werden die Schafe zur Beweidung der Deponieflächen (2012 ca. 10 ha) und der Ausgleichsflächen (2012 ca. 10 ha) sowie im Umland eingesetzt. Vor allem unter der Photovoltaikanlage auf der Deponie stellen die Schafe eine sehr gute und vor allem kostengünstige Variante der Grünflächenpflege dar.

1.7 Windkraftanlage

Neben Brennstoffherstellung und Photovoltaikstrom will der ZAKB am Standort Hüttenfeld das Portfolio der Anlagen zur Bereitstellung erneuerbaren Stroms noch erweitern. Im Jahr 2016 soll auf der höchsten Stelle des Deponiekörpers eine Windkraftanlage in Betrieb gehen.

2 Nachnutzung Deponie Lampertheimer Wald mittels PVA- und Windenergieanlage

Der Zweckverband Abfallbeseitigung Kreis Bergstraße (ZAKB) betreibt die Kreismülldeponie Lampertheimer Wald. Die Deponie befindet sich in der Stilllegungs- und Nachsorgephase. Im Rahmen der Folgenutzung der Deponie erfolgte durch den ZAKB die Realisierung einer Photovoltaikanlage auf einem Teilbereich der Deponiefläche im Deponieabschnitt BA 1/2. Auf der Kuppe dieses Deponieabschnitts soll eine Windenergieanlage realisiert werden.

2.1 Deponiesituation

Das planfestgestellte Areal umfasst inklusive Nebenflächen ca. 40 ha, davon umfasst das Deponieareal ca. 20 ha.

Tab. 3: Daten Deponieentwicklung

Gesamtfläche	40 ha
Inbetriebnahme Deponie (BA 1/2) und Gründung Eigenbetrieb	1975
Inbetriebnahme BA 3	1989
Inbetriebnahme Sickerwasserreinigungsanlage	1992
Inbetriebnahme BA 4	1994
Ablagerungsende	31.05.2005

Gemäß Planfeststellungsbeschluss vom 20.11.1992 und Änderungsbescheid vom 28.07.2004 ergibt sich aus der Deponiegestalt ein Volumen von ca. 3,6 Mio. m³:

BA 1+2	ca. 2,4 Mio. m ³
BA 3	ca. 0,6 Mio. m ³
BA 4	ca. 0,6 Mio. m ³
Gesamt	ca. 3,6 Mio. m ³

Tab. 4:
Volumen der Deponie

2.2 PV-Anlage im Böschungsbereich

Die PV-Anlage wurde auf einer in großen Bereichen südorientierten, oberflächengedichteten Deponiefläche realisiert, die prinzipiell für den Einsatz einer Photovoltaikanlage gut geeignet ist.

Unter Berücksichtigung der Abstandsflächen zu Gasbrunnen, Gasleitungen und Deponiewegen sowie der Wartungsgänge konnten insgesamt etwa 416 Modultische mit je 24 Einzelmodulen à 240 Wp installiert werden. Dies entspricht einer Gesamtleistung von ca. 2,4 MWp bei einer effektiven Modulfläche von ca. 16.000 m².

Die Photovoltaikanlage liefert einen nennenswerten Beitrag zum Umweltschutz. Jährlich wird eine Strommenge von ca. 2.336 MWh emissionsfrei erzeugt und folglich werden die CO₂-Emissionen um rund 1.400 Tonnen jährlich reduziert (ca. 0,6 kg/kWh im deutschen Strommix).

2.2.1 Genehmigungen

Auf Grundlage der durch die Ingenieurgruppe RUK GmbH aufgestellten Planung und der Fachgutachten wurde für den Deponieabschnitt BA 1/2 beantragt:

- Änderung der Folgenutzung durch Errichtung und Betrieb einer Photovoltaikanlage auf einer Teilfläche
- Änderung der naturschutzrechtlichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Auf dieser Grundlage wurde der Antrag auf Änderungsgenehmigung nach § 31, Absatz 3 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz gestellt.

Die vorgesehenen Maßnahmen haben keine nachteiligen Auswirkungen auf ein in § 2 Absatz 1 Satz 2 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung genanntes Schutzgut.

Die genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen waren aufgrund des Planungszeitpunktes 09/2011 (BQS 7-4a damals noch nicht existent) entsprechend der Arbeitshilfe „Fotovoltaik auf Deponien und Altablagerungen“, Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Stand 16.11.2010, wie folgt zu bewerten:

Gemäß § 32 EEG müssen die Standorte für Photovoltaik-Freiflächenanlagen bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Der örtliche Netzbetreiber ist nur dann zur Einspeisevergütung gemäß EEG verpflichtet, wenn diese erfüllt sind.

Die Genehmigungsfähigkeit der Photovoltaikanlage richtet sich nach den Vorgaben des BauGB (Baugesetzbuch) und der Hessischen Bauordnung (HBO).

Zudem ist bei der Anlagenplanung das Fachrecht, hier insbesondere das Naturschutzgesetz, zu berücksichtigen. Folgerichtig enthält der Antrag die landschaftspflegerische Fachplanung.

Deponien unterliegen solange dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, bis diese aus der Nachsorge entlassen wurden, also auch während der Stilllegungs- und Nachsorgephase. Da sich durch die Errichtung und den Betrieb der Photovoltaik-Freiflächenanlage eine Auswirkung auf die Deponie ergibt, wurde eine Änderungsgenehmigung nach § 31, Absatz 3 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz beantragt.

2.2.2 Aufbau der Oberflächenabdichtung

Der Deponiekörper des Deponieabschnitts BA 1/2 stellt im Wesentlichen einen kegelstumpfförmigen Körper dar. Die Böschungsneigung liegt bei mindestens ca. 1 : 2,7. Die Böschungen weisen eine Länge von ca. 120 m im Westen und ca. 140 m im Süden und Osten auf und sind durch Deponiewege

gegliedert. Die Bauabschnitte 1 und 2 wurden im Jahr 1991 mit einer mineralischen Oberflächenabdichtung versehen. Das Oberflächenabdichtungssystem besteht von oben nach unten aus folgenden Komponenten:

- 180 bis 200 cm Deckschicht aus rekultivierungsfähigem Boden
- > 30 cm Dränschicht aus Sand
- 60 cm mineralische Abdichtung, $k_f < 1 \times 10^{-9}$ m/s (Sand-Bentonitgemisch bzw. Lößlehm)
- 50 bis 100 cm Erdaddeckung des Abfalls.

Es sind 5 Setzungspegel installiert, die seit dem Jahr 1993 regelmäßig vermessen werden. Die Setzungsverläufe der Setzungspegel betragen maximal ca. 5 cm/a. Es ist ersichtlich, dass das Hauptsetzungsgeschehen somit bereits abgeklungen ist.

2.2.3 Belegungsfläche der PVA

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Photovoltaik-Anlage auf der Teilfläche des BA 1/2.

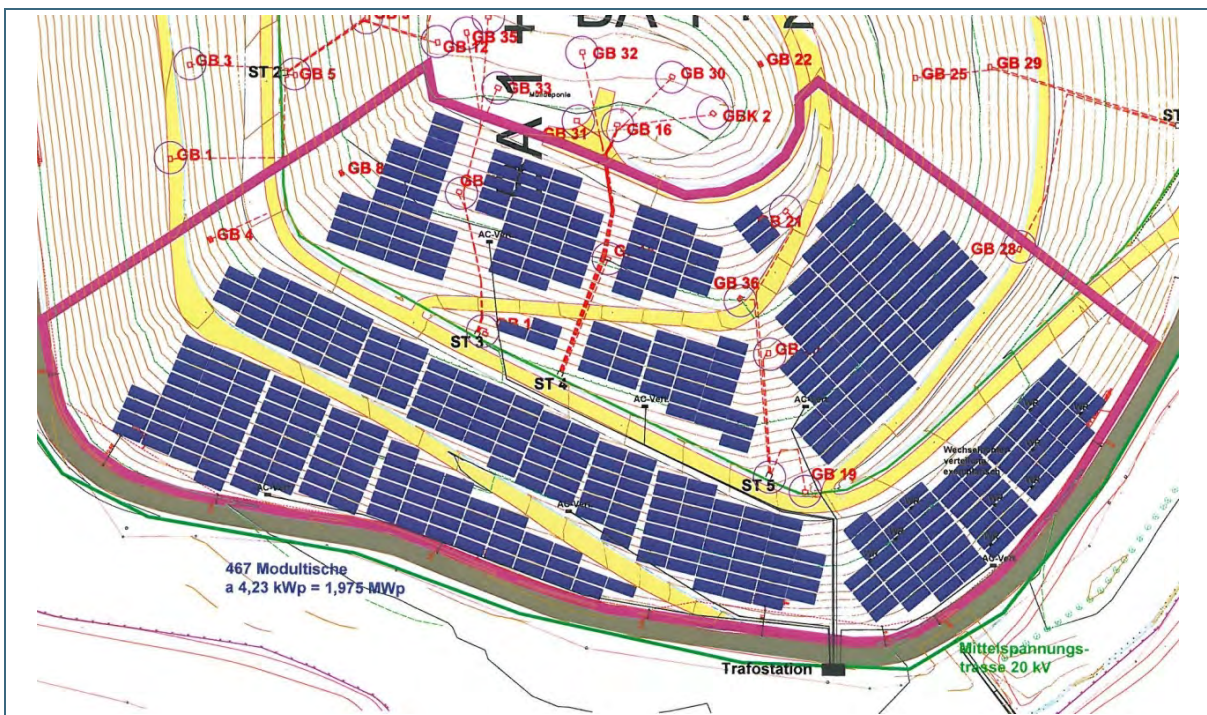


Abb. 2: Lageplan der PV-Anlage

Kenndaten der Photovoltaikanlage:

- Baubeginn März 2012, Inbetriebnahme 30.06.2012.
- Baufeld ca. 3,4 ha vorwiegend mit natürlich vorhandener Südausrichtung
- 416 Modultische mit jeweils 24 Modulen, Tischabmessungen $6,7 \times 6,6 \text{ m}^2$, Tischneigung 15 bis 20° zum Hang.
- Rammfundamente in der Rekultivierungsschicht, d. h. Beschädigung des Dichtungselementes konnte ausgeschlossen werden.
- Höhe der Modultische 1,7 m über GOK, damit sind die deponiespezifischen Pflege- und Kontrollmaßnahmen ohne Einschränkung möglich.

- 9.984 gerahmte PV-Module mit polykristallinen Zellen, Abmessungen ca. 1,0 x 1,6 m², Nennleistung 240 Wp, Modulneigung 5°.
- Dezentrale Wechselrichter für je 4 Tische, 15 Sammelkästen, Trafostation am Deponiefußpunkt.
- Elektrische Leistung der Anlage: ca. 2.400 kWp.
- Jährliche Stromerzeugung: ca. 2.336 MWh/a.
- Haushaltsäquivalent (Strom): ca. 580 Haushalte.



Abb. 3: Ansicht der PV-Anlage

2.2.4 Fundamentierung

Bei der Fundamentierung sind im Wesentlichen folgende Verfahren verfügbar:

- Betonfundamente (Blockfundamente)
- Bohrpfähle (Schraub-, Drehfundamente)
- Ramppfähle.

Betonfundamente wurden nicht weiter verfolgt, da sie einen zu starken Eingriff in die Natur und den Rekultivierungsboden erfordert hätten, zumal die nötigen Betonierarbeiten aufgrund der verhältnismäßig steilen Böschungen logistisch sehr aufwändig gewesen wären.

Für die Fundamentierung der Modultische wurden Rammfundamente vorgesehen die mit einem Rammgerät in den Boden eingeschlagen wurden. Die Einrammtiefe der Pfähle richtete sich nach der vorhandenen Bodenqualität.

Die Bodenüberdeckung am Standort ermöglichte eine maximale Rammtiefe von ca. 1,6 m uGOK, ohne dass die Gefahr einer Beschädigung der Abdichtungsschicht bestand. Entsprechend des geotechnischen Gutachtens wurden vor der großtechnischen Ausführung, zur Absicherung der statischen Bemessung mit den vorgesehenen Profilen Ausziehversuche (Druck- und Zugversuche) durchgeführt.

Bei geringerer Bodenfestigkeit kann die Fundamentierung alternativ auch mit Drehfundamenten erfolgen. Durch das im unteren Teil der Drehfundamente angeordnete flächige Wendelsystem können vor allem bei künstlich aufgeschütteten und locker verdichteten Böden höhere Lasten als bei Ramppfählen abgetragen werden. Die Drehfundamente werden z. B. durch einen mit hydraulischem Drehmotor ausgerüsteten Minibagger eingebaut.



Abb. 4: Fundamenttypen: Ramppfähle (links), Drehfundamente (rechts)

Die exakte Lage der Pfähle wurde örtlich eingemessen (GPS-basiert).

2.2.5 Modultische und Befestigung

Die Modultische haben eine Abmessung von ca. $6,7 \times 6,6 \text{ m}^2$ und sind für die Aufnahme von 18 Modulen (2 Reihen á 9 St.) vorgesehen. Die Modulbefestigung erfolgt als feste Installation ohne Nachführung mit einer Neigung von 20° zur Horizontalen.

Für eine spätere Bewirtschaftung der Böschungen durch Schafbeweidung muss die Modultischhöhe mindestens 1,0 m über Gelände betragen. Im Hinblick auf Revisionierbarkeit der PV-Anlage und eine Zugänglichkeit zur Deponieoberfläche für Begehungen wurden die Tische mit einer Höhe von durchschnittlich 1,7 m ausgeführt. Bei dieser Modultischhöhe ist auch eine erweiterte Grünflächenpflege z. B. mit Freischneidern möglich.

Neben den verzinkten Stahlprofilen zur Gründung wurden ausschließlich Träger und Schienen aus Aluminium eingesetzt. Die Verbindungsmaterialien bestehen aus rostfreiem Stahl.

Die Tischkonstruktionen benötigen eine statische Zulassung (System- oder Einzelzulassung). Maßgebender Lastfall ist dabei erfahrungsgemäß die an den Modultischen angreifende Windlast.

Eine gute Niederschlagswasserverteilung über den Hang wird dadurch unterstützt, dass auch zwischen den Modultischreihen ein Regenwasserabfluss möglich ist. Somit kann von einer sehr gleichmäßigen Wasserverteilung über den Hang ausgegangen werden.

Ausgehend von den einzelnen Modultischen wurden die gleichstromführenden Kabel zu den Wechselrichtern geführt. Die Kabelverlegung erfolgte entweder in Kabelpitschen, die an den Modultischen befestigt wurden, oder – bei weiteren Wegstrecken – im Erdreich mit einer Tiefenlage der Kabel zwischen 0,4 und 0,6 m.

Die DC-Kabelverlegung an den Modultischen erfolgte in geschützter Form, so dass weder Verbiss noch Beschädigungen bei der Grünflächenpflege (Beweidung durch Schafe oder motorbetriebenes Freischneiden) möglich sind.

Mittels dezentraler Wechselrichter wird der in den Photovoltaikmodulen erzeugte Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom umgewandelt.

2.2.6 Maßnahmen zum Naturschutz

Auf Teilflächen des Baufeldes mussten vor Baubeginn Zauneidechsen abgesammelt werden, daher wurde das Baufeld in zwei Bauabschnitte unterteilt.

Die Baumaßnahmen wurden so durchgeführt, dass der Eingriff in die gewachsene Botanik des Deponiehangs möglichst gering gehalten wurde. Insbesondere wurde eine möglichst schonende Bauausführung mit geringer Befahrung der Rekultivierungsschicht angestrebt.

2.3 Windenergieanlage auf der Deponiekuppe

Die Kuppe des Deponieabschnitts BA 1/2 stellt mit einer Höhendifferenz von ca. 40 m gegenüber dem umgebenden Gelände die höchste Erhebung dar und ist damit prinzipiell für den Einsatz einer Windenergieanlage gut geeignet.

Als Windenergieanlage wurde beispielhaft die Anlage V112 von Vestas mit einer Nabenhöhe von ca. 94 m, einem Rotordurchmesser von ca. 112 m und einer maximalen Nennleistung von ca. 3 MW in der Genehmigung betrachtet.

Da ebene Flächen für die Montage (Arbeitsfläche) und für das Fundament hergestellt werden müssen, sind erhebliche Profilierungsarbeiten erforderlich. Für den Antransport der z. T. über 50 m langen Rotorblätter sind zudem Aufweitungsmaßnahmen an verschiedenen Flächen und Fahrwegen auf der Deponie vorzunehmen.

2.3.1 Genehmigungen

Durch Errichtung und Betrieb der Windenergieanlage ergibt sich eine Änderung der Folgenutzung im Rahmen der Stilllegungskonzeption. Für die Realisierung der Windenergieanlage auf der Kuppe sind erhebliche Eingriffe in die deponietechnischen Einrichtungen und in den Deponiekörper erforderlich.

Auf Grundlage der durch die Ingenieurgruppe RUK GmbH aufgestellten Planung und der Fachgutachten wurde der Antrag auf Änderungsgenehmigung nach § 35, Absatz 3 Kreislaufwirtschaftsgesetz gestellt.

Parallel zum Genehmigungsantrag nach KrWG erfolgt die Beantragung der Genehmigung nach Bundesimmissionsschutzrecht. In diesem Verfahren wird auch die Baugenehmigung beantragt. Die Genehmigung wird für September 2014 erwartet.

2.3.2 Deponiespezifische Rahmenbedingungen

Der Deponieabschnitt 1/2 wurde in den Jahren von 1975 bis 1989 verfüllt. Das angelieferte Material bestand aus Haus- und Gewerbemüll, Sperrmüll, Bauschutt, Erde und Klärschlämmen und wurde, so wie angeliefert, mit Kompaktoren eingebaut und verdichtet. In den oberen Lagen des Kuppenbereichs wurde überwiegend mineralisches Material eingebaut.

2.3.3 Anlagentyp

Der Typ der Windenergieanlage liegt noch nicht fest, da die Maßnahme öffentlich funktional ausgeschrieben werden muss und das Ausschreibungsverfahren erst nach Vorliegen der Genehmigung gestartet werden soll. Verschiedene Anbieter stehen für onshore-Anlagen an verhältnismäßig wind-schwachen Standorten (IEC-Windklasse III) prinzipiell zur Verfügung.

Tab. 5: Anbieter für onshore-Windenergieanlagen an windschwachen Standorten

Hersteller	Anlagentyp	Nennleistung	Rotordurchmesser	Nabenhöhe	Windklasse (IEC)
Enercon	E-115-2.5MW	2,5 MW	115 m	92,5 - 149 m	Class S (III)
Gamesa	G-114-2MW	2 MW	114 m	93 - 140 m	IIIA
General Electric	GE 2.5-103m	2,5 MW	103 m	85 - 98,3 m	IIIA
General Electric	GE 2.75-103m	2,75 MW	103 m	75 - 98,3 m (alt. 123,5 m)	IIIA
Nordex	N117 2.4	2,4 MW	117 m	90 - 141 m	IIIA
Repower	3.2 M-114	3,2 MW	114 m	90 - 143 m	IIIA
Vensys	VS112 2.5MW	2,5 MW	112 m	93,5 m / 140 m	IIIA
Vestas	V112 3MW	3 MW	112 m	standortspezifisch	IIA -IIIA

Die in die Genehmigung eingebrachte Turmkonstruktion ist eine Stahlbauweise aus einzelnen Segmenten mit einem Durchmesser von max. 4,20 m. Er wird auf einem Stahlbetonfundament mit einem Durchmesser von ca. 33 m errichtet. Das Eigengewicht des Turms beträgt insgesamt ca. 410 Tonnen.



Abb. 5: Lageplan Windenergieanlage auf der Kuppe des BA 1/2

Der maximale Abstand zwischen der Oberkante des Fundaments und der Rotorspitze ergibt sich zu ca. $94\text{ m} + 56\text{ m} = 150\text{ m}$. Gegenüber dem Umland der Deponie erreicht die Rotorspitze eine maximale Höhe von ca. 190 m.

2.3.4 Gründung

Die Gründung erfolgt als Flachgründung. Die Flachgründung weist eine besondere Bauform auf (Kreisring mit Decke) und ist auf den besonderen Untergrund – den Deponiekörper – angepasst. Die Deponiekuppe muss für die Maßnahmen der Gründung und der Montage abgeflacht und eingeebnet

werden. Die neue Form und Befestigung der Kuppenfläche bleiben für die Betriebsdauer der WEA erhalten.

Erste baugrundtechnische Machbarkeitsuntersuchungen haben gezeigt, dass hinsichtlich der zu wählenden Gründung die bei den Anlagen auf dem Energieberg Karlsruhe angewendeten und praxiserprobten Verfahren zum Einsatz kommen können. Bei der Ausführung der Fundamentierung für die zwischen 1999 und 2003 errichteten Windenergieanlagen auf dem Deponieberg Karlsruhe-West wurde auf eine dynamische Intensivverdichtung des Deponiekörpers verzichtet. Die Anlagen wurden zum Teil bereits kurz nach der Endverfüllung des jeweiligen Deponieabschnitts auf nachträglich ergänzten, den Deponiekörper überlagernden, mehrere Meter dicken Gründungsebenen, bestehend aus verdichtetem Kies-Sand-Gemisch, errichtet.

Um die Steifigkeit des Mastfußes dauerhaft zu erhalten, war ein „Aufreiten“ in der Mitte des Fundamentkörpers infolge Eindrücken der Fundament-Ränder im vergleichsweise weichen Untergrund unbedingt zu vermeiden. Daher wurden im Fall „Karlsruhe“ für die Gründung der Windenergieanlagen Kreisringplatten realisiert, wobei das Innere – der Kern der Platte – ohne Kontakt zum Baugrund ausgeführt wurde. Dies wurde durch eine mit flüssigem Stickstoff hergestellte Eisplatte erreicht. Die Eisplatte diente hierbei als verlorene Schalung, auf welcher der weitere Baubetrieb stattfand (Verlegung von Dämmplatten und Bewehrung, Einbringen und Verdichten des Betons). Nach dem Abtauen der Eisplatte entstand ein Hohlraum zwischen Baugrund und Unterseite der Fundamentplatte, ein kraftschlüssiger Kontakt zwischen Fundament und Untergrund war in diesem inneren Bereich der Platte nicht mehr möglich. Die Lasten aus dem Turm und der gesamten Fundamentierung werden ausschließlich über den äußeren Kreisring in den Baugrund übertragen.

Um eine möglichst große ebene Montage- und Gründungsfläche mit guten Standsicherheitseigenschaften zu schaffen, muss das gesamte Kuppenniveau abgesenkt werden.

Folgende Randbedingungen ergeben sich am Standort Lampertheimer Wald:

- Die im Kuppenbereich des BA 1/2 verfügbare Fläche liegt deutlich unter den Standardanforderungen der WEA-Hersteller an die Abmessungen von Montageflächen. Daher muss der Kuppeneinschnitt möglichst tief angesetzt werden um Fläche zu gewinnen.
- Andererseits muss die Menge des abzutragenden Abfalls aus Gründen des Arbeits- und Nachbarnachschutzes, aber auch aus wirtschaftlichen Überlegungen möglichst gering gehalten werden.

2.3.5 Aufbau der Montagefläche

Nach erfolgtem Aushub/Abtrag wird die Fläche planiert und in dem Bereich, in dem die mineralische Dichtungsschicht der vorhandenen Oberflächenabdichtung entfernt oder geschwächt wurde, mit folgendem Aufbau versehen (von oben nach unten):

- Mineralische Tragschicht, $d = 0,5 \text{ m}$
- Geotextil GRK 4 mit BAM-Zulassung
- Schotter, $d = 0,5 \text{ m}$
- Geogitter (Auslegung nach statischer Erfordernis) mit BAM-Zulassung
- Drän- und Schutzschicht, $d = 0,1 \text{ m}$
- Dränmatte mit BAM-Zulassung
- Kunststoffdichtungsbahn KDB, $d = 2,5 \text{ mm}$, mit BAM-Zulassung
- Bentonitmatte BQS-Eignung

- Auflager Bentonitmatte, $d = 0,1 \text{ m}$
- Geotextil GRK 4 mit BAM-Zulassung.
- Ausgleichs- und Gasdränschicht, $d = 0,3 \text{ m}$
- Geotextil GRK 4 mit BAM-Zulassung.

Das Gefälle der Dichtungskomponenten beträgt 2 % in südlicher Richtung fallend, die Oberfläche der mineralischen Tragschicht ist eben.

Eine Montage- und Kranstellflächen mit der standardmäßig gewünschten Flächengröße ist auf der Kuppe geometrisch nicht möglich, vielmehr weist die Montagefläche eine Größe von etwa 2.100 m^2 auf. Lagerflächen und teilweise auch Montageflächen müssen daher an den Rand der Deponie verlegt werden. Die Anlageteile werden dann an den Kranstandort befördert und verbaut.

Der Einsatz von Spezialkränen wird notwendig sein (z. B. Montage mit Teleskopkran), was mit entsprechenden Mehrkosten verbunden ist. Aufweitungsmaßnahmen an der Deponieauffahrt Ost sind im Zusammenhang mit der Anlieferung der Turmteile und Rotorblätter erforderlich.

2.3.6 Aufbau der Fundamentfläche

Unterhalb des Fundaments wurde das Setzungsmaß für die Beispielanlage unter verschiedenen Szenarien wie folgt berechnet:

- Wind aus Nord => Setzungsmulde Süd – Mitte – Nord: 26 cm – 11 cm – 15cm
- Wind aus Süd => Setzungsmulde Nord – Mitte – Süd: 23 cm – 10 cm – 18 cm.

Da die Oberflächenabdichtung unterhalb des Fundaments nicht zugänglich ist, infolge der Auflast aber mit großer Wahrscheinlichkeit beschädigt oder sogar zerstört wird, wird keine Deponieabdichtung ausgeführt, sondern die Dichtungsfunktion wird während der Nutzungsdauer der WEA vom Stahlbetonfundament übernommen.

Nach erfolgtem Aushub wird auch hier die Fläche planiert und in dem Bereich, in dem die mineralische Dichtungsschicht der vorhandenen Oberflächenabdichtung entfernt oder geschwächt wurde, mit folgendem Aufbau versehen (von oben nach unten):

- Mineralische Tragschicht, $d = 0,5 \text{ m}$
- Geotextil GRK 4 mit BAM-Zulassung
- Schotter, $d = 1,5 \text{ m}$
- Geogitter (Auslegung nach statischer Erfordernis) mit BAM-Zulassung
- Geotextil GRK 4 mit BAM-Zulassung.
- Ausgleichs- und Gasdränschicht, $d = 0,3 \text{ m}$
- Geotextil GRK 4 mit BAM-Zulassung.

2.3.7 Ausführung des Fundaments

Das Fundament wird in Stahlbetonbauweise als Kreisringplatte mit dem Außen-durchmesser von $D > 33 \text{ m}$ und dem Innendurchmesser d von $D/d = 2/1d$ vor Ort hergestellt. Das Fundament ist am Rand 1 m und unter dem Turmansatz etwa 3 m dick.

Voraussetzung für die langfristige Funktionsfähigkeit des Stahlbetonfundaments ist die unabdingbare Sicherstellung der Dichtigkeit und Rissefreiheit des Betons, so dass die Armierung gesichert gegen

Wasserzutritt und damit verbundene Korrosion geschützt ist. Ein betonkorrodierendes Milieu ist nicht vorhanden. Bei Erfüllung der primären Funktionsanforderung ist damit gleichzeitig die deponietechnische Dichtungswirkung gegeben.

2.3.8 Deponieentgasung

Die Entgasung der Deponie ist sicherzustellen. Unterhalb des Fundaments und der Montagefläche werden Deponiegaskontrolldränleitungen verlegt, die beprobt und bei Bedarf abgesaugt werden können.

2.3.9 Arbeitsschutz

Für den Bau der Windenergieanlage ist der Kuppenbereich teilweise bis in den Abfall auszuheben. Daran anschließend erfolgt der Flächenaufbau mit einer Abdichtung samt Schotterpaket in der Montagefläche. Im Bereich des Fundaments stellt das Betonfundament, das auf einer Schotterschicht gebaut wird, die Abdichtung dar. Die Gefährdungssituation stellt sich wie folgt dar:

- Beim Eingriff in den Deponiekörper ist mit Gefährdungen durch Deponiegas zu rechnen.
- Das Antreffen von gefährlichen Abfällen wie z. B. Asbest ist aufgrund der geringen Eingriffstiefen bzw. der Oberflächennähe in der Abfallverfüllung nicht zu erwarten, jedoch nicht auszuschließen.
- Das Antreffen von Sickerwasser ist eher unwahrscheinlich aufgrund der Lage der freizulegenden Fläche im Kuppenbereich.
- Die Entgasung der Fläche ist sobald als möglich, nach Aufbringen der Kunststoffdichtungsbahn bzw. Einbau der Schottertragschicht unter dem WEA-Fundament, in Betrieb zu nehmen.
- Für die genannten Arbeiten sind Schutzmaßnahmen entsprechend BGR 127 (Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeit auf und in Deponien) sowie BGR 128 (Kontaminierte Bereiche) zu treffen.

2.3.10 Windmessenanlage

Der Windmessmast besteht aus einem 100 m hohen Stahlgittermast, an dem Ausleger für die Messtechnik, Blitzableiter und Abspannseilen angebracht wurden. Der Mast wurde mittels Stahlseilen in drei Richtungen abgespannt. Die Abstände der Ankerfundamente zum Mast betragen ca. 35 m und ca. 65 m. Die Verankerung des Mastes und der Abspannseile erfolgte mit speziellen Fertigteilelementen.

Die Windmessung erfolgt über eine Messdauer von einem Jahr von Anfang 2014 bis Anfang 2015. Es erfolgt eine weitere Wirtschaftlichkeitsberechnung und Entscheidung ob das Projekt weitergeführt werden soll.

Literaturverzeichnis

HAUCK, T., HAUBRICH, E. 2012. Machbarkeitsstudien zur Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Deponien. DepoTech, „Alte Lasten – Neue Energien“ Leoben.

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, 2010. Fotovoltaik auf Deponien und Altablagerungen.

ORTH, W. 2012. Windkraftanlagen auf der Deponie West, Karlsruhe – Vorstudie – Machbarkeitsüberprüfung Repowering WKA I und WKA II. http://www.energieberg.de/fileadmin/energieberg/media/windmuehlen/repowering/G01_Repowering-reduzierte-Version_Homepage.pdf

VOLK, P. 2013. Von der Deponie zum Energiepark, eine Deponie im Wandel der Zeit. Rettenberger, Stegmann (Hrsg.) Stilllegung und Nachsorge von Deponien 2013. Verlag Abfall aktuell, Stuttgart.

HAUBRICH E., URBAN-KISS, S. 2014. Erfahrungen bei der Errichtung von Windenergie- und PV- Anlagen auf Deponien. Hamburg. 21./22.01.2014.

HAUBRICH, E. 2013. PV-Anlagen auf Deponien – Risikomanagement bei der Planung und Bauausführung. Deponietage Münster – Deponie heute und in Zukunft. VKU/DWA 22./23.10.2013.

Schaffung von mehr Deponieraum durch wirtschaftliche und sichere Flächenerweiterung mit Steilböschungssicherungssystemen

Ralf Ziegler, Bermüller & Co. GmbH, Nürnberg

Inhalt:

- Einführung und Grundlagen
- Begrünbare Böschungssicherung bis 70°
- Böschungssicherung bis 85° in Gabionenoptik
- Steilböschungssicherungen mit integrierter Abdichtung
- Übersteile Wallbauwerke als Liniendeponie

Einführung und Grundlagen

Da die Erschließung neuer Deponiestandorte aufwendig und langwierig ist, stellt die bessere Raumnutzung der vorhandenen Flächen eine interessante Alternative dar.

Um auf den vorhandenen Flächen mehr Raum zu schaffen besteht die Möglichkeit die Böschungsneigungen wesentlich zu erhöhen. Dadurch wird eine deutliche Vergrößerung des Deponieraumes erreicht. Bisher hat man sich hauptsächlich damit begnügt die Neigung der böschungsparell verlaufenden geschichteten Dichtungssysteme dadurch zu erhöhen, dass man auf den Dichtungsschichten Geogitter einsetzt, damit dadurch das Neigungsverhältnis von 1:3 beispielhaft auf 1:2 verteilt werden konnte. Damit wurde etwas mehr Raum geschaffen. Wieviel mehr wäre aber gewonnen, wenn man Systeme mit Neigungen von 60°, 70° oder sogar 85° einsetzen könnte?

Diese Systeme beruhen im Wesentlichen auf dem Konstruktionsprinzip „Bewehrte Erde“ in Umschlagtechnik. Eine Bauweise die sich im Bau von Stützkonstruktionen vor allem im Erdbau bei Infrastrukturmaßnahmen und Erschließung von Gewerbe- und Wohnflächen einer starksteigenden Beliebtheit erfreuen. Der Gründe sind einleuchtend; einfacher, schneller und kostgünstiger Raumgewinn bei häufig auch ansprechender Optik als bei den konventionellen Lösungen für Stützkonstruktionen.

Diese Gründe sprechen ebenso für den Einsatz im Bereich der Deponien, da hier der Nutzensvorteil durch die Schaffung von mehr Deponieraum noch vergrößert wird.

Bei den Systemen, welche in diesem Beitrag vorgestellt werden, handelt es sich um, modulare, vormontierte Steilböschungssysteme mit einer Frontneigung von 60° – 85°. Als Bewehrungsmaterial dient ein Stahldrahtgittergeflecht aus doppelt gedriltem Stahldraht (Macheweite 8 x10cm). Die Front kann bis 70° begrünt werden. Bei steileren Neigungen empfiehlt sich die Verfüllung der Front mit Steinen.

Bevor die einzelnen Systeme und Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, einige Worte zu dem Bewehrungsmaterial, welches für die Bemessung und die Dauerhaftigkeit des Systems von entscheidender Bedeutung ist.

Die statischen Berechnungen für die TERRA MESH Böschungssicherungssystem werden nach der DIN 1054 bzw. nach DIN EN 1997-1 (EC 7-1) „Eurocode 7“ vorgenommen. Die Berechnungen werden mit üblichen handelsüblichen Bemessungsprogrammen durchgeführt. Für das System liegen europäi-

sche Zulassungen und alle notwendigen Nachweise vor. In dem Gutachten von Professor Müller-Rochholz sind die Abminderungsfaktoren A1 – A4 zur Berechnung zusammengefasst und bestätigt. Die Eigenschaften von Stahl sind seit langer Zeit sehr gut bekannt und es handelt sich daher um einen berechenbaren und sicheren Baustoff.

Die in den Böschungssicherungssystemen verwendeten Stahldrahtgeflechte weisen Zugfestigkeiten von 35 kN/m und 50 kN/m auf.

Da Stahl bei den normalen Temperaturen nicht kriecht entspricht die Kurzzeitzugfestigkeit der Langzeitzugfestigkeit, so dass der Abminderungsfaktor $A1 = 1$ beträgt und damit keine Abminderung erfolgt.

Um den Stahl zu schützen und eine hohe Beständigkeit bei einer langen Lebensdauer zu erhalten wird ein Duplexschutz hergestellt. Der Stahldraht ist mit einer Galmac ZN-Al 5 % Legierung dickverzinkt und zusätzlich mit 0,5 mm Kunststoffbeschichtung versehen. Dadurch wird eine hohe Robustheit erreicht, welche in Abhängigkeit der Körnung des Schüttmaterials bestimmt wurde und im Abminderungsfaktor A2 berücksichtigt wird. Dies ermöglicht ein direktes Befahren der Bewehrungslagen im Einbau mit Radfahrzeugen. Dadurch wird der Bauablauf des Erdbaus enorm beschleunigt. Auch ist das Material beständig gegen Nagetiere, selbst Nutria und Biber widersteht es.

Der effektive Korrosionsschutz, welcher im so genannten Salznebelsprühtest mit mehr als 6000 h nachgewiesen ist, dient als Nachweis für eine Beständigkeit bis zu 120 Jahren.

Von großer Bedeutung kann auch die Beständigkeit im sauren oder basischen Milieu sein. So ist das verwendete Bewehrungsmaterial unter der Berücksichtigung von Abminderungsfaktoren A 4 im Bereich PH 1 – 4 bis 60 Jahre und im Bereich 4 – 14 bis 120 Jahren beständig. Damit sind die Systeme fast uneingeschränkt einsetzbar.

Statiker und Prüfstatiker bestätigen, dass damit alle Grundlagen zur Berechnung und dem Einsatz nach den oben genannten Normen gegeben sind.

Begrünbare Böschungssicherung bis 70°

Am Beispiel des Böschungssicherungssystem GREEN TERRA MESH 70° werden nun das System, die Funktion, die Verwendung sowie der Einbau dargestellt.

GREEN TERRA MESH ist ein begrünbares, modulares, vormontiertes Steilböschungssystem mit einer Frontneigung von 70°.

Das Bewehrungsmaterial besteht aus Stahldrahtgittergeflecht aus doppelt gedrehtem Stahldraht mit Duplexschutz.

Für die Frontausbildung wird zusätzlich zu dem gedrehten Drahtgeflecht, eine Erosionsschutzmatte, eine geschweißte Stahldrahtgittermatte mit vorgebogenen Neigungsdreiecken aus Rundstahl (Durchmesser 8 mm), vormontiert. Vor Ort sind 1 – 2 Distanzhalter aus Rundstahl (Durchmesser 6 mm) pro lfm einzubauen.

Abmessungen:

Einbindelänge nach Statik vorkonfektioniert

Breite: 2 oder 3 m

Höhe: 50 – 85 cm

Neigung: 45°/ 60°/ 65°/ 70° / (87°)

Bestandteile:

A: gedrilltes sechskantiges Stahldrahtgittergeflecht mit Duplexschutz

B: quer eingezogene Stahldrahtstäbe

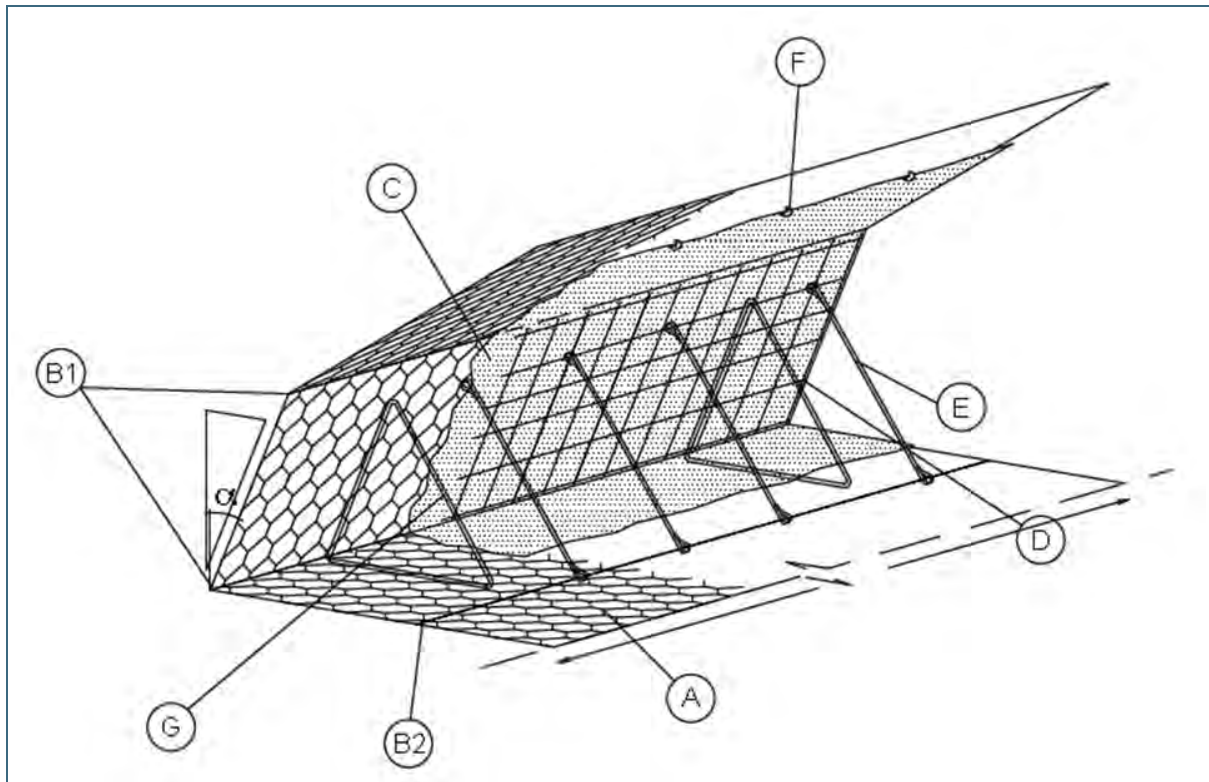
C: Erosionsschutzmatte nach Wahl

D: Neigungsdreieck

E: Spannhaken

F: C - Klammern

G: geschweißte Baustahlmatte

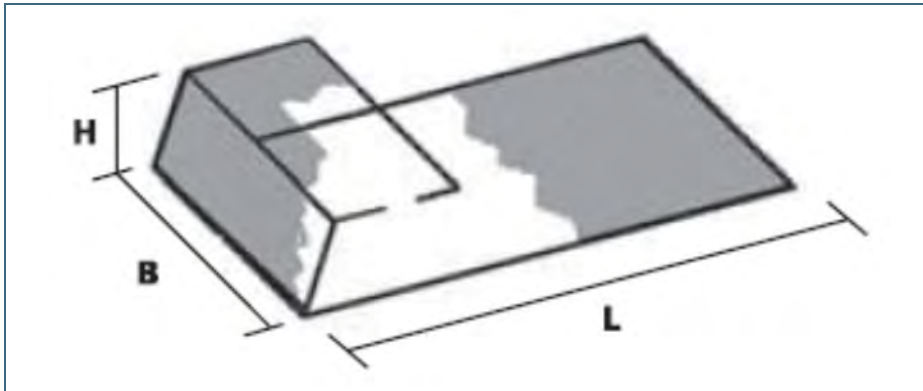


Funktionsweise

Wie bereits erwähnt basiert das System auf dem Konstruktionsprinzip der „Bewehrte Erde“ in Umschlagtechnik. Die Bewehrungslagen werden nach dem Prinzip der Umschlagtechnik verwendet und ergeben im Zusammenwirken, mit den lageweise eingebauten Schüttgütern, das bewehrte Stützbauwerk.

Aufbau

Die Frontausbildung wird durch eine vormontierte, formgebende verlorene Schalung aus Baustahlelementen (Neigungsdreiecke, geschweißte Stahldrahtgittermatte, Spannstäben) sichergestellt. Die Front wird aufgeklappt und mit Haken gesichert.

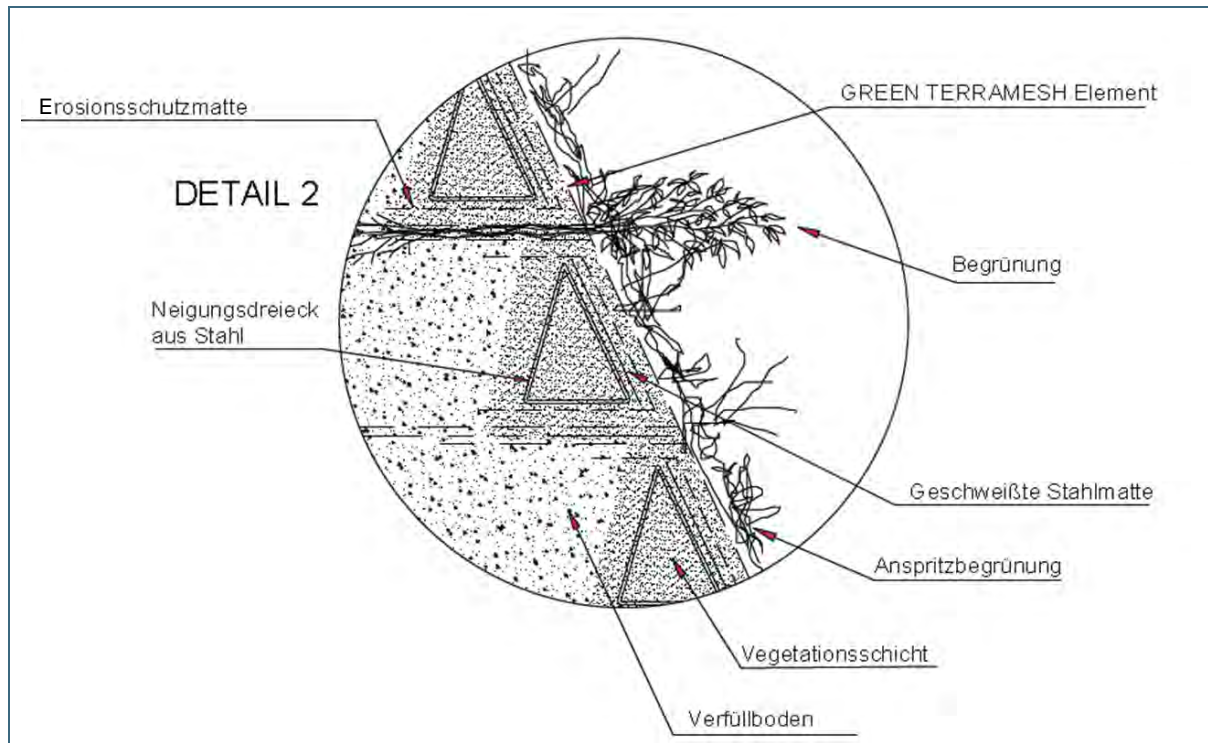


Nach der Bodenverfüllung wird der Überstand, vor dem Einbau des darüber liegenden Elementes, umgeschlagen und fixiert.

Das System zeichnet sich durch einfache, schnelle und sichere Handhabung aus. Bei dem Standard-element mit 70° benötigen 2 Mann ca. 5 – 10 Minuten für die Montage eines Elementes, Das entspricht 2,28 m² senkrechter Ansichtsfläche. Als Kalkulationsansatz für die Montage / m² senk. ca. 8 €.

Da das Bewehrungsmaterial mit Radfahrzeugen befahren werden kann wird der Erdbau nicht behindert und es können Schüttmaterialien mit vergleichsweise großen Einzelkörnern verwendet werden. Dadurch entsteht ein enormer Zeitvorteil bei der gesamt Bauzeit der Stützkonstruktion.

Durch die Vorkonfektion der Elemente ist auch ein abschnittsweises Bauen leicht ausführbar. Dies bringt Vorteile für die Zwischenbauzustände.



Nach dem Einbau der Verfüllung werden die nächsten Lagen analog aufgebaut.

Hinter der Front kann auch je nach Wunsch mit Oberboden oder Substrat verfüllt werden um die Begrünbarkeit zu verbessern.

Böschungssicherung bis 85° in Gabionenoptik

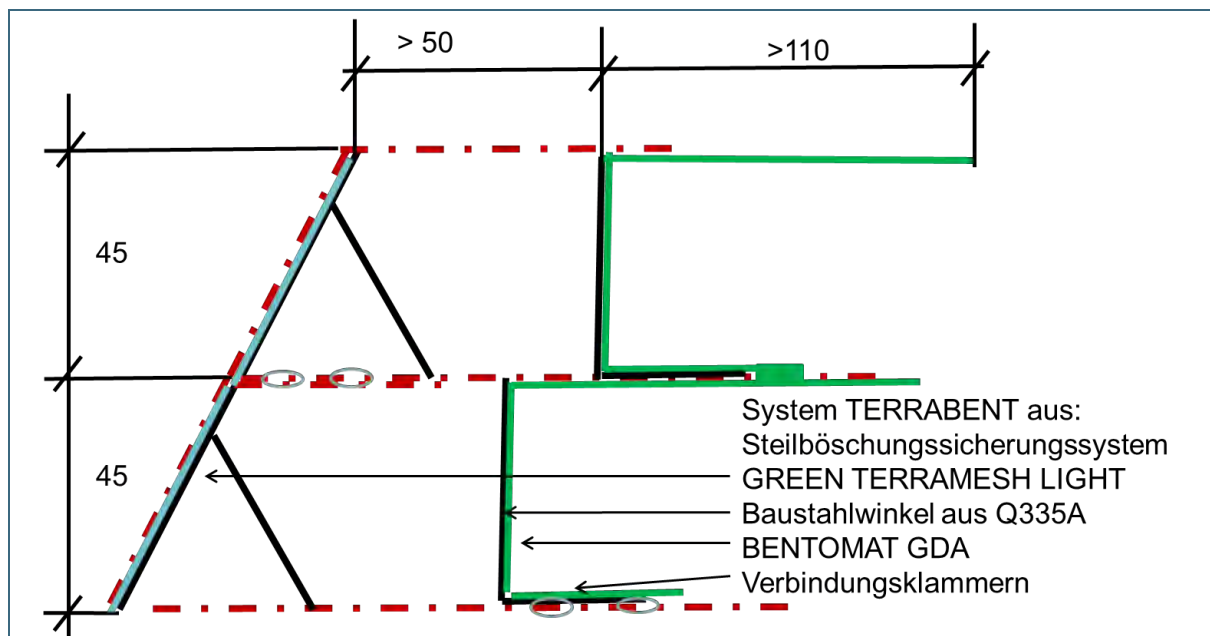
Eine Variante stellt die Ausführung des Systems GREEN TERRA MESH 5X5 dar.

Hiermit können Böschungen mit 70°, 80° oder 85° hergestellt werden. Hierbei werden die verlorene Schalung aus Baustahl, sowie die Erosionsschutzmatte, ersetzt durch eine geschweißte und galvanisierte Stahldrahtgittermatte mit einer Maschenweite von 5 x 5 cm und einen Drahtdurchmesser von 5 mm. Hierbei wird in der Regel die Front verfüllt mit frostsicherem Gestein und einer Körnung von z. B. 60/120 mm.

Steilböschungssicherungen mit integrierter Abdichtung

Bisher sind wir davon ausgegangen, dass wir Stützkonstruktionen vor das Deponiegut stellen. Bei dem System TERRABENT wird das Deponiegut, bei entsprechenden bodenmechanischen Werten, Teil der Stützkonstruktion.

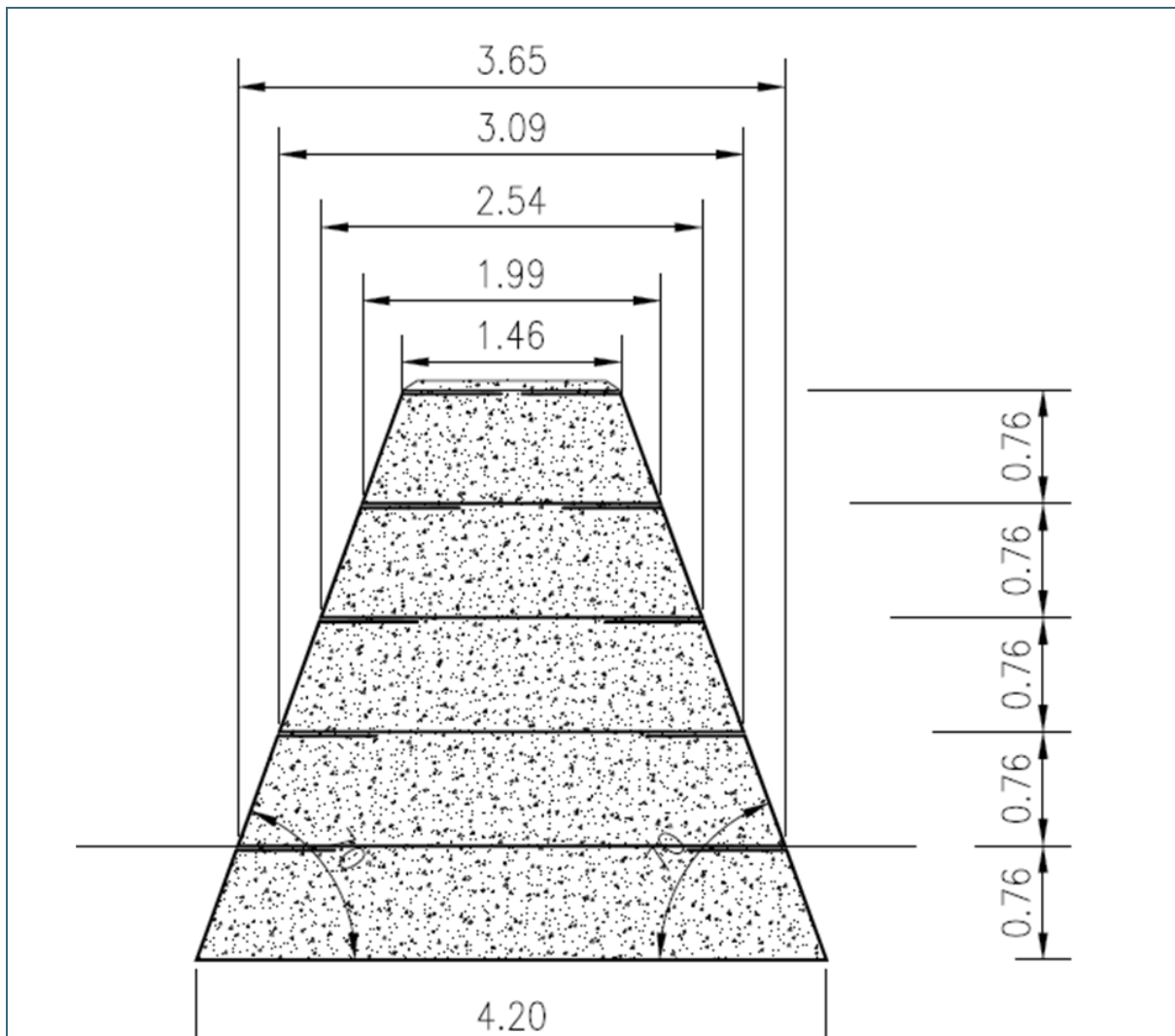
In dem System wird das TERRA MESH System mit einer Bentonitmatte vom Typ BENTOMAT GDA kombiniert und zusammen verbaut.



Hierdurch wird der Deponiekörper Teil der Stützkonstruktion. Der Aufbau erfolgt grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip wie bisher gezeigt. Als zusätzliche Schritte sind die ebenfalls vorkonfektionierten Bentonitmatten lagenweise einzubauen. Dazu ist in einem Abstand von mindestens 50 cm hinter der Front eine weitere verlorene Schalung einzusetzen, an der die Bentonitmatte geführt wird. Die entstehenden Überlappungen werden mit Bentonitpasten, welche auch zur Herstellung von Abdichtungen im Hochbau verwendet werden, abgedichtet.

Übersteile Wallbauwerke als Liniendeponie

Bei dem TERRAMESH DUO handelt es sich um ein doppelseitiges GREEN TERRAMESH im Baukastensystem mit beidseitigen Böschungsneigungen 60°/ 65°/ 70°.



Die Aufstandsweite ist abhängig von der Bauhöhe und der Frontneigung.

Größere Höhen sind entsprechend dem dargestellten System herstellbar. Die Herstellung des Walls erfolgt aus werksseitig vorgefertigten Einzelelementen.

Durch die einfache Installation und durch die Doppelseitigkeit wird der Montageaufwand nochmals reduziert. Das System ist noch schneller herstellbar und es sind keine Spezialfirmen oder Spezialtechnik erforderlich.

Ursprünglich ist das System als Schutzwallsystem mit Steinschlagschutzwirkung entwickelt worden. Dabei hat es eine fast unbegrenzte Energieaufnahmekapazität; >12,000 kJ werden erfolgreich gestoppt.

Aber auch als Sichtschutz oder Lärmschutzwall wird das System eingesetzt.

In Kombination mit der Bentonitmatte BENTOMAT GDA nach dem System TERRABENT kann es einerseits als Hochwasserschutzwall, aber auch als Liniendeponie für belastete Erdstoffe verwendet werden.

Fazit

Mit den TERRA MESH und TERRABENT Systemen ergeben sich viele neue Möglichkeiten den Deponieraum, ohne gesteigerten Flächenbedarf, zu erweitern; sie sind dadurch sehr wirtschaftlich.

Zusätzlich bieten sie eine hohe Systemsicherheit durch die Umschlagtechnik. In der Anwendung sind sie handhabungssicher durch die Vorkonfektion und kostensparend durch Vormontage.

Deponien im „Dornröschenschlaf“?

Susanne Berger, Dr. Sylke Schlenker-Wambach, iDetec Kompetenzzentrum für innovative Deponietechnik, Augsburg

Kompetenzzentrum iDetec

Inhalt



Teil 1: Dr. Sylke Schlenker-Wambach

- iDetec als Kompetenzzentrum
- Gemeinsame Dienstleistungen

Teil 2: Susanne Berger

- Aktivitäten auf dem Auslandsmarkt
Beispiel Marokko



LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum www.umweltcluster.net www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec – innovative Deponietechnik



- Projekt beim 
- Projektstart 01.08.2012
 - Phase 1 bis 31.07.2013
 - Phase 2 bis 30.09.2015
- 11 Unternehmen aus ganz Bayern sowie 5 Partner aus dem öffentlichen Bereich
- **Kompetenzzentrum iDetec – innovative Deponietechnik**
 - Leistungsspektrum - gesamter Deponiebereich



Deponien bleiben unverzichtbar! Trotz Kreislaufwirtschaft und hoher Recyclingquoten gibt es Stoffe, die nicht weiter verwertet werden können und fachgerecht und umweltverträglich entsorgt werden müssen.



LfU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec Mitglieder & Partner











Dr. Blasy - Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG



























LfU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec

Anliegen Phase 2



iDetec-Anliegen Phase 2

- Mitglieder treten als **Kompetenzzentrum** gemeinsam auf
- Erarbeitung und Angebot von **gemeinsamen Dienstleistungen**
- Bearbeitung **gemeinsamer Forschungsthemen** und -projekte
- Nutzung der **Synergien** im Netzwerk
- Aus dem Zusammenschluss der iDetec-Mitglieder und Partner entstehen **Lösungsansätze für Problemstellungen rund um die Deponie**, die insbesondere auf eine **signifikant verkürzte Nachsorgephase** optimiert sind
- Erweiterung des **Auslandsmarktes**

Kompetenzzentrum iDetec

Schwerpunkte



- 1. Deponie als Bestandteil von Energieversorgungskonzepten**
Nachnutzung mit integrierter Nutzung regenerativer Energien
- 2. Reaktordeponie**
Inertisierung des Deponiekörpers, Anregung der biologischen/chemischen Vorgänge von Deponiekörpern;
Nachsorgephase zuverlässig verkürzen
=> signifikante Kostenersparnis für Betreiber
- 3. Alternative Oberflächenabdichtung**
Auswahl von Dichtungssystemen – abgestimmt auf
Beendigung der Nachsorgephase und Nachnutzungskonzepte

Kompetenzzentrum iDetec

Schwerpunkte



4. Rohstoff-Rückgewinnung

Bau und Betrieb Monodeponien
z.B. Zwischenlagerung von Klärschlammmaschen in speziellen Deponiebereichen zur Phosphor-Rückgewinnung

5. Abfallbehandlung als Vorstufe zur Deponierung

Trennung Organik, Recyclingmaterial und Materialien für thermische Verwertung

6. Technische Aspekte bei Deponiesanierungen

Ortung von Sickerwasser- oder Gasfassungsleitungen

Kompetenzzentrum iDetec

Angebote - Dienstleistungen

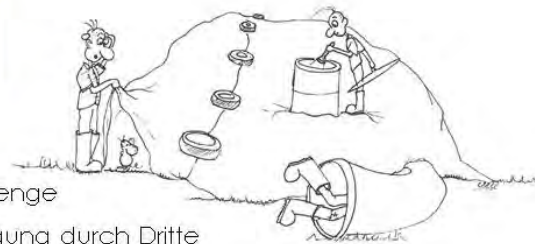


Deponiecheck


Unabhängiger Expertenaustausch zwischen Betreibern und dienstleistenden Unternehmen

Typische Fragestellungen:

- Deponiegasverwertung bei rückläufiger Gasmenge
- Sickerwasseraufbereitung vor Ort versus Entsorgung durch Dritte
- Sickerwasserinfiltration
- Funktionseinbußen bei Sickerwasser- und Gasfassungen
z.B. durch Verockerungen
- Folgenutzungskonzepte
- Alternative Oberflächenabdichtungen



Kompetenzzentrum iDetec
Angebote - Dienstleistungen




Rent an Expert

↓

Vermittlung von Spezialisten mit verschiedenen Fachhintergründen aus dem iDetec Netzwerk


Einsatz:

- kurzfristig
- ab ½ Tag bis 6 Monate
- zur Unterstützung z.B. bei Spezialaufgaben oder Personalengpässen



LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec
Angebote - Dienstleistungen




Betreiberworkshop

↓

Austauschplattform für Deponiebetreiber zu aktuellen Themen

Anliegen:

- Interessengemeinschaft
- Unabhängiger Informationsaustausch



LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec

Auslandsaktivitäten



Referenzland:

Marokko

Reisezweck:

- Sondierung
- Kennenlernen eines marokkanischen Entsorgungsunternehmens (local partner)
- Besichtigung von wilden Deponien
- Bild vom Deponiezustand vor Ort
- Einschätzung der Kooperationsoptionen
- Ausschreibungsbeteiligung



Kompetenzzentrum iDetec

Auslandsaktivitäten



Rahmenbedingungen I:

Politik

Ausgangssituation:

- Ausschreibung des Ministeriums für Energie, Minen, Wasser und Umwelt
- Sanierungsmaßnahmen für ca. 20 „wilde“ Deponien
- Umweltpolitik Mohammed VI. → Marokko Vorbildfunktion für afrikanischen Kontinent
- Thema „geregelte“ Deponie noch jung



Kompetenzzentrum iDetec

Auslandsaktivitäten

Rahmenbedingungen II:

↓


Sanierungsplanung


Ausschreibung:

- „Relativ“ starre Ministeriumsvorgaben
- Rehabilitation von Deponie: Schließung + Sanierung
- bauliche Umsetzungsmaßnahmen

- Vorbereitende Arbeiten, Reinigung des Gebiets (Säuberung, Dränarbeiten, Wasserableitung, etc.)
- Abfallumgrabung und Errichtung eines Schutzwalls
- Zentrale Müllsammelstelle des in der gesamten an die Deponie angrenzenden Region verstreuten Mülls und Umgestaltung der Müllansammlung
- Einrichtung einer wasserdichten Abdeckung
- Abdeckung des Abfalls mit ausgewählten Erden/Böden
- Eingliederung in die deponieumgebende Landschaft
- Umzäunung der Deponie und Eingangsbereich errichten

- Bauausführung von lokale Firmen





LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec

Auslandsaktivitäten

Rahmenbedingungen III:

↓

Entsorgungsinfrastruktur

- Vorsortierung
- Informelles Sammelsystem „Chiffonniers“
- Sammlung Stadt: Abfallbehälter
- Transport: Müllpressfahrzeuge
- Verwertung: Händler (Metall), informeller Sektor, Export (Papier, Plastik) und Export (Papier, Plastik)
- Beseitigung: fast 100% Deponien, wenige bisher kontrollierte Deponien






LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec

Auslandsaktivitäten




Strategische Ziele:

↓

Visionen

Für iDetec:


- ▶ **Mittelfristig:**
 - Best-Practice-Referenzprojekt
 - Türöffner für den nordafrikanischen Markt
- ▶ **Langfristig:**
 - Ressourcenzentrum



LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec

Auslandsaktivitäten



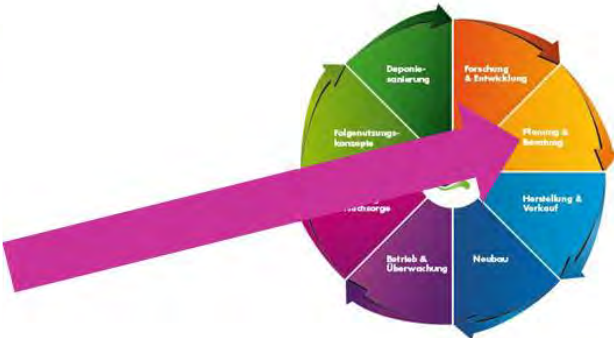
Betätigungsspektrum:


↓

für die Netzwerkpartner

Aufgaben:

- Beraten
- Einschätzen
- Abwägen
- Alternativen vorschlagen
- Kostenkalkulation
- Zeitplanung
- Neben Rumänien zweite Auslandserfahrung für iDetec-Mitglieder





LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Kompetenzzentrum iDetec

Homepage



- Besuchen Sie uns auch online unter: www.i-de-tec.de



- und auf facebook: www.facebook.com/iDetecKompetenzzentrum

LFLU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de

Wir sind bei iDetec für Sie da!



Ansprechpartner



Susanne Berger
 Marketing & Projektmanagement
 Tel.: +49 821 455 798 – 23
 Fax: +49 821 455 798 – 10
 E-Mail: susanne.berger@i-de-tec.de



Dr. Sylke Schlenker-Wambach
 Technologie & Innovation
 Tel.: +49 821 455 798 – 24
 Fax: +49 821 455 798 – 10
 E-Mail: sylke.schlenker@i-de-tec.de



Gefördert durch:

 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

LFLU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum
www.umweltcluster.net
www.i-de-tec.de



Vielen
Dank!



Der UmweltCluster Bayern ist
eine Gemeinschaftsinitiative der



Industrie- und Handelskammern
in Bayern



LFU-Deponieveranstaltung 24.09.2014 iDetec-Kompetenzzentrum

www.umweltcluster.net

www.i-de-tec.de

Materialien mit erhöhter natürlicher Radioaktivität (NORM) Können sie auf Deponien entsorgt werden?

Elisabeth Albrecht, LfU

Rechtliche Grundlagen



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Gliederung

- Beispiele für Materialien mit natürlicher Radioaktivität (NORM)
- Definitionen
- Natürliche Radioaktivität
- Rechtliche Grundlagen
- Rechtliche Regelungen für NORM zur Entsorgung
- Transport von NORM



Fehlbodenschüttung

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Beispiele für Materialien mit natürlicher Radioaktivität

© LtU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Mechanisch und thermisch beständige Auskleidungen



Tresorauskleidung



Schmelzofen

sehr geringe Aktivitäten
< 0,2 Bq/g Ra-226

© LtU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Auskleidungen und Auflagen



abrasionsbeständige
Rohrauskleidung



Bremscheiben

geringe Aktivitäten um
1 Bq/g Ra-226

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Scalings (Ablagerungen) aus der Rohstoffverarbeitung



Rohr aus Abkühlstrecke



Mischkessel

hohe Aktivitäten
bis 600 Bq/g Ra-226

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Wasseraufbereitungsrückstände



Uran bis 200 Bq/g



Radium bis ca. 60 Bq/g

Uranbeladene Anionenaustauscher,
Rückspülschlämme, Filterkies

© LtU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Auch NORM

Filtertücher/-matten Rohstoffentwässerung



Radium u. Thorium: einige Bq/g

ausgemusterte Teile aus Th/Mg-Legierung
militärischer Bereich



Thorium: einige Bq/g

© LtU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Beispiele



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Kein NORM – aber natürlich



Uranhaltige Mineralien
und Gesteine
ODL: 0,1 – 0,4 mSv/h
Urangehalte: ca. 10 %



© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Grundlagen natürliche Radioaktivität

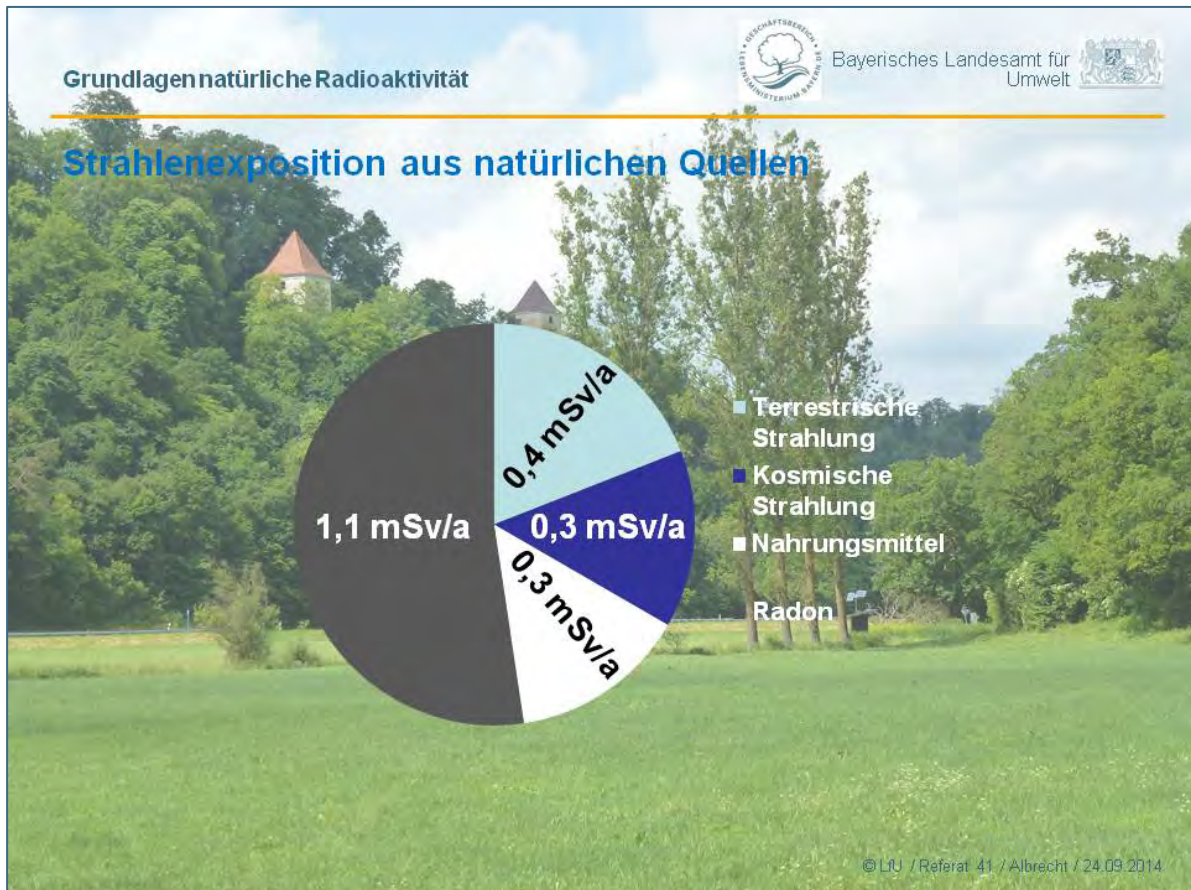
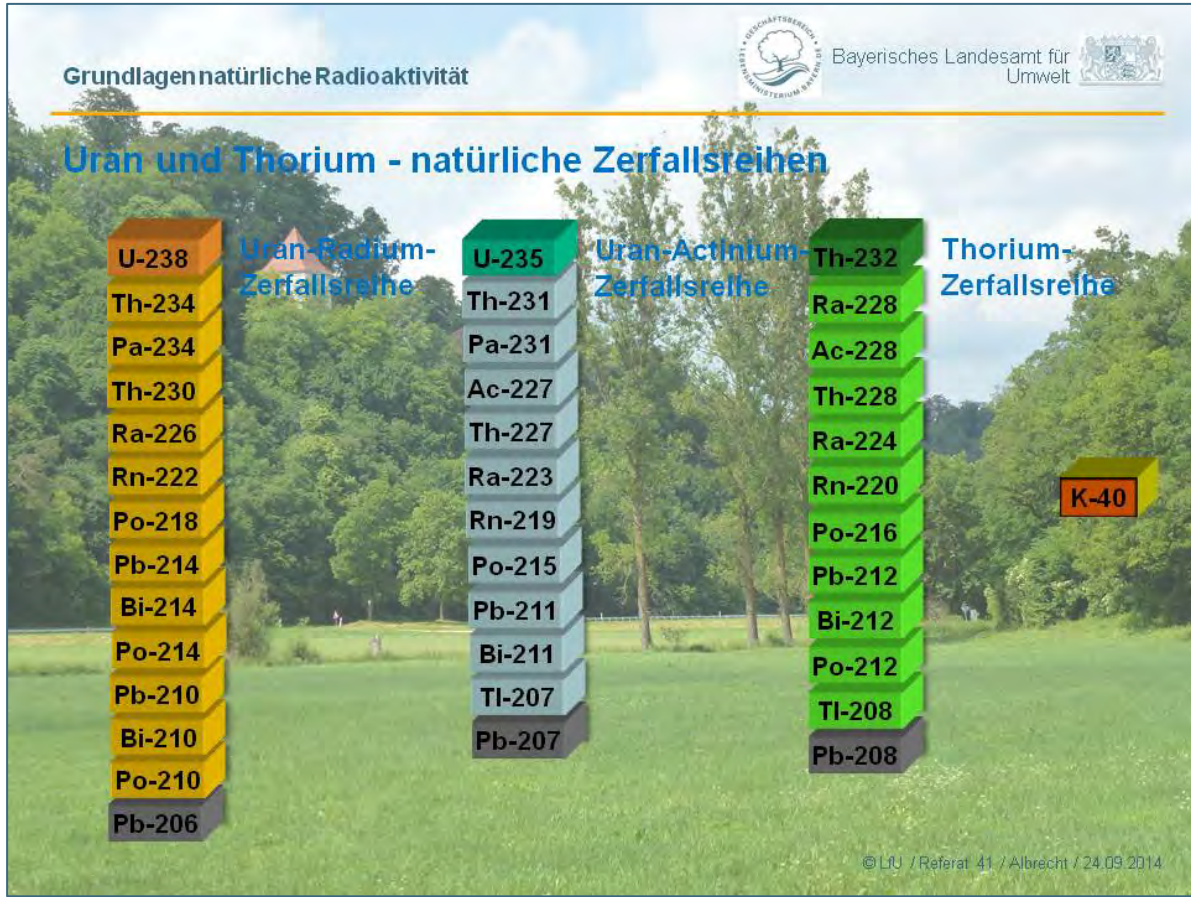


Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Natürliche Radioaktivität

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014





Rechtliche Grundlagen



© LtU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Definitionen

- NORM (von naturally occuring radioactive material)
industrielle und gewerbliche Produkte oder Reststoffe mit erhöhter natürlicher Radioaktivität
- Radioaktiver Abfall = Abfall mit natürlichen oder künstlichen Radionukliden, dessen Radioaktivität **nicht außer Acht gelassen werden kann** (AtG § 2 Abs. 1 + 2) und die aus Tätigkeiten stammen.

© LtU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



 Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Rechtliche Grundlagen

Definitionen

<p>zielgerichtete Nutzung der Radioaktivität (künstlicher und natürlicher Radionuklide)</p> <h3>TÄTIGKEITEN</h3> <p>Teil 2 StrlSchV Strahlenschutz (§ § 46 + 55 – 59) Entsorgung (§ 29 + Anlage III)</p>	<p>natürliche Radioaktivität ist Begleiterscheinung – keine Nutzung dieser Eigenschaft</p> <h3>ARBEITEN</h3> <h1>NORM</h1> <p>Teil 3 StrlSchV Strahlenschutz (§ § 93 – 96) Entsorgung (§ § 97 – 102, + Anlage XII)</p>
--	---

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

 Bayerisches Landesamt für Umwelt 

Rechtliche Grundlagen

Wann kann Radioaktivität nicht mehr außer Acht gelassen werden?

<h3>Tätigkeiten</h3> <ul style="list-style-type: none">• Überschreitung einer Strahlenexposition von 10 µSv/a< Freigrenzen/Freigabewerte = regulärer Abfall, u.U. mit bestimmten Entsorgungswegen> Freigrenzen/Freigabewerte Entsorgung als radioaktiver Abfall (Landessammelstelle; Bundes-einrichtungen) <p>§ 29 + Anlage III StrlSchV</p>	<h3>Arbeiten</h3> <ul style="list-style-type: none">• Überschreitung einer Strahlenexposition von 1 mSv/a< 1 mSv/a = regulärer Abfall mit bestimmten Entsorgungswegen> 1 mSv/a Überwachung durch die zuständige Behörde; Vorgabe von Strahlenschutzmaßnahmen und Entsorgungswegen <p>§ 97-102 + Anlage XII StrlSchV</p>
---	--

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Festlegung der Dosisbegrenzungen

Abfälle aus Tätigkeiten

- 10 $\mu\text{Sv/a}$
„de-minimis-Konzept“ der IAEA:
sieht vor, dass aus der Nutzung
von Radioaktivität aus einem
bestimmten Anwendungsbereich
für Einzelpersonen der
Bevölkerung nur eine sehr
geringe (vernachlässigbare)
Dosis resultiert.
- Anwendungsbereich hier:
Entsorgung

Abfälle aus Arbeiten (NORM)

- Eine zusätzliche Exposition von
1 mSv/a aus der Entsorgung von
NORM für Einzelpersonen der
Bevölkerung wurde über die
Schwankung der natürlichen
Strahlenexposition festgelegt.
- Hintergrund: jeder Bundesbürger
erhält durchschnittlich 2,1 mSv/a
aus natürlichen Quellen bei einer
Schwankungsbreite von etwa
1 – 10 mSv/a.

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Rechtliche Regelungen für NORM zur Entsorgung

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Rückstände und Sonstige Materialien

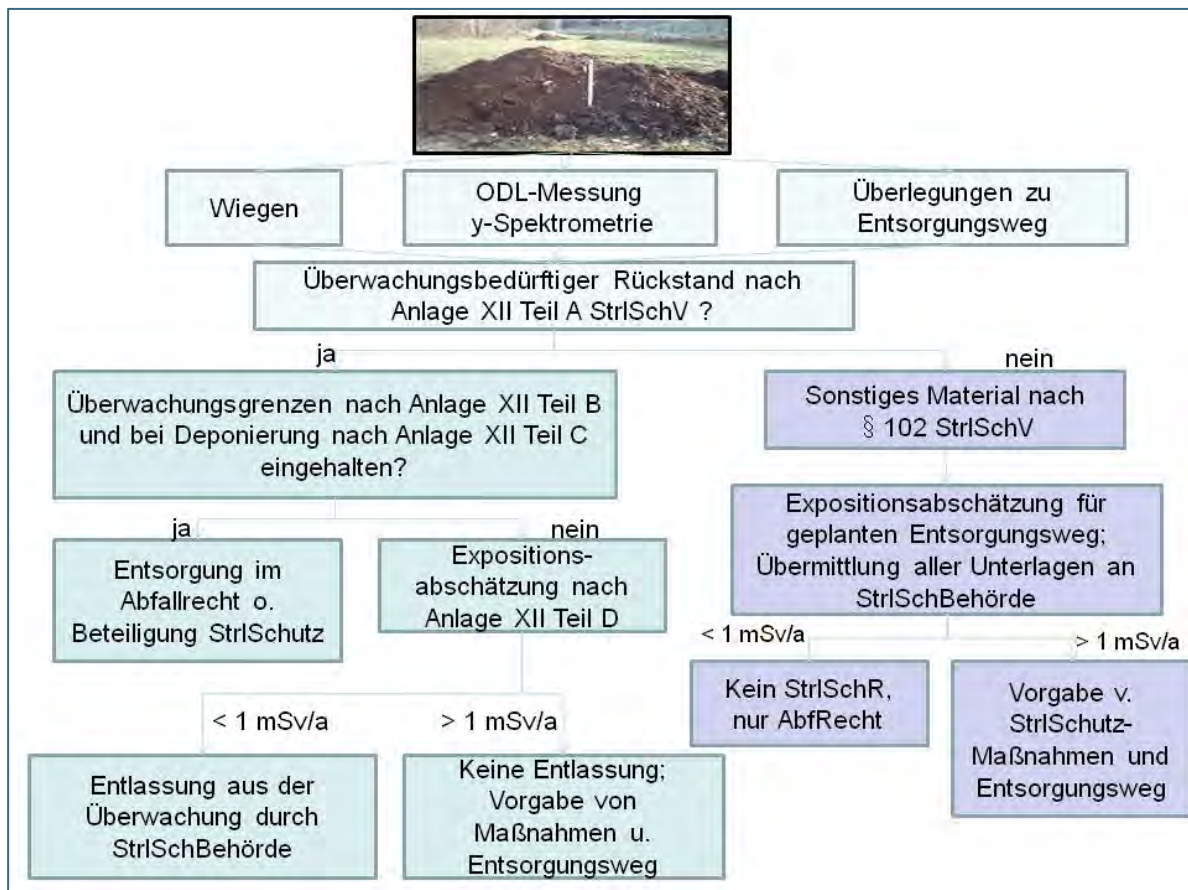
Überwachungsbedürftige Rückstände i.S. Anlage XII Teil A

- Müssen für eine Entsorgung durch das LfU aus der Überwachung entlassen werden.
- 1 mSv/a sichergestellt durch
 - Überwachungsgrenzen oder
 - Expositionsrechnung
- Festlegungen für eine Deponierung in Anlage XII Teil C StrISchV

Sonstige Materialien mit erhöhter natürlicher Radioaktivität

- Es muss geprüft werden, ob überhaupt strahlenschutzrechtliche Regelungen greifen (LfU oder Gutachter).
- 1 mSv/a sichergestellt durch
 - Expositionsrechnung
- $< 1 \text{ mSv} \Rightarrow$ keine StrISchV, nur Abfallrecht

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 20.10.2011





Überwachungsbedürftige Rückstände - § 97 - § 100 StrlSchV

- Festgelegte Liste der überwachungsbedürftigen Rückstände
Anlage XII StrlSchV:
 - Schlämme und Ablagerungen aus der Gewinnung und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas
 - Rückstände aus der Verarbeitung von Phosphor
 - Nebengestein, Schlämme, Sande, Schlacken und Stäube aus der Gewinnung und Aufbereitung von Bauxit, Kupferschiefer, Seltene Erden und verschiedenen uranhaltigen Erzen bzw. entsprechende Minerale, die bei der Aufbereitung anderer Rohstoffe anfallen
 - Stäube und Schlämme aus Rauchgasreinigung der Primärverhüttung von Fe- und Nicht-Fe-Erzen
- In Bayern nur in seltenen Fällen (z.B. Kupferschlackesteine).

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Entlassung aus der Überwachung von üR

- Festgelegte Überwachungsgrenzen für bestimmte Entsorgungswege und die Mitdeponierung von NORM (Anlage XII, Teile B und C StrlSchV).

Eine Unterschreitung dieser Werte bedeutet die Einhaltung von 1 mSv/a

⇒ Entlassung aus der Überwachung

- Werden Überwachungsgrenzen überschritten muss die Exposition für die an der Entsorgung Beteiligten berechnet werden.

• < 1 mSv/a ⇒ Entlassung aus der Überwachung

• > 1 mSv/a ⇒ keine Entlassung möglich

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Rechtliche Grundlagen



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Sonstige Materialien - § 102 StrlSchV

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Alle nicht in Anlage XII Teil A genannten Materialien, die ebenfalls natürliche Radioaktivität aufweisen.• In Bayern fallen fast ausschließlich solche Materialien an (wie auch die eingangs genannten Beispiele).• Mengenanfall: wenige Kilogramm bis etwa 10 Tonnen | <ul style="list-style-type: none">• Strahlenschutzfachliche Beurteilung durch Expositionsrechnung• $< 1 \text{ mSv/a}$ \Rightarrow Abfallrecht• $> 1 \text{ mSv/a}$ \Rightarrow Strahlenschutzrecht |
|---|---|

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Zwischenbilanz



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Zwischenbilanz

- Wenn bestimmte Dosiskriterien überschritten werden, kann die Radioaktivität von Abfällen nicht mehr außer Acht gelassen werden.
- Für Rückstände und Materialien mit erhöhter natürlicher Radioaktivität ist dieses Dosiskriterium 1 mSv/a .
- Die Einhaltung des Dosiskriteriums wird jedoch durch die Einhaltung von Überwachungsgrenzen oder aber durch eine hinreichend konservative Expositionsrechnung überprüft.
- Das heißt auch, dass einer Deponierung von überwachungsbedürftigen Rückständen und sonstigen Materialien, die das Dosiskriterium einhalten, aus strahlenschutzfachlicher Sicht zugestimmt werden kann.

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Transport von NORM

radioaktiv oder nicht radioaktiv?

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



ADR

ADR – Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße

- weist u. a. eine Klasse 7 „Radioaktive Stoffe“ aus
- Einstufung in Klasse 7 dann, wenn bestimmte Aktivitätskonzentrationen und Gesamtaktivitäten überschritten werden.
- Diese stimmen in weiten Teilen mit den Freigabewerten nach Teil 2 StrISchV überein (10 μ Sv-Konzept) für Abfälle

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



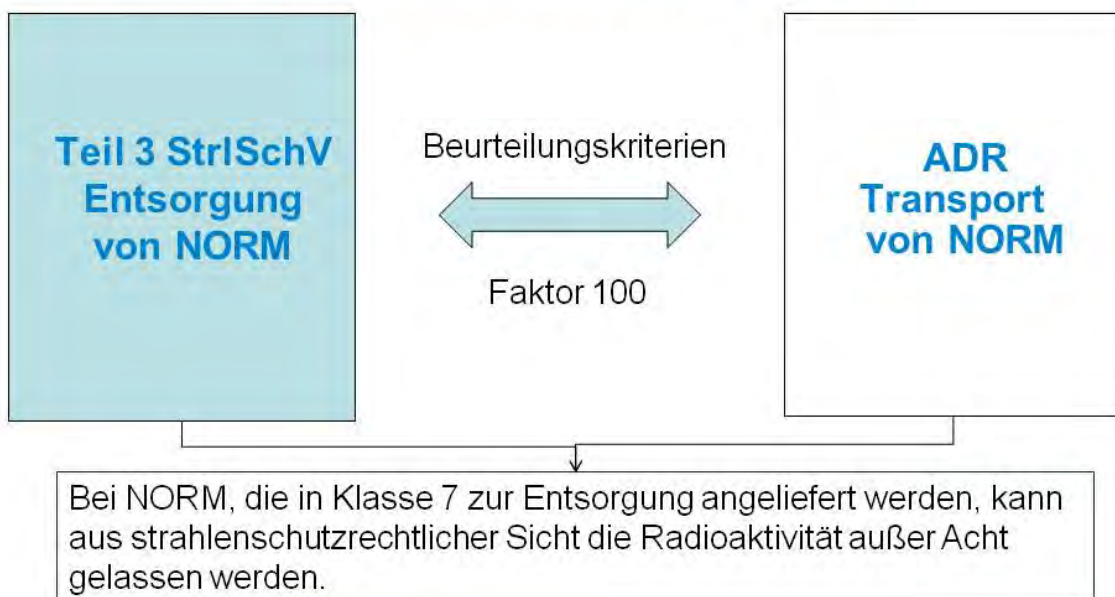
Teil 3 Strahlenschutzverordnung

- Das Dosiskriterium für Abfälle mit natürlicher Radioaktivität ist höher, da in der Umwelt natürliche Radionuklide überall vorhanden sind.
- Die für die Entsorgung maßgebende zusätzliche effektive Dosis von 1 mSv/a wurde aus der Schwankung der natürlichen Strahlenexposition festgelegt.

© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014



Dosiskriterien Strahlenschutzverordnung vs. ADR



© LfU / Referat 41 / Albrecht / 24.09.2014

Tagungsleitung / Begrüßung / Referenten

Karl Johann Drexler
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-5362
E-Mail: Karljohann.Drexler@lfu.bayern.de

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

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

Michael Axmann
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-5365
E-Mail: Michael.Axmann@lfu.bayern.de

Susanne Berger
iDetec - Kompetenzzentrum für innovative Depo-
nietechnik
c/o Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster
Bayern e. V.
Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg
Tel.: 0821 455798-23
E-Mail: Susanne.Berger@i-de-tec.de

Dipl.-Ing. (FH) Christian Dierig
AU Consult GmbH
Friedberger Str. 155
86163 Augsburg
Tel.: 0821 26199-40
E-Mail: C.Dierig@au-consult.de

Dr. Klemens Finsterwalder
Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG
Mailinger Weg 5
83233 Bernau a. Ch. / Hittenkirchen
Tel.: 08051 96 5910-10
E-Mail: K.Finsterwalder@fitec.com

Dipl.-Ing. (FH) Eckhard Haubrich
Ingenieurgruppe RUK GmbH
Auf dem Haigst 21
70597 Stuttgart
Tel.: 0711 90678-0
E-Mail: Haubrich@RUK-Online.de

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Huber
AU Consult GmbH
Friedberger Str. 155
86163 Augsburg
Tel.: 0821 26199-40
E-Mail: W.Huber@au-consult.de

Christian Pietruska
AWG Donau-Wald mbH
Gerhard-Neumüller-Weg 1
94532 Außernzell
Tel.: 09903 920-206
E-Mail: Christian.Pietruska@awg.de

Dipl. Ing. Johann Roth
Ingenieurbüro Roth + Partner GmbH
Hans-Sachs-Straße 9
76133 Karlsruhe
Tel.: 0721 98453-0
E-Mail: Roth@ib-roth.com

Dr. Sylke Schlenker-Warmbach
iDetec - Kompetenzzentrum für innovative Depo-
nietechnik
c/o Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster
Bayern e. V.
Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg
Tel.: 0821 455798-23
E-Mail: Sylke.Schlenker@i-de-tec.de

Dipl.-Ing. Stepanka Urban-Kiss
Ingenieurgruppe RUK GmbH
Auf dem Haigst 21
70597 Stuttgart
Tel.: 0711 90678-0
E-Mail: Urban-Kiss@ruk-online.de

Dipl.-Ing. (FH) Ralf Ziegler
Bermüller & Co. GmbH
Rotterdammer Str. 7
90451 Nürnberg
Tel.: 0911 64200-28
E-Mail: Ralf.Ziegler@beco-bermueller.de

