

Vorlesung „Deponie“

Abfallwirtschaft

Dipl.-Ing. Markus Robeck

V15 R05 H08

Sprechstunde: Do 14:00 – 15:00

markus.robeck@uni-due.de

<http://www.uni-essen.de/abfallwirtschaft>

Sommersemester 2007

Literaturhinweise:

- Skript des Fachgebietes Abfallwirtschaft erhältlich auf CD
- Tabasaran, O.(1994): Abfallwirtschaft, Abfalltechnik, Siedlungsabfälle, Ernst&Sohn Verlag, Berlin.
- Bilitewski, B. et al (2000): Abfallwirtschaft, Springer Verlag, Berlin.
- GDA Empfehlungen (DGGT), Geotechnik der Deponien und Altlasten, Ernst&Sohn, Berlin

Gliederung

- Einleitung
- Deponiegas
- Sickerwasser
- Recht
- Deponietechnik

Einleitung

Die Deponie

- deponere (lat.): ablegen, niederlegen, in Aufbewahrung geben
- Lange Zeit direkte unsortierte Ablagerung von Abfällen auf Deponien
- Die Folge: In den späten 70er Jahren mehr als 65.000 Müllkippen, ein großer Teil ohne Kontrolle
- Die Folge:
 - Sickerwasser belastet das Grundwasser/den Untergrund
 - Methan und Spurengase aus dem Deponiegas tragen zur Luftverschmutzung und zum weltweiten Treibhauseffekt bei

Einleitung

Probleme wilder Müllkippen

- Verwehung von Staub, Leichtfraktion, Partikel, Keimen, Pilzsporen
 - Deponiegas (Methan, Kohlendioxid und Spurengase)
 - Geruchsbelästigung
 - Toxische Wirkung (in geschlossenen Räumen)
 - Erstickende Wirkung
 - Brand- und Explosionsgefahr
 - Luftverschmutzung und Treibhauseffekt
 - Vegetationsschäden
 - Sickerwasser
 - Kontamination von Gewässern und Grundwasser
 - Gehäuftes Auftreten von Tieren (z.B. Ratten, Vögel)
 - Hygiene- und seuchenbedenklich
 - Unfallgefahr
 - fehlende Standsicherheit (zu steile Böschungen)
 - fehlende Umzäunung (spielende Kinder)
- ⇒ Keine Abdichtungs- Sickerwasser- oder Deponiegaserfassungssysteme
- ⇒ Minimale Betriebseinrichtungen
- ⇒ Frei zugänglich für jedermann

Einleitung

Ablagerungsbeginn auf einer grünen Wiese (DDR)



Einleitung

Ortsnahe Müllkippe Linda



Einleitung

Überkippung eines Baches



Einleitung

Überschüttung eines Feuchtbiotops



Einleitung

unkontrollierter Sickerwasseraustritt



Einleitung

Brand auf der Deponie Langewiesen



Einleitung

Beispiel Deponiebrand



Einleitung

Tiere auf der Deponie



© Photographer N.N./ i1online

© Fotograf N.N. / i1online

Das gesamte Copyright-Rechts und die Bildrechte/Verbreitung unterliegen der Bitte der Dokumentationsstelle anwaltlich betreut. Bitte beachten Sie die exakte Copyright-Notiz und die detaillierte Erklärung von den Bild-Informationen von unserer Datenbank.

Einleitung

verschmutzter Tümpel in Shanghai (angelnde Kinder)



Gliederung

- Einleitung
- Deponiegas
 - Entstehung von Deponiegas
 - Zeitlicher Verlauf
 - Deponiegasinhaltstoffe
 - Beeinträchtigung und Gefährdung durch Deponiegas
 - Deponiegasemissionen/Emissionspfade
 - Deponiegaspotenzial
- Sickerwasser

Deponiegas

Entstehung von Deponiegas

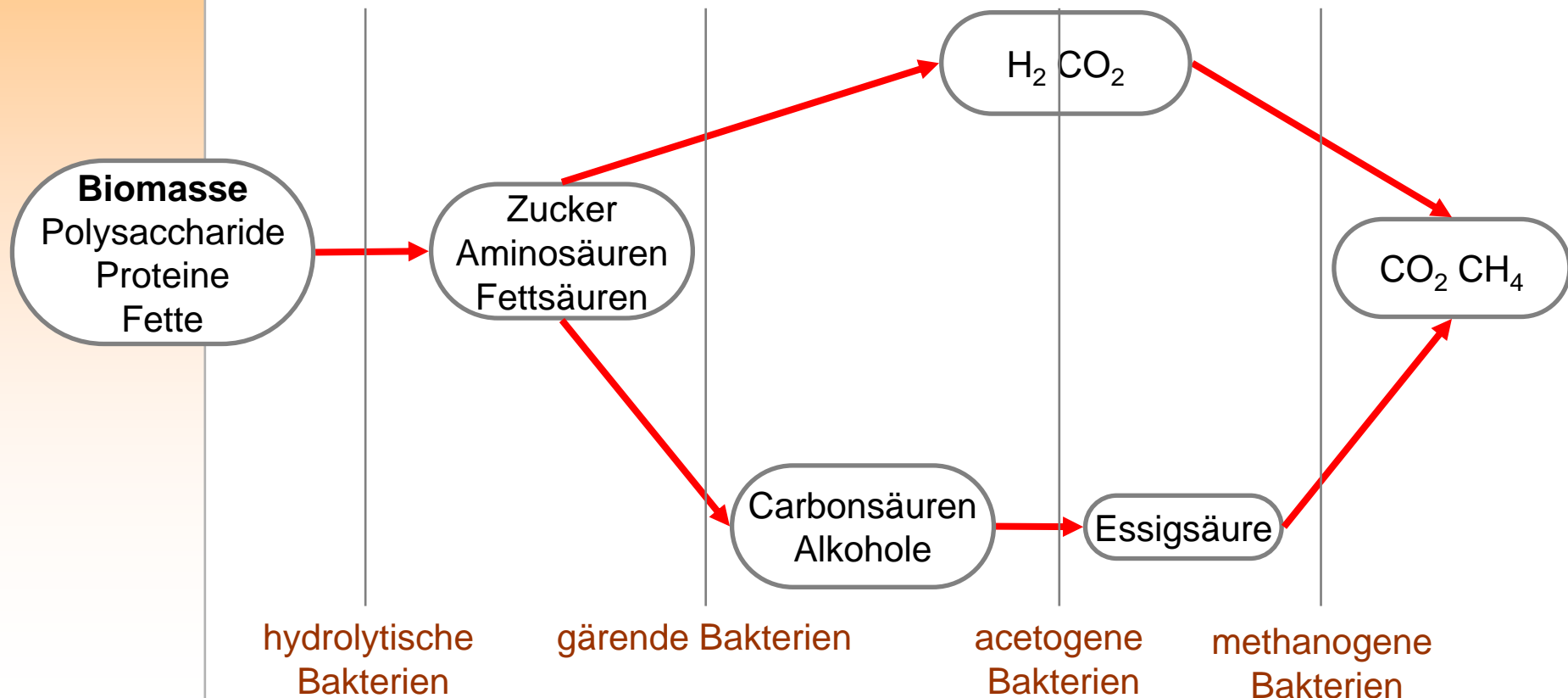
- Deponien sind ungesteuerte und weitgehend nicht beeinflussbare Bioreaktoren
- Aerobe Abbauprozesse in der obersten, frischen Müllschicht
- Anaerobe Abbauprozesse im Innern des Müllkörpers durch fakultativ oder obligate Mikroorganismen
- Endprodukte der anaeroben Abbauprozesse ist ein Faulgas, das so genannte Deponiegas
- komplexe Vorgänge - teilweise unbekannte Einzelreaktionen
- Örtlich und zeitlich unterschiedliche Menge und Zusammensetzung des Deponiegases
- Hauptbestandteile Methan (CH_4) Kohlendioxid (CO_2)
- Erfassung des Deponiegases mittels geeigneter Gaserfassungssysteme und anschließende Behandlung (nächste Vorlesung)

Deponiegas

Entstehung von Deponiegas

Prozesse zum vollständigen anaeroben Abbau

- | | | | |
|---------------------------------------|--|---|---|
| 1. Stufe | 2. Stufe | 3. Stufe | 4. Stufe |
| Hydrolyse der
Makromoleküle | Säurebildung
acidogene Phase | Essigsäurebildung
acetogene Phase | Methanbildung
methanogene Phase |



Deponiegas

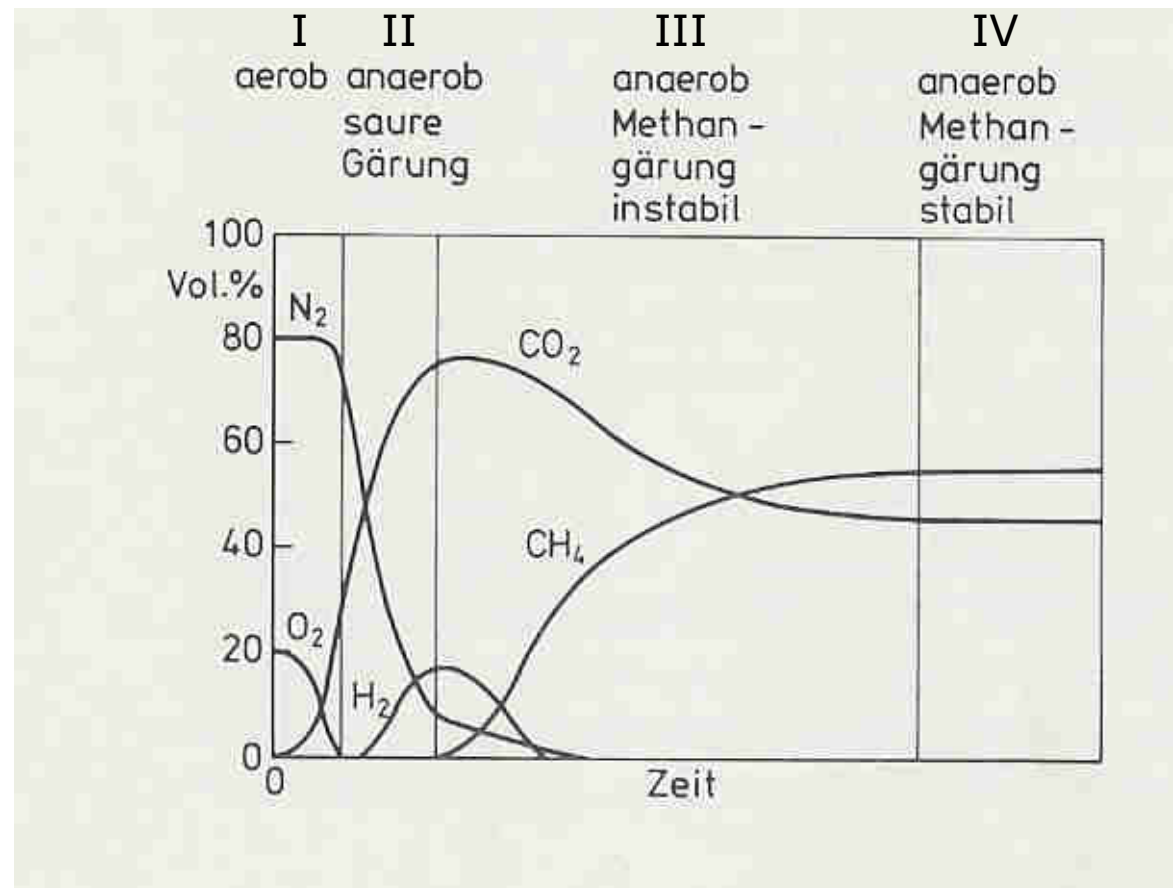
Entstehung von Deponiegas

- Methanbakterien (methanogene Bakterien) sind für die Produktion von Methan verantwortlich (obligate Anaerobier)
- Abbau von organikhaltigem Material (abbaubarer organischer C)
- Beeinflussende Faktoren der Deponiegasproduktion
 - anaerob
 - Wassergehalt (25-45% Gew.-% FS des Mülls beim Einbau)
 - Nährstoffverhältnis (C:N:P bzw. BSB:N:P)
 - Temperatur
 - pH-Wert
 - Redoxpotential
 - Fettsäuregehalt
 - Salze
 - Toxische Stoffe (z.B. Schwermetalle, aber auch Sauerstoff)
- Beschleunigung des biologischen Abbaus („Steuerung“ nicht möglich)
 - SW Zirkulation, Niederschlageinlass
 - Zerkleinerung und Homogenisierung von Abfällen
 - Dünnschichteinbau
 - Einbau als Rotteschicht (als unterste Mülllage)
 - Vermeidung von Stauhorizonten

Deponiegas

Zeitlicher Verlauf der Deponiegasentwicklung

Phase I bis IV (insgesamt 9 Phasen)



Deponiegas

Zeitlicher Verlauf der Deponiegasentwicklung

Phase I: Aerobe Phase

der noch anwesende Sauerstoff wird verbraucht, bei ausreichend Sauerstoff aerober Abbau der Biomasse zu CO₂ und Wasser, **Dauer wenige Wochen**

Phase II: Saure Gärung

komplexe organische Moleküle (Fette, Kohlenhydrate und Proteine) werden in niedermolekulare Bestandteile (Fettsäuren, Aminosäuren und Glucose) aufgespalten und diese wiederum in Karbonsäuren, Alkohole, Wasserstoff und Kohlendioxid umgesetzt, starke Geruchsemissionen und SW -Verschmutzungen, pH-Wert sinkt, **Dauer mehrere Monate**

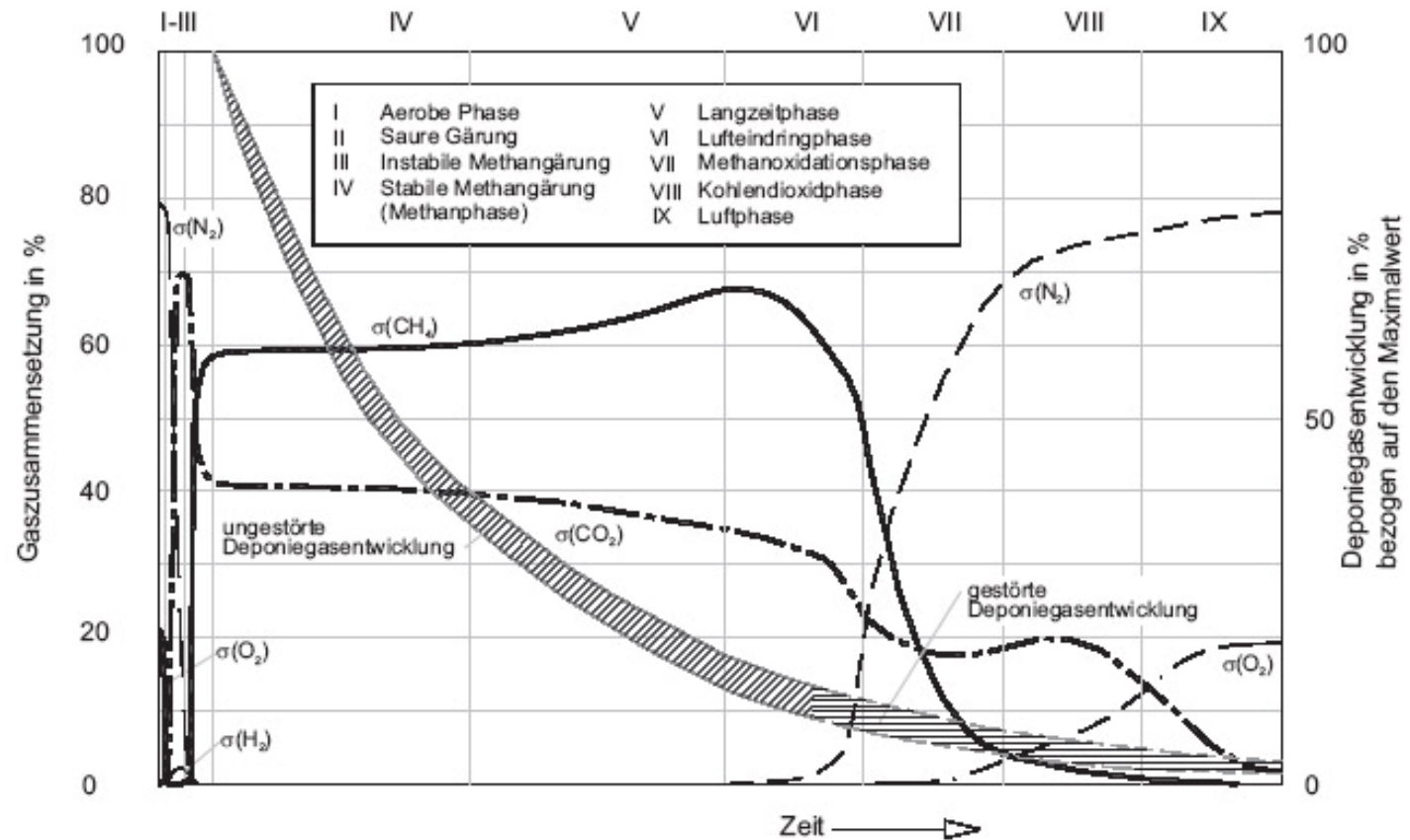
Phase III + Phase IV: Instabile Methanphase + Stabile Methanphase

Umwandlung der organischen Bestandteile in CH₄, CO₂ und H₂O, geringere Sickerwasserbelastung, maximale Gasproduktion, ab Phase 4 Verhältnis CH₄ zu CO₂ etwa bei 1,5 (59 Vol.-% CH₄, 41 Vol.-% CO₂), **Phase 4 setzt etwa ½ bis 3 Jahre nach Ablagerung ein**

Deponiegas

Zeitlicher Verlauf der Deponiegasentwicklung

Phasen I bis IX (ca. 30 bis 35 Jahre)



Zeitverlauf nicht maßstäblich !

Deponiegas

Zeitlicher Verlauf der Deponiegasentwicklung

Phase V: Langzeitphase

Hohe Methankonzentration von über 60 Vol.-%, niedrigere Kohlendioxidkonzentration (Verhältnis CH_4 zu CO_2 bis etwa 4) durch Auswaschen des Kohlendioxids und Bindung basischer Inhaltsstoffe

Phase VI: Lufteindringphase

Zeitlich und/oder örtliches Eindringen von Luft (fehlender Überdruck durch nachlassende Gasproduktion), 10 bis 40 Vol.-% CH_4 , 5 bis 30 Vol.-% CO_2 , 10 bis 30 Vol.-% N_2

Phase VII: Methanoxidationsphase

Kaum noch Gasproduktion, verstärkter Luftzutritt und Oxidation des Methans zu Kohlendioxid von außen nach innen durch methanotrophe Bakterien, CH_4 zu CO_2 deutlich unter 1 ($\text{CH}_4 < 10$ Vol.-%, CO_2 10 bis 15 Vol.-%, $\text{O}_2 < 5$ Vol.-%)

Phase VIII + IX: Kohlendioxidphase + Luftphase

Endstadium der Deponiegasentwicklung, Deponiegaszusammensetzung entspricht Bodenluft ($\text{CO}_2 < 4$ Vol.-%, $\text{O}_2 = 18-20$ Vol.-%, $\text{N}_2 = 78$ Vol.-%)

Deponiegas

Deponiegasinhaltsstoffe

- Luftfreies Deponiegas besteht zu über 99 Vol.-% aus Methan und Kohlendioxid
- Durch Vermischung mit Luft teilweise auch Stickstoff und Sauerstoff
- Verbleibende Rest zu 100 Vol.-% besteht aus Wasserdampf (in der Regel gesättigt) und Spurenstoffen (organische und anorganische Beimengungen) – entweder durch Abbauprozesse (z.B. Schwefelwasserstoff H_2S) oder durch Ablagerung dieser Stoffe (Treibmittel aus Spraydosen, Lösungsmittel, Farben, Lacke, etc.)
- Mittlerweile umfangreiche Liste mit nachgewiesenen Einzelstoffen

Property	Unit	Landfill Gas	Biogas ^{*)}
Methane (CH_4) Content	Vol-%	35-60	60-70
Carbon Dioxide (CO_2) Content	Vol-%	30-45	25-35
Nitrogen (N_2) Content	Vol-%	1-15	0-5
Oxygen (O_2) Content	Vol-%	0-2	0-2
Sulfur (S) Content	$mg/m_n^3 CH_4$	0-2000	0-5000
Fluorine (F) Content	$mg/m_n^3 CH_4$	5-10	0-5
Chlorine (Cl) Content	$mg/m_n^3 CH_4$	5-50	0-5
Silicon (Si) Content	$mg/m_n^3 CH_4$	5-100	0-150
Hydrocarbons (C_xH_y) Content	$mg/m_n^3 CH_4$	0-500	0-100
Relative Humidity	%	100	100
Lower Heating Value (LHV)	MJ/m_n^3	12-22	22-26

^{*)}including sewage gas

Deponiegas

Deponiegasinhaltsstoffe

Nachgewiesene Spurenstoffe

Tabelle 8.4-5. Stoffliste der in Deponiegasproben aus Hausmülldeponien qualitativ nachgewiesenen Spurenstoffe nach *Janson* [18]

n-Butan	Aceton	Essigsäure-n-propylester
Isobutan	2-Butanon	Essigsäure-n-butylester
2-Methylbutan	3-Methyl-2-butanon	Propionsäureisopropylester
n-Pentan	3-Methyl-2-pentanon	Propionsäure-n-butylester
2-Methylpentan	2,4-Dimethyl-3-pentanon	Propionsäure-tert.-butylester
n-Hexan	2-Hexanon	Buttersäuremethylester
2-Methylhexan	Cyclohexanon	Buttersäureethylester
3-Methylhexan		Buttersäure-n-propylester
n-Heptan	Diacetyl	Buttersäureisopropylester
2-Methylheptan	3-Hydroxy-butanon	Valerinsäuremethylester
3-Methylheptan		
n-Oktan	1-Propanal	Benzol
n-Nonan	1-Butanal	Toluol
n-Decan	Isobutanol	Ethylbenzol
n-Undecan	3-Methylbutanal	p-, m-, o-Xylol
sonstige verzweigte Alkane	3-Methylpentanal	Styrol
		Cumol (Isopropylbenzol)
Methylcyclopentan	Ethanol	Trimethylbenzol-Isomere
Dimethylcyclopentan-Isomere	1-Propanol	Ethylmethyl-Isomere
Ethylcyclopentan	2-Propanol	p-, m-, o-Cymol (Isopropyltoluol)
Ethylmethylcyclopentan-Isomere	1-Butanol	Ethyl-dimethylbenzol-Isomere
Trimethylcyclopentan-Isomere	2-Butanol	
Cyclohexan	Isobutanol	Dichlorfluormethan (R 21)
Methylcyclohexan	tert.-Butanol	Trichlorfluormethan (R 11)
1,1-Dimethylcyclohexan-Isomere	1-Pentanol	Dichlordifluormethan (R 12)
Trimethylcyclohexan-Isomere	2-Pentanol	
Ethylmethylcyclohexan-Isomere	Isopentanol	Dichlormethan
Propylcyclohexan		Chloroform
Methylpropylcyclohexan-Isomere	Limonen	Tetrachlormethan
	Terpinen	1,1,1-Trichlorethan
Buten-Isomere	Phellandren	Vinylchlorid
Penten-Isomere		1,1-Dichlorethen
		cis-1,2-Dichlorethen
Tetrahydrofuran	Schwefelwasserstoff	Trichlorethen
2,4-Dimethylfuran	Methanthiol	Tetrachlorethen
	2-Propanthiol	Chlorbenzol
	2-Butanthiol	
	Dimethylsulfid	
	Dimethyldisulfid	

Deponiegas

Beeinträchtigung u. Gefahren durch Deponiegas

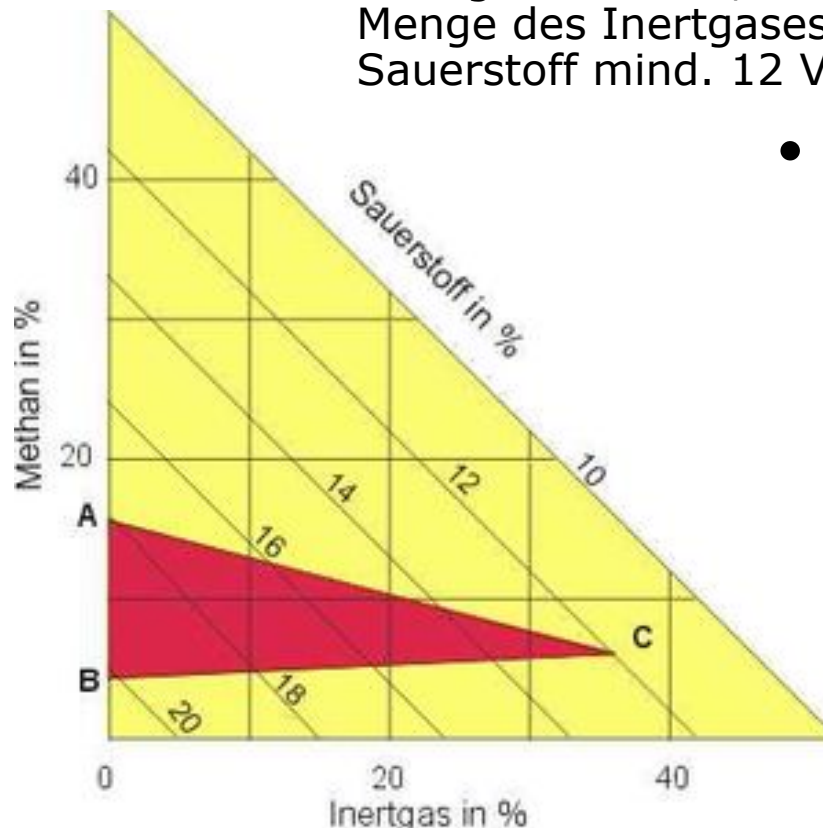
- Geruch
 - CH₄ und CO₂ geruchlos
 - z.T. sehr niedrige Geruchsschwellenwerte der Spurenstoffe (H₂S)
- Erstickungsgefahr
 - durch zu hohen CO₂-Anteil
 - 3 Vol.-% in der Atemluft für ½ bis 1 Stunde erträglich
 - 5 Vol.-% in der Atemluft nach ½ bis 1 Stunde toxisch
 - 9 Vol.-% in der Atemluft nach 5 bis 10 Minuten tödlich
 - durch Verdrängung des Sauerstoffs (durch Methan, Wasserstoff, Stickstoff, etc. – an sich ungiftig), relative Dichte 0,9 – 1,04
 - Gefährdung ab 17 Vol.-% Sauerstoff in der Atemluft
 - Akute Lebensgefahr bei 7 Vol.-% Sauerstoff in der Atemluft
- Toxische Wirkung (bei Anreicherung in geschl. Räumen)
 - Vielzahl von Spurenstoffen bereits in geringer Konzentration gesundheitsschädlich (LHKW, BTEX, Schwefelverbindungen)
 - 200 ppm H₂S in der Atemluft für ½ bis 1 Stunde erträglich
 - 400 ppm H₂S in der Atemluft nach ½ bis 1 Stunde toxisch
 - 800 ppm H₂S in der Atemluft nach 5 bis 10 Minuten tödlich

Deponiegas

Beeinträchtigung u. Gefahren durch Deponiegas

- Explosionsgefahr

- Methan kann im Gemisch mit Luft innerhalb bestimmter Grenzen durch eine Zündquelle zur Explosion gebracht werden (untere Zündgrenze = 4,4 Vol-% bis obere Zündgrenze = 16,5 Vol-% Methan, je nach Art und Menge des Inertgases (Stickstoff, Kohlendioxid), Sauerstoff mind. 12 Vol.-%)



- Gefahr vor allem

- in der Nähe von hochkonzentrierten Austrittsquelle (Rohre, Schächte, abgeschaltete Gasbrunnen, Spalten), in geschlossenen Räumen in der näheren Umgebung (u.a. Migration durch den Untergrund bei nicht abgedichteten Deponien)
 - Zündtemperatur: 595 °C
 - Mindestzündenergie: 0,3 mJ
- ⇒ Kein offenes Licht, Rauchen, oder Feuer

Deponiegas

Beeinträchtigung u. Gefahren durch Deponiegas

- Brandgefahr

- Höhere Methangehalte als 16,5 Vol.-% explodieren zwar nicht, können jedoch brennen
- Deponiebrände sind i.d.R. schwer zu löschen
- Hohe Luftverschmutzung und Gefährdung durch giftige Stoffe

Vegetationsschäden

- Beeinträchtigung des Pflanzenwuchs auf einer Rekultivierungsschicht oder in der näheren Umgebung (durch Migration bei nicht abgedichteten Deponien) durch Verdrängung des für die Wurzeln notwendigen Sauerstoffs (Bodenluft) durch Deponiegas

- Beeinträchtigung auf die Atmosphäre

- Treibhauspotenzial der verschiedenen Gase (CO_2 , CH_4 23 mal stärker als CO_2 , FCKW bis zu 14.000 mal stärker als CO_2)
- Zerstörung der Ozonschicht
- Sauerer Regen

Deponiegas

Deponiegasemissionen/Emissionspfade

- Drei Emissionspfade aus der Deponie
 - Diffuse Emission über die gesamte Deponieoberfläche
 - Konzentrierte Deponiegasaustritte (Punkt-, Linienquellen) an Störstellen in der Deponieoberfläche (Spalten, Klüfte, Rohre, Schächte, Gasbrunnen, etc.)
 - Migration des Deponiegases durch den luftgefüllten Porenraum des Untergrundes
- 2 grundsätzliche Transportmechanismen
 - Diffusion: Transport aufgrund eines Konzentrationsgefälles bis zum Konzentrationsausgleich (von der höheren zur niedrigeren Konzentration)
 - Potenzialströmung: Gastransport aufgrund eines Druckunterschiedes bis zum Druckausgleich (vom höheren zum niedrigeren Druck)

Deponiegas

Deponiegaspotenzial

- Vor allem abhängig von
 - Anteil des abbaubaren organischen Kohlenstoffs
 - Anwesenheit von Nährstoffen und Wasser (Phosphor, Stickstoff)
 - Nährstoffaustausch (ausreichender Wassergehalt)
- schätzungsweise 120 bis 300 m³ Deponiegas aus einer Tonne Hausmüll (über einen Zeitraum von mind. 20 bis 30 Jahre)
- Abschätzung des Gaspotenzials und des zeitlichen Verlaufs der Gasentstehung mittels einem physikalisch-mathematischen Modell (Gasprognosemodell nach Tabarasan -> siehe Übung)

Deponiegas

Gasprognosemodell nach Tabasaran -Gasproduktion bei Verfüllung-

physikalisches Modell – gesamte zu erwartende Gasmenge

$$G_e = 1,868 \cdot C_0 \cdot (0,014 \cdot \vartheta + 0,28) \cdot \eta_{Abbau} \cdot \eta_{Fassung} \cdot \eta_{Milieu} \cdot \left(\frac{M}{24 \cdot 365} \right)$$

G_e : die in langen Zeiträumen gebildete Gasmenge [m³/h]

η_{Abbau} : Abbaufaktor

$\eta_{Fassung}$: Fassungsgrad

η_{Milieu} : Milieufaktor

C_0 : organischer Kohlenstoff [kg]

ϑ : Temperatur [°C]

mathematisches Modell - Verteilung der Gasmenge auf Zeit

$$G_t = G_e \cdot (1 - 10^{-k \cdot t})$$

G_t : bis zur Zeit t gebildete Deponiegasmenge [m³/t Abfall]

k: Abbaukonstante [1/a]

t: Zeit [a]

Deponiegas

Gasprognosemodell nach Tabasaran

Voraussetzungen:

- C_0 : Hausmüll zwischen 170 und 220 kg/t Abfall, je nach Abfallzusammensetzung (z.B. Bauschutt Anteil gering)
- ϑ : Temperaturen in der Deponie zwischen 25 und 35°C, gilt nur für den mesophilen Bereich
- k : gewählt mit 0,025 bis 0,05 entspricht Abbau von 50-75% der organischen Substanz
- M : Müllmenge [Mg]

$$\eta_{\text{Abbau}} = 0,8$$

$$\eta_{\text{Fassung}} = 0,9$$

$$\eta_{\text{Milieu}} = 0,6$$

Zeitversatz:

Gaslaufphase 2 Monate bis 1,5 Jahren ohne Produktion

Gesetz der idealen Gase:

Bei der restlosen Vergasung von 1 kg organischem Kohlenstoff wird ein Gasvolumen von 1,868 m³ erzeugt.

Deponiegas

Gasprognosemodell nach Tabasaran

Gasproduktion während Verfüllung

$$G_t = 1,868 C_0 \cdot (0,014 \vartheta + 0,28) \cdot \eta_{\text{Abbau}} \cdot \eta_{\text{Fassung}} \cdot \eta_{\text{Milieu}} \cdot \left(\frac{M}{24 \cdot 365} \right) \cdot (1 - 10^{-k \cdot t})$$

Gasproduktion nach Verfüllung

$$G_t = \frac{G_e \cdot (1 - 10^{-k \cdot t_1})}{10^{-k \cdot t_1}} \cdot 10^{-k \cdot t_2}$$

t_1 : Betriebsjahre des Verfüllungszeitraums [a]

t_2 : Betriebsjahre nach dem Verfüllungszeitraum [a]

$t_2 > t_1$

Gliederung

- Einleitung
- Deponiegas
- Sickerwasser
 - Entstehung von Deponiesickerwasser
 - Sickerwasserhaushalt
 - Sickerwasserinhaltsstoffe

Sicker-
wasser

Entstehung von Deponiesickerwasser

Oberflächenwasser

⇒ alle nicht kontaminierten, also nicht mit dem Abfall in Berührung gekommenen Wasser

- oberirdische Wässer
- Oberflächenabfluß
- Niederschlagswasser auf Deponiearealen (noch nicht im Betrieb)

Sickerwasser

⇒ alle kontaminierten, mit dem Abfall in Berührung gekommenen Wasser

- entsteht im wesentlichen durch eingetragenes Niederschlagswasser
 - durch Eigenfeuchte von abgelagerten Abfällen
 - durch eindringendes Grund- oder Fremdwasser (ältere Deponien)
- ⇒ Erfassung und Abführung aus dem Deponiekörper und anschließende Reinigung

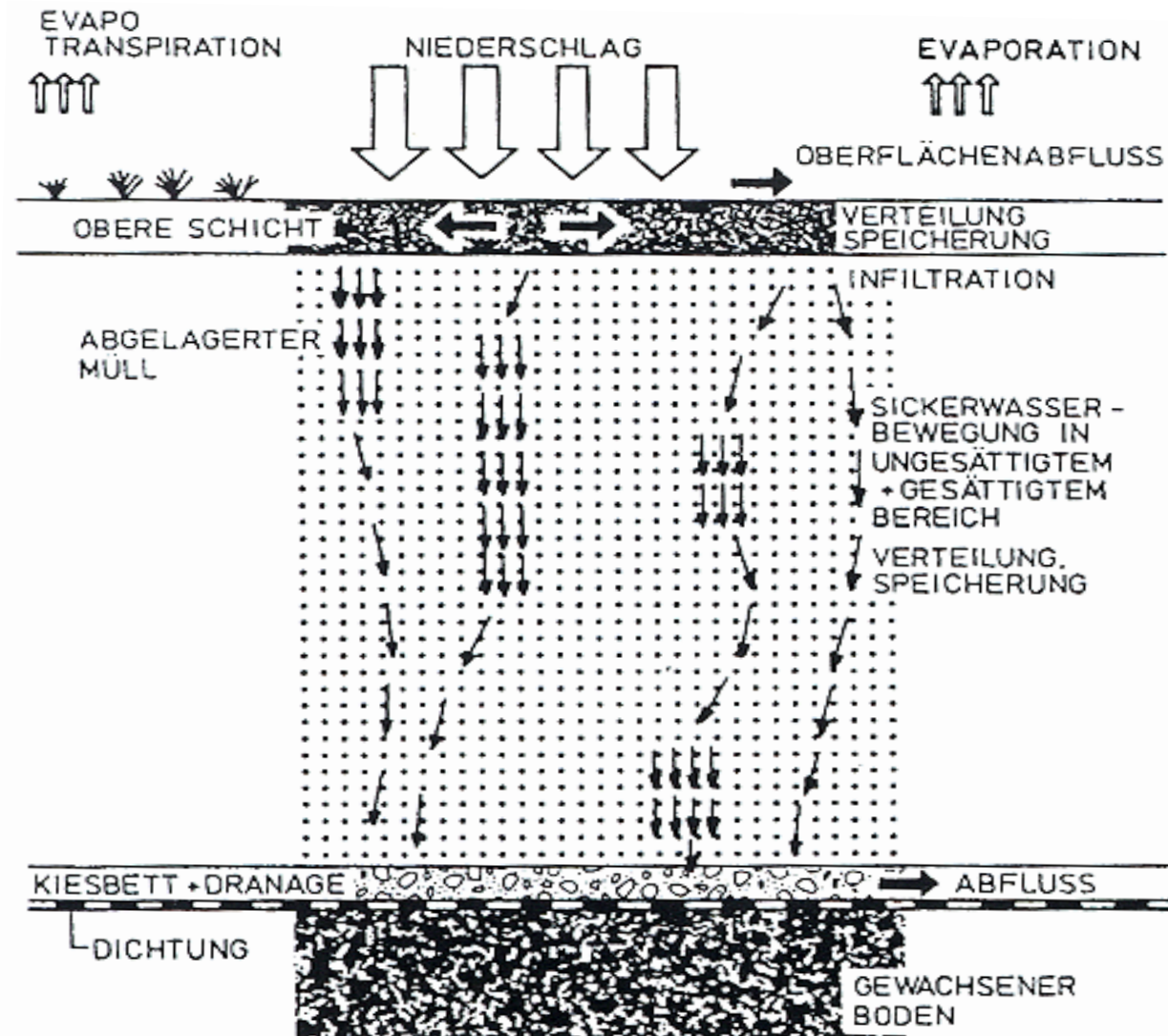
Sicker-
wasser

Entstehung von Deponiesickerwasser

- **Betriebsbeginn – geringe Abfallüberdeckung**
praktisch unmittelbare Ableitung des Niederschlags in die Entwässerungsschicht
- **Betriebszustand – offene Abfallfläche**
durchschnittliche Sickerwasserspende bei deutschen Klimaverhältnissen ca. $10 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$
- **Betriebsende – rekultivierte Deponie**
erhebliche Verminderung gegenüber dem Betriebszustand, Abschätzung der Mengen sehr schwierig
- **Bemessung von Anlagenteilen**
(Flächenfilter, Rohrleitungen, Pumpen, etc.):
10-fach erhöhter Wert der durchschnittlichen Sickerwasserspende, ca. $100 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$

Sicker-
wasser

Sickerwasserhaushalt



Sicker-
wasser

Sickerwasserhaushalt

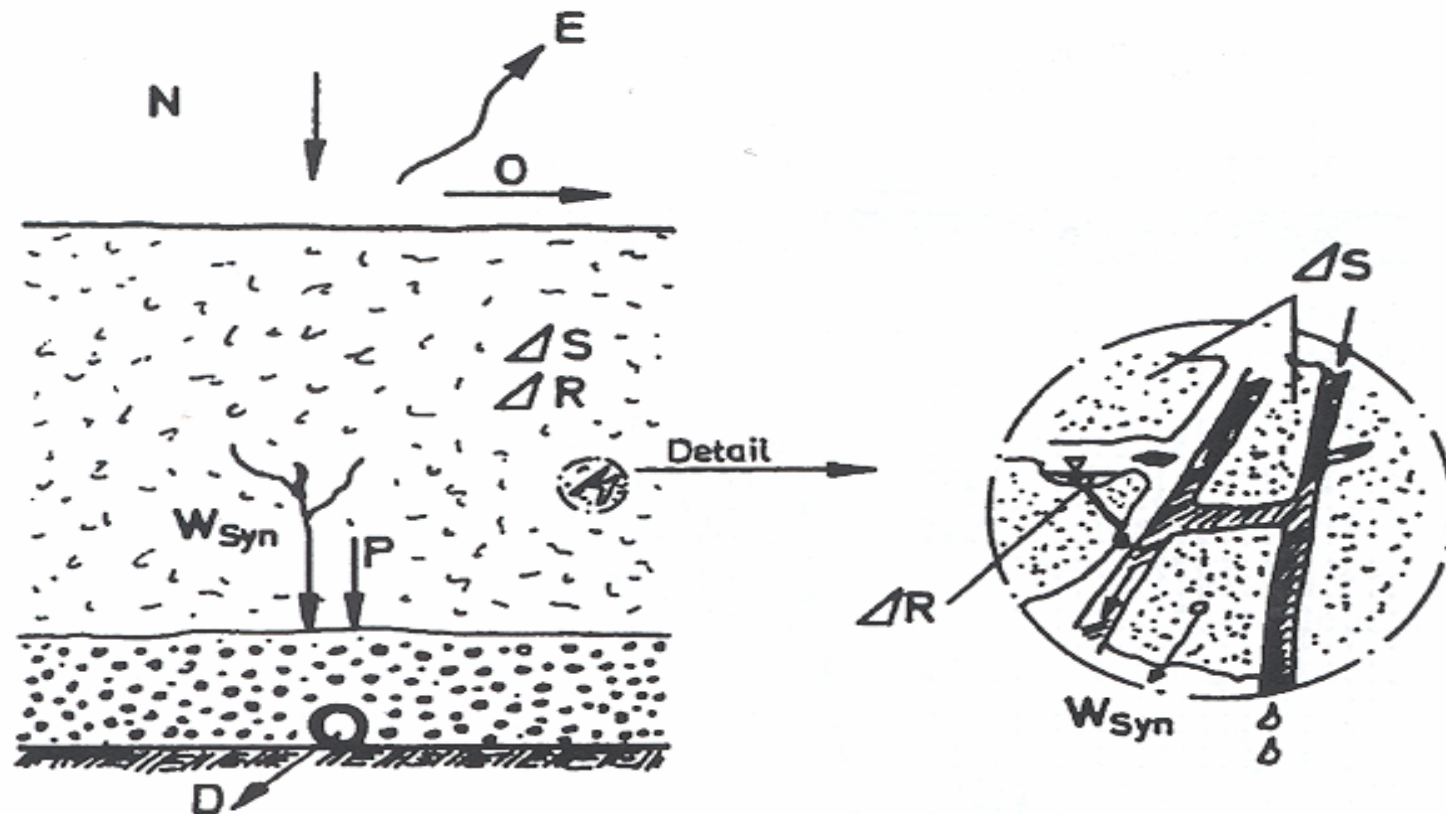


Bild 4.14. Schematische Darstellung der Größen der Wasserbilanz

Sicker-
wasser

Sickerwasserhaushalt

Sickerwege im Deponiekörper

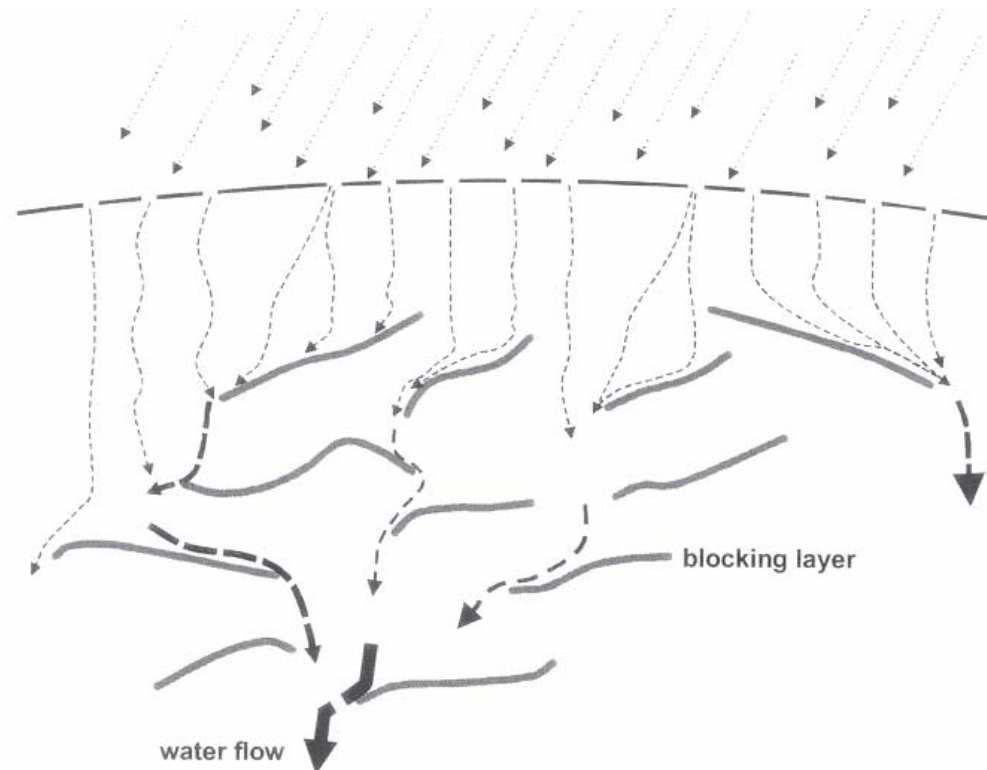


Figure 2. Formation of water flows and ponding of water in a landfill (MESU, 1982)

Sicker-
wasser

Sickerwasserhaushalt

Wasserhaushaltsgleichung

$$N + W_{syn} = E + O + \Delta R + \Delta S + D$$

- N = Niederschlag (standortspezifisch)
E = Evapotranspiration (standortspezifisch)
O = Oberflächenabfluss (Neigung, Bewuchs, etc.)
 ΔR = zeitliche Verzögerung des Abflusses
(langsam drainendes Wasser)
 ΔS = entgegen der Schwerkraft gespeichertes
Wasser (Feldkapazität)
 W_{syn} = Differenz von im Abfallkörper gebildetem und
verbrauchtem Wasser
D = Drainageabfluss an der Basisabdichtung

Sicker-
wasser

Sickerwasserhaushalt

Tabelle 4.5. Wasserhaushaltsbilanz für eine Deponie im Landkreis Sigmaringen [4.31]

Wasserhaushaltsbilanz [mm]	1981	1982	1983
Niederschlag	+ 675,20	+ 771,00	+ 515,10
Verdunstung	- 607,65	- 581,57	- 786,72
Austrag über Deponiegas	- 6,10	- 2,35	- 0,94
Verbrauch durch Mikroorganismen	- 26,35	- 26,35	- 26,35
Sickerwasserabfuhr	- 49,60	- 71,56	- 55,71
Fehlbetrag	- 14,50	+ 89,17	- 354,62

Summe = 0

Sicker- wasser

Sickerwasserhaushalt

- Aufgrund heterogener Materialzusammensetzung schwieriger zu bestimmen als ein natürlich gewachsener Boden
- Behinderung der gleichmäßigen Durchfeuchtung
- Bildung von groben Sickerwasserbahnen
- Exakte Bestimmung nur in der Praxis möglich
- Richtwerte
 - Deponie mit lockerer Oberfläche:
31,3 bis 58,2 % des Niederschlages
 - Deponie mit verdichteter Oberfläche:
ca. 25 % des Niederschlages (mit Kompaktoren)
ca. 40 % des Niederschlages (mit Raupen)

Sicker-
wasser

Sickerwasserhaushalt

Probleme bzw. Unklarheiten

- Fließ- und Durchfeuchtungsmechanismen
- Bildung von Wasserhorizonten
- Wasserstau an der Basis
- Niederschlags-Abflussbeziehungen bei Starkregen (Korrelation nicht zwingend)
- Speicherungs- und Verdunstungspotenzial
- Bildung bzw. Verbrauch von Wasser durch die stattfindenden biologisch-chemischen Prozesse

Sicker-
wasser

Sickerwasserinhaltsstoffe

	saure Gärung		Methangärung	
	\bar{x}	Bereich	\bar{x}	Bereich
pH [–]	6,1	4,5–7,5	8	7,5–9
BSB ₅ [mg/l]	13000	4000–40000	180	20–550
CSB [mg/l]	22000	6000–60000	3000	500–4500
BSB ₅ /CSB [–]	0,58		0,06	
SO ₄ [mg/l]	500	70–1750	80	10–420
Ca [mg/l]	1200	10–2500	60	20–600
Mg [mg/l]	470	50–1150	180	40–350
Fe [mg/l]	780	20–2100	15	3–280
Mn [mg/l]	25	0,3–65	0,7	0,03–45
Zn [mg/l]	5	0,1–120	0,6	0,03–4
Sr [mg/l]	7	0,5–15	1	0,3–7

- Hohe bis sehr hohe Schad- und Nährstofffrachten
- Veränderlich über die Zeit (abnehmende Tendenz)
- Anlagenanpassung erforderlich

Sicker-
wasser

Sickerwasserinhaltsstoffe

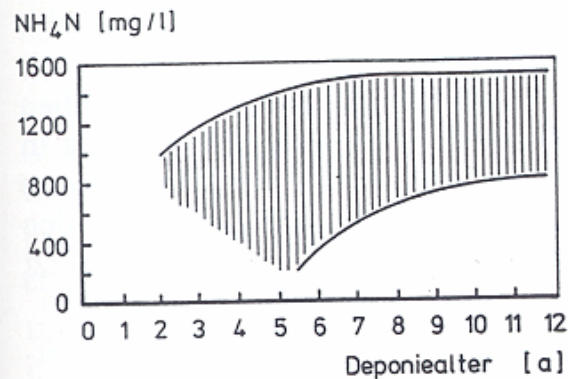
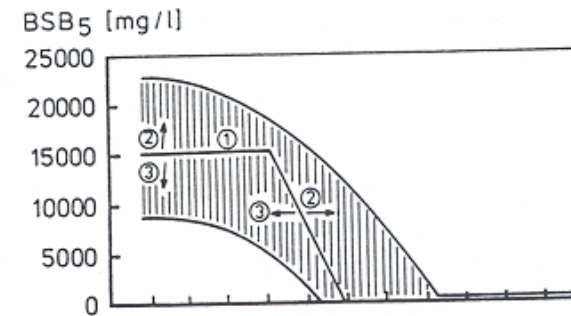
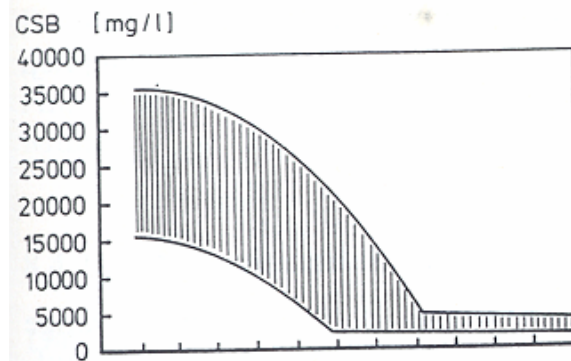
Tabelle 8.4-3. Sickerwasserkonzentrationen aus Hausmülldeponien [12]

		Konzentrationen der Inhaltstoffe	
		Bereich	Mittelwert
pH		3,5–9	7,5
CSB	mg O ₂ /l	500–60000	5000
BSB ₅	mg O ₂ /l	100–45000	1500
Leitfähigkeit	µS/cm	—	10000
Chlorid	mg/l	100–15000	2000
Sulfat	mg/l	50–3000	300
Ammonium	mg/l	20–3000	500
Nitrit	mg/l	0–25	0,5
Nitrat	mg/l	0–50	3
Gesamt-N	mg/l	20–4000	600
Gesamt-P	mg/l	0,01–10	1
Arsen	µg/l	<0,1–1000	20
Blei	µg/l	20–1000	50
Cadmium	µg/l	1–100	5
Kupfer	µg/l	10–1000	50
Nickel	µg/l	20–2000	200
Quecksilber	µg/l	<1–50	10
Zink	µg/l	100–10000	1000
Gesamtchrom	mg/l	0,02–15	0,2
Eisen	mg/l	1–1000	50
Phenolindex	mg/l	—	0,006
AOX	µg/l	320–3350	2000
Dichlormethan	µg/l	64–1300	—
		106–20000	—
Tetrachlormethan	µg/l	70–270	—
Trichlorethylen	µg/l	290–530	—
Perchlorethylen	µg/l	<10–100	50

Sicker-
wasser

Sickerwasserinhaltsstoffe

Auslegung der Sickerwasserreinigungsanlage



- 1 mittlerer Zustand bei Deponieaufbaugeschwindigkeiten von 2–4 m/a
- 2 erhöhte Aufbaugeschwindigkeit
- 3 verminderte Aufbaugeschwindigkeit und/oder Sickerwasserkreislaufführung bzw. anderer Maßnahmen zur Reduzierung der organischen Belastung

Bild 8.4-5. Generelle Bereiche und deren zeitlicher Verlauf von BSB_5 -, CSB - und Ammoniumkonzentrationen in Sickerwässern [13]

Sicker-
wasser

Sickerwasserinhaltsstoffe

Sickerwasserbeschaffenheit abhängig von

- Art der Abfälle
- Deponiebedingungen
- Witterung
- Jahreszeit
- Biochemischen Abbauvorgänge im Deponiekörper
- Deponiealter (abnehmende Belastung im Alter – trotzdem immer noch hohe Belastungen nach Deponieabschluss möglich)
- pH-Wert
- Sickerwassereinstau

Gliederung

- Einleitung
- Deponiegas
- Sickerwasser
- **Recht**
 - Entwicklung der Deponietechnik und Regelungen
 - Abfallrecht
 - Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)
 - EG-Deponierichtlinie
 - Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV)
 - Deponieverordnung (DepV)
 - Integrierte Deponieverordnung
 - Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)

Recht

Die Entwicklung der Deponietechnik

- 1945-1972:** Ungeordnete Deponie, sog. wilde Kippen in meist unbrauchbarem Gelände
 Barrieren: keine
 Abfall: Siedlungs- und industrielle Abfälle
- 1969:** Merkblatt M3 der Zentralstelle für Abfallbeseitigung
- 1972:** 1. Abfallgesetz des Bundes, Übergang zur geordneten Deponie
 Barrieren: keine oder sog. Naturdichter Boden
 Abfall: Siedlungsabfälle, Einlagerung industrieller Abfälle rückläufig
- 1979:** Erscheinen des LAGA Merkblattes M3. Erste einheitliche Regelung zur Umzäunung, Sickerwassererfassung, Deponiegas, Abfalleinbau
 Barrieren: naturdichter Untergrund oder „natürliche Dichtung“, k_f -Wert 10^{-8}m/s , künstliche Dichtung
- 1979-1985:** Übergangszeit: Anforderung an die Abdichtung steigen
 Barrieren: naturdichter Untergrund bis zur kombinierten Basisabdichtung, mineralische Abdichtung
 Abfall: Siedlungsabfälle

Recht

Die Entwicklung der Deponietechnik

- 1986:** Erscheinen des Prüfkatalogs zur Bestimmung von Deponiestandorten der HLFU. Erste qualifizierte Anforderung an die Barriere Standort.
- 1985-1989:** Kombinationsdichtung als Regelabdichtungssystem, Richtlinie über Deponiebasisabdichtungen aus Dichtungsbahnen
Barrieren: Kombinationsabdichtung (Basis)
Abfall: Siedlungsabfälle
- 1989/90:** Überarbeitung des LAGA Merkblattes, geol. Barriere
Barrieren: Basis-geologische Barriere, mineralische Dichtung, KDB, Schutzschicht, Flächendrainage, Oberflächenabdichtung
Abfälle: Siedlungsabfälle
- 1991:** TA Abfall, setzt neue Maßstäbe an Hausmülldeponien
Barrieren: geologische Barriere, mineralische Dichtung, KDB, Schutzschicht, Flächendrainage, Oberflächenabdichtung als Kombinationsabdichtung
Abfälle: besonders überwachungsbedürftige Abfälle (Sonderabfälle), Zuordnung Anhang C und Kriterien Anhang D

Recht

Die Entwicklung der Deponietechnik

- 1993:** TA Siedlungsabfall, Deponieklasse I und II,
Barrieren: wie TA Abfall
Abfälle: Anforderungen an die Abfälle (Deponieklasse I und II) werden gegeben, Abfall soll selbst zur Barriere werden.
- 2001:** Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen - Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV); Regelung für die Ablagerung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, auf Deponien und die Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, zum Zweck der Einhaltung der Deponiezuordnungskriterien
- 2002:** Verordnung über Deponien und Langzeitlager - Deponieverordnung (DepV); Regelung für die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung und die Nachsorge von Deponien, die Ablagerung von Abfällen auf Deponien, einschließlich von spezifischen Massenabfällen auf Monodeponien, zum Zweck der Beseitigung, die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung und die Nachsorge von Langzeitlagern, die Lagerung von Abfällen in Langzeitlagern

Recht

Die Entwicklung der Deponietechnik

01.06.2005: Inkrafttreten der Abfallablagerungsverordnung
Keine Ablagerung von Abfällen auf Deponien ohne
vorhergehende Behandlung

In 2020: Totale Kreislaufwirtschaft
Abfallwirtschaft ohne Deponie?

Abfallrecht

Gesetzhierarchie

- EU als übergeordnete Institution (BRD als Mitglied)
 - Rechtsverordnungen als unmittelbar geltendes Recht zu akzeptieren
 - EG-Richtlinien sind innerhalb festgesetzter Fristen (z.B. 2 Jahre) in nationales Recht umzuwandeln (größerer Spielraum bei der Umsetzung in nationales Gesetz)
- Gesetzgebung innerhalb der Bundesrepublik
 - Bundesgesetze und Landesgesetze
 - Rechtsverordnungen (werden zur Konkretisierung bestimmter Ziele von Bund und Ländern erlassen)
 - Verwaltungsvorschriften (zunächst nur innerhalb der Verwaltung verbindlich)
 - Technische Normen und Richtlinien (z.B. DIN-Normen oder VDI-Richtlinien können nur durch ausdrücklichen Verweis in Gesetzen oder Rechtsverordnungen sowie Gerichtsentscheidungen rechtlich verbindlichen Charakter haben)

Recht

Abfallrecht

- Deponierichtlinie (EG-Rechtlinie)
- Kreislaufwirtschafts-/Abfallgesetz (Krw-/AbfG)
- Deponieverordnung (DepV)
- Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV)
- Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)
- Technische Anleitung Abfall (TA Abfall)
- Abfallverzeichnisverordnung (AVV)
- Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Technische Anleitung Luft (TA Luft)
- Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
- ... Auflistung nicht vollständig !!!

Recht

Abfallrecht

Mit den Vorschriften des Abfallrechts werden die von einer Deponie ausgehenden

- gasförmige Emissionen in die Atmosphäre vermindert, zurückgehalten und behandelt,
- Brand- und Explosionsgefahren verringert,
- Beeinträchtigungen auf und in der Umgebung der Deponie verhindert,
- Sickerwasseranfall und -belastung verringert,
- die Stabilisierung des Deponiekörpers beschleunigt.

Recht

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

- Verwaltungsvorschrift zur einheitlichen Rechtsanwendung der Behörden (1993)
 - Technische Anleitungen (TA) sind Verwaltungsvorschriften zu Gesetzen im Bereich des Umweltschutzes. Die technischen Anleitungen sollen die Genehmigungsbehörden in die Lage versetzen, das geltende Recht in gleicher Weise gegenüber allen Antragstellern für Anlagen durchzusetzen. Die technischen Anleitungen enthalten Vorschriften für die technische Ausführung von Anlagen, Grenzwerte für Schadstoffe, Überwachungsregelungen u.ä
- Bereits 1993 Zuordnungskriterien für abzulagernde Abfälle sowie für Anforderungen an Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme
- Erlass aufgrund eines starken Anstiegs der Abfallmengen und bereits erkennbaren Umweltschäden aus der Ablagerung unvorbehandelter Siedlungsabfälle
- Lange Übergangszeit (bis 31.5.2005)

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

1 Ziele und Anwendungsbereich

1.1 Ziele

Ziele dieser Technischen Anleitung sind:

- nicht vermiedene Abfälle soweit wie möglich zu verwerten,
- den Schadstoffgehalt der Abfälle so gering wie möglich zu halten,
- eine umweltverträgliche Behandlung und Ablagerung der nichtverwertbaren Abfälle sicherzustellen.

Dabei ist die Entsorgungssicherheit zu gewährleisten.

Die Ablagerung soll so erfolgen, dass die Entsorgungsprobleme von heute nicht auf künftige Generationen verlagert werden.

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

2.2.1 Begriffsbestimmungen

- **Deponieklasse I**
 - Deponie, in der Abfälle abgelagert werden können, die einen sehr geringen organischen Anteil enthalten und bei denen eine sehr geringe Schadstofffreisetzung im Auslaugungsversuch stattfindet (entspricht einer Mineralstoffdeponie)
- **Deponieklasse II**
 - Deponie, in der Abfälle abgelagert werden können, die einen höheren organischen Anteil enthalten als die, die auf Deponien der Klasse I abgelagert werden dürfen, und bei denen auch die Schadstofffreisetzung im Auslaugungsversuch größer ist als bei der Deponieklasse I; zum Ausgleich sind die Anforderungen an den Deponiestandort und an die Deponieabdichtung höher (entspricht einer Siedlungsabfalldeponie)

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.1 Grundsatz

Deponien sind so zu planen, zu errichten und zu betreiben, dass

- a) durch geologisch und hydrogeologisch geeignete Standorte,
- b) durch geeignete Deponieabdichtungssysteme,
- c) durch geeignete Einbautechnik für die Abfälle,
- d) durch Einhaltung der Zuordnungswerte nach Anhang B

mehrere weitgehend voneinander unabhängig wirksame Barrieren geschaffen und die Freisetzung und Ausbreitung von Schadstoffen nach dem Stand der Technik verhindert werden.

⇒ **Multibarrierekonzept !!!**

Standort, Abdichtungssystem, Einbautechnik, Zuordnungswerte

Recht

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.3 Standort (*Barriere zu Punkt a*)

10.3.1 Allgemeines

Deponien sollen nicht errichtet werden:

- a) in Karstgebieten und Gebieten mit stark klüftigem, besonders wasserwegsamem Untergrund ...
- b) innerhalb von festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebieten sowie Wasservorranggebieten ...
- c) innerhalb eines festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Überschwemmungsgebietes,
- d) in Gruben, aus denen die Ableitung von Sickerwasser im freien Gefälle zu außerhalb des Ablagerungsbereichs liegenden Entwässerungsschächten nicht möglich ist,
- e) im Bereich von ausgewiesenen oder sichergestellten Naturschutzgebieten oder in entsprechenden Vorranggebieten für Wald- und Naturschutz sowie in Bereichen, die (...) als besonders geschützte Biotopflächen zu beurteilen sind.

Recht

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.3 Standort (*Barriere zu Punkt a*)

10.3.1 Allgemeines

Bei der Prüfung der Eignung eines Standortvorschlages ist folgendes zu beachten:

- f) geologische, hydrogeologische, bodenkundliche und geotechnische Verhältnisse am Deponiestandort und im Grundwasserabstrombereich
- g) Lage zu einem vorhandenen oder ausgewiesenen Siedlungsgebiet; es ist ein Schutzabstand zum Deponiekörper von mindestens 300 m anzustreben; Einzelbebauungen sind gesondert zu betrachten
- h) Lage in erdbebengefährdeten Gebieten und tektonisch aktiven Störungszonen
- i) Lage in Gebieten, in denen Hangrutsche und Erdfälle noch nicht abgeklungen sind bzw. in denen Bergsenkungen und Tagesbrüche noch stattfinden können oder mit denen als Folge ehemaligen Bergbaus noch zu rechnen ist,
- k) das Setzungsverhalten verfüllter Tagebaue und sonstiger verfüllter

Restflächen

Recht

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.3 Standort (*Barriere zu Punkt a*)

10.3.2 Geologische Barriere

Als geologische Barriere wird der bis zum Deponieplanum unter und im weiteren Umfeld einer Deponie anstehende natürliche Untergrund bezeichnet, der aufgrund seiner Eigenschaften und Abmessungen die Schadstoffausbreitung maßgeblich behindert.

Die geologische Barriere besteht grundsätzlich aus natürlich anstehenden schwach durchlässigen Locker- bzw. Festgesteinen (DIN 18130) von mehreren Metern Mächtigkeit und hohem Schadstoffrückhaltepotential, die eine über den Ablagerungsbereich hinausgehende flächige Verbreitung aufweisen soll. Unter dem Ablagerungsbereich soll die geologische Barriere möglichst homogen ausgebildet sein...

10.3.3 Lage zum Grundwasser

Das Deponieplanum muss so angelegt werden, dass es nach Abklingen der Untergrundsetzungen unter der Auflast der Deponie mindestens einen Meter über der höchsten zu erwartenden Grundwasseroberfläche bzw. Grundwasserdruckfläche (...) liegt.

Recht

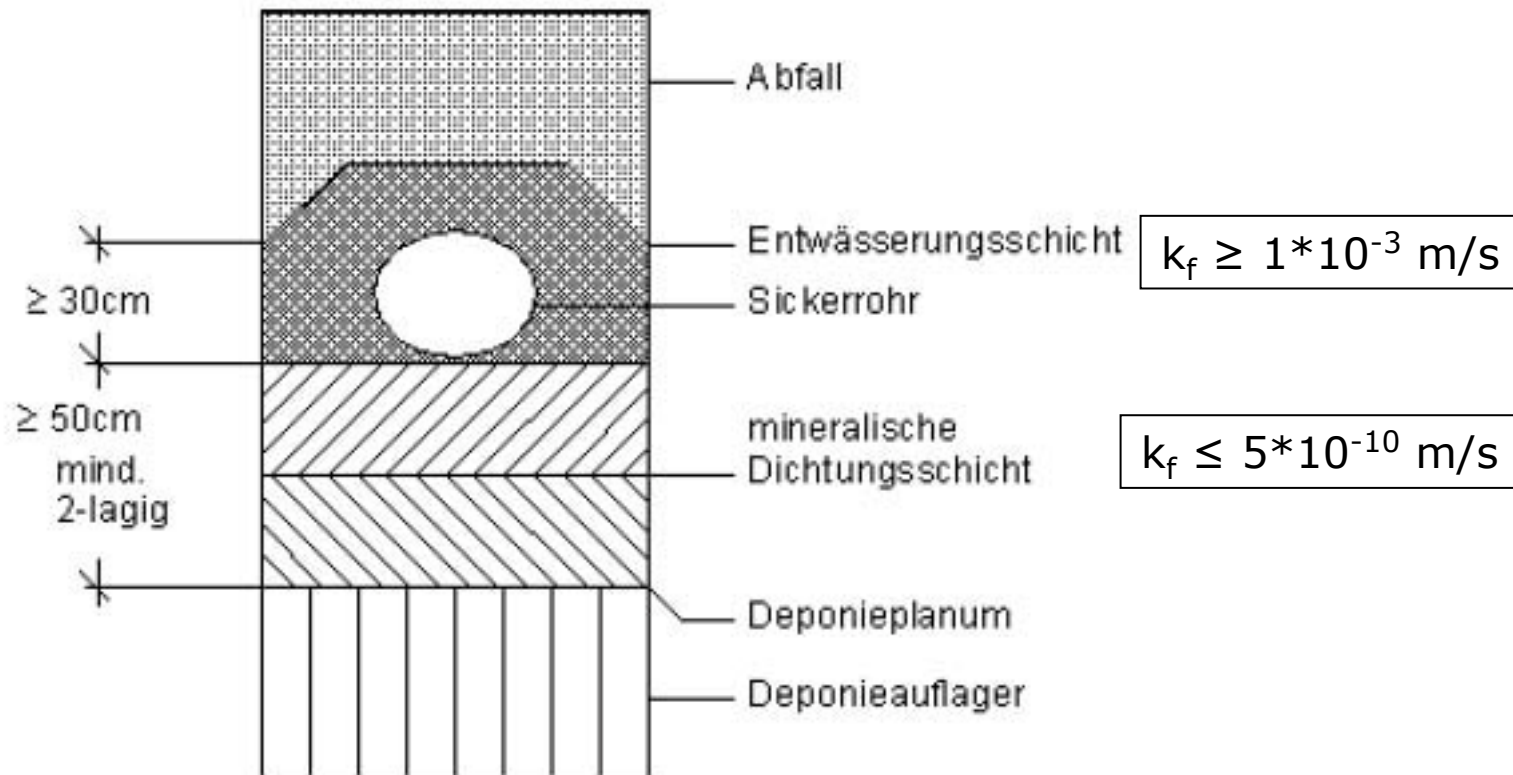
Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.4 Errichtung (*Barriere zu Punkt b*)

10.4.1.3 Deponiebasisabdichtungssysteme

a) Deponieklasse 1



Recht

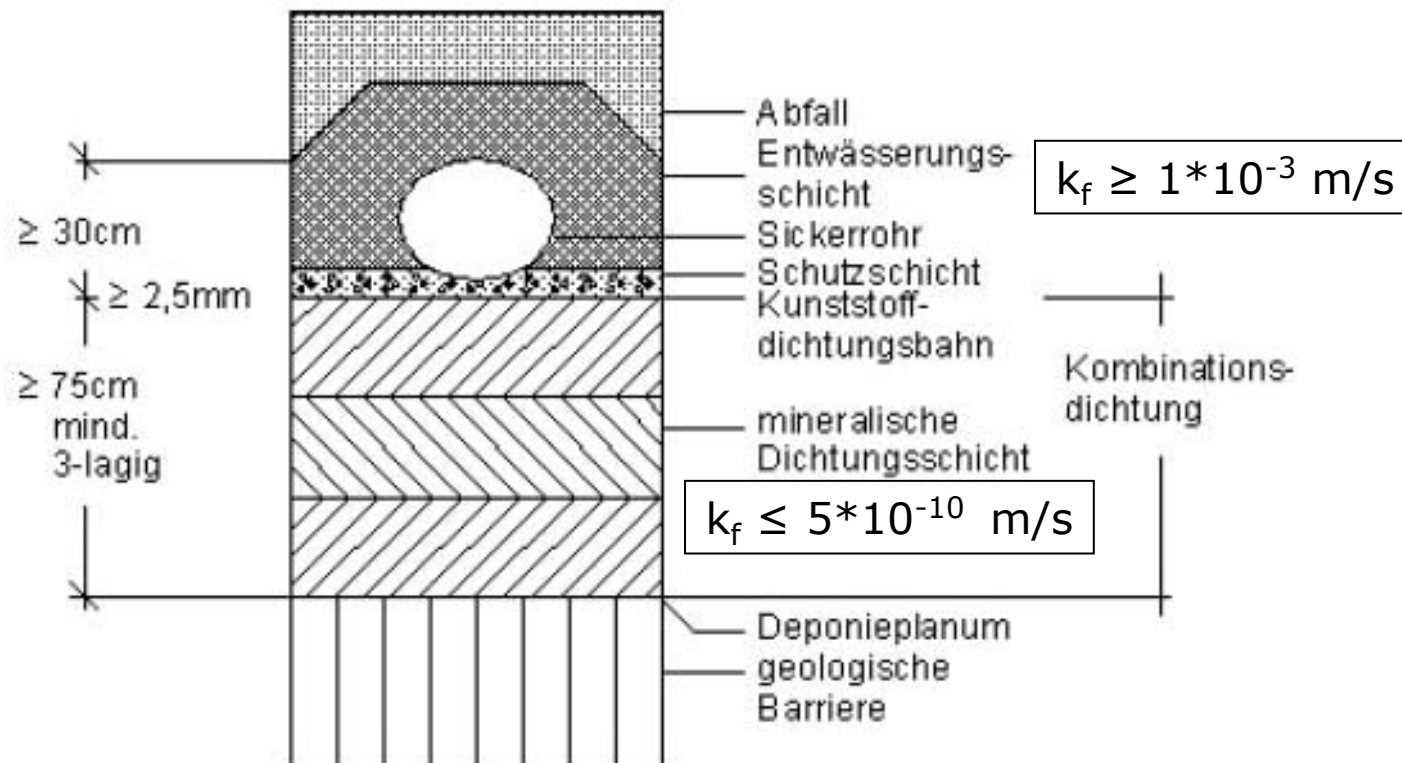
Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.4 Errichtung (*Barriere zu Punkt b*)

10.4.1.3 Deponiebasisabdichtungssysteme

b) Deponieklasse 2



Recht

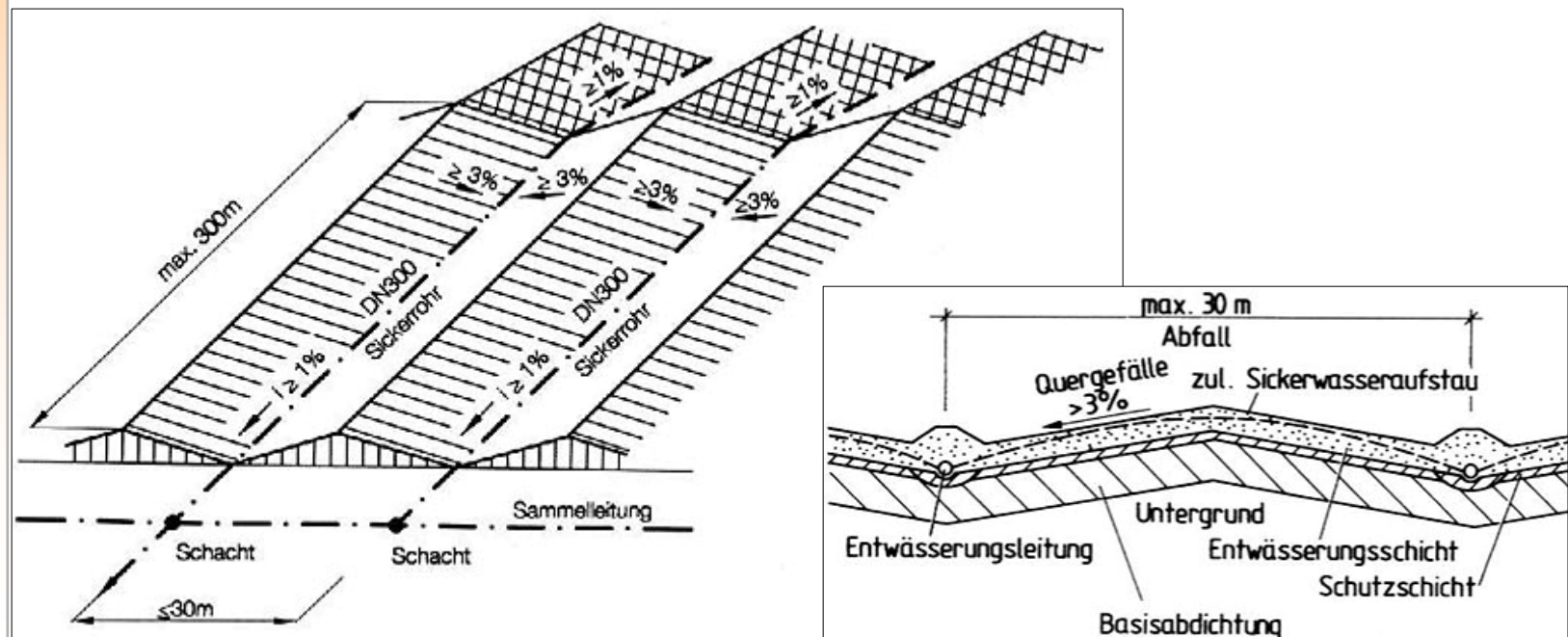
Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

Dachprofilartige Form der Oberfläche mit

- Querneigung: $\geq 3,0\%$ nach Setzung
- Längsneigung: $\geq 1,0\%$ nach Setzung

Spülbare und kontrollierbare Sickerwasserleitungen \geq DN 300

Zuleitung in freiem Gefälle zu außerhalb des Ablagerungsbereiches liegenden Entwässerungsschächten



Deponiebasisabdichtung



Recht

Basisabdichtungssystem

Aufgaben der Kombinations-Basisabdichtung:

- Dauerhafter Schutz des Untergrundes/des Grundwassers vor dem Sickerwasser aus dem Deponiekörper
- Minimierung der Durchströmungsvorgänge und der Diffusion, Schwermetalladsorption, Setzungsunempfindlichkeit, Selbstheilungsvermögen (**geologische Barriere und min. Dichtungsschicht**)
- Unterbinden von Durchströmungsvorgängen, Chemikalien-Langzeitbeständigkeit, Minimierung der Diffusionsvorgänge (**Kunststoffdichtungsbahn**)
- Schutz der Kunststoffdichtungsbahn vor Beschädigung (**Schutzschicht**)
- Sammlung und flächige Ableitung des Deponiesickerwassers zu den Sickerwasserleitungen (**Flächendrainage**)

Recht

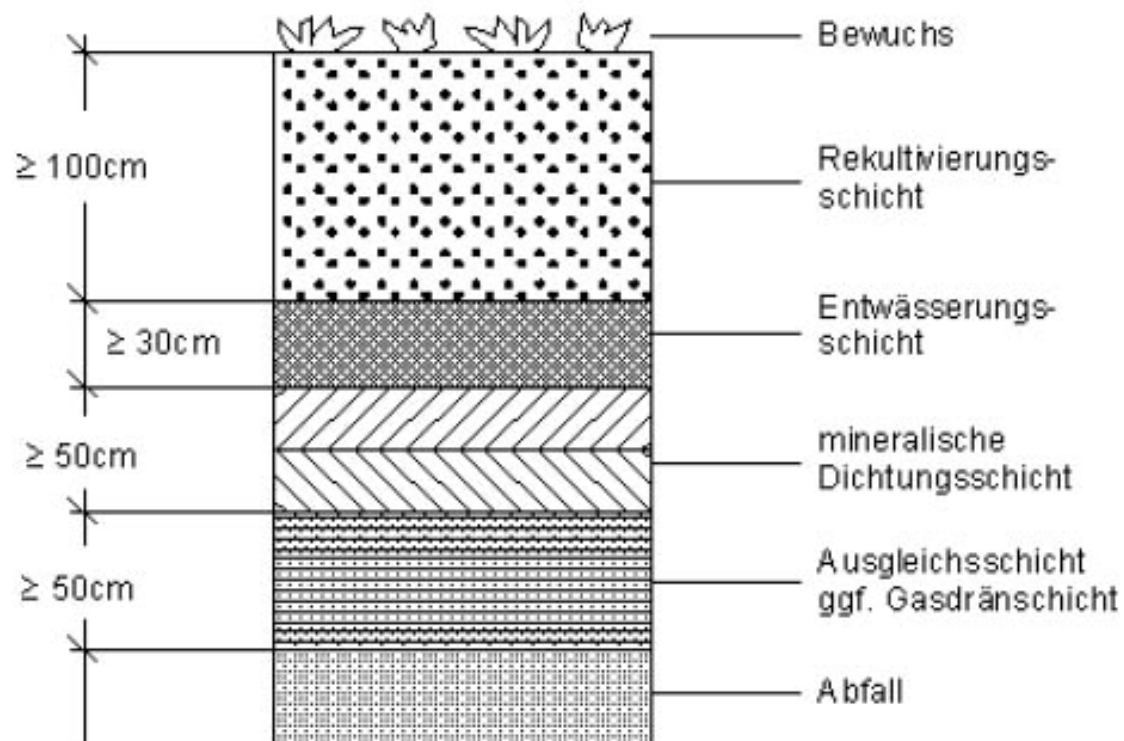
Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.4 Errichtung (*Barriere zu Punkt b*)

10.4.1.4 Deponieoberflächenabdichtungssysteme

b) Deponieklasse 1



Recht

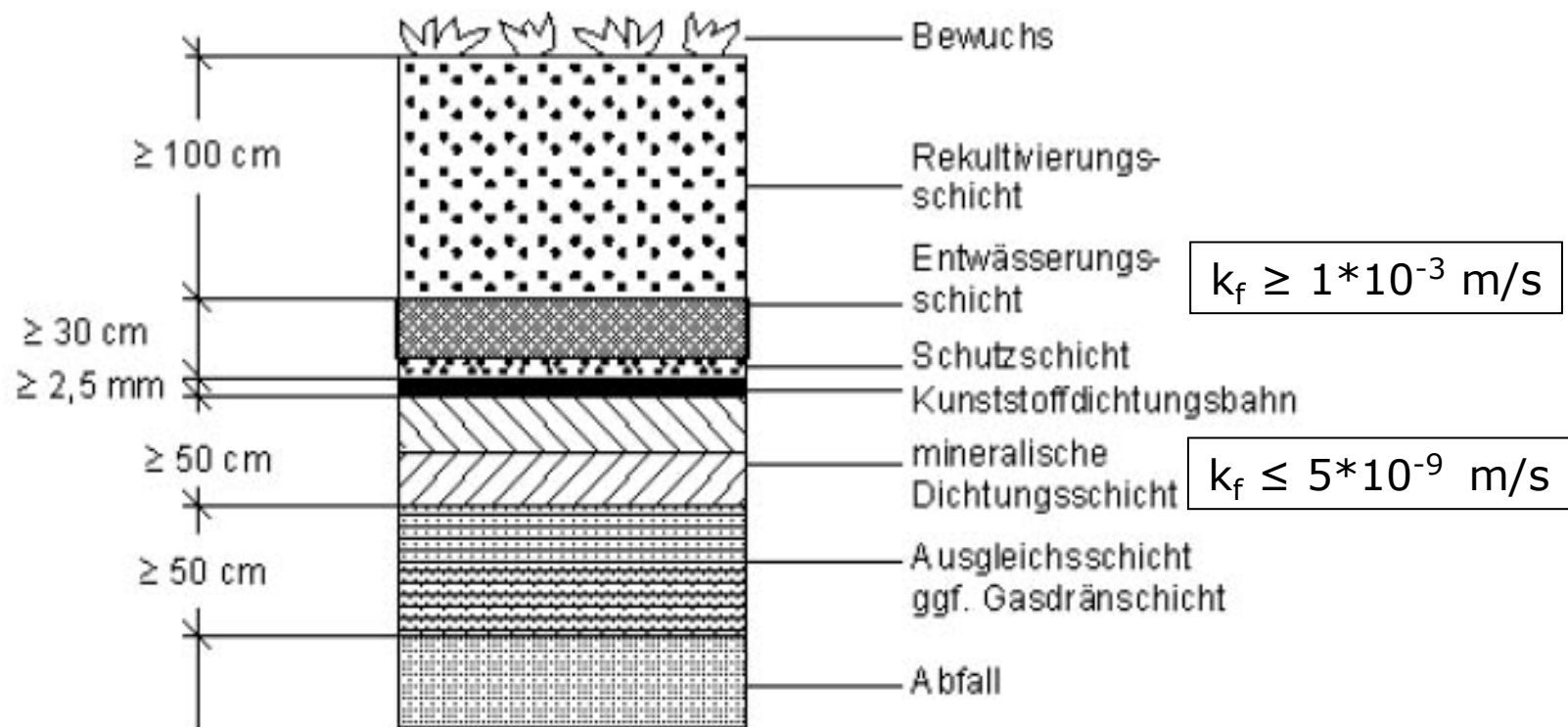
Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.4 Errichtung (*Barriere zu Punkt b*)

10.4.1.4 Deponieoberflächenabdichtungssysteme

b) Deponieklasse 2



Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Funktionen der Ausgleichsschicht

- Bestehend aus nicht bindigem Material (z.B. HMV-Asche)
- Ausgleich ggf. vorhandener Profilunregelmäßigkeiten des Deponiekörpers
- Trag- und Arbeitsschicht für das Aufbringen der restlichen Schichten des Dichtungssystems
- Schutz des Dichtungssystems gegen Durchdringungen aus dem Abfallkörper

ggf. Gasdränschicht

- Erforderlich, falls nennenswerte Mengen Deponiegas anfallen
- Mindestdicke 0,30 m
- Kalziumcarbonatanteil < 10%

Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Funktionen der Kombinationsdichtung

Mineralische Dichtungsschicht

- Zweite Dichtung nach Kunststoffdichtungsbahn gegenüber eindringendem Niederschlagswasser
- Mächtigkeit $\geq 0,50$ m, zweilagiger Einbau
- Durchlässigkeit $\leq 5 \cdot 10^{-9}$ m/s
- Entsprechend ihren Materialeigenschaften keine Zersetzungerscheinungen
- Dauerhaft wirksam, auch über die Lebensdauer der Kunststoffdichtungsbahn hinaus
- „Selbstheilung“ durch Tonbestandteile und deren Quellwirkung bei Wasserzutritt

Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Funktionen der Kombinationsdichtung

Kunststoffdichtungsbahn (KDB)

- Verhinderung der Konvektion von Gas und Wasser
- Schutz der mineralischen Dichtungsschicht vor Austrocknen und Durchwurzelung
- Dicke 2,5 mm
- Eignungsbeleg durch Zulassung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Lebensdauer und Schutzwirkung für die mineralische Dichtungsschicht zeitlich begrenzt
- Im Laufe der Zeit Zunahme der Versprödung und Rissbildung

Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Funktionen der Entwässerungsschicht

- Lateraler Abfluss von versickertem Niederschlagswasser
- Vermeidung von Wasserstau oberhalb der Dichtungsschicht
- Verhinderung von kapillarem Wasseraufstieg aus der mineralischen Dichtungsschicht
grobkörniges Material $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
- Schutz der Dichtung gegen Durchwurzelung und Wühltätigkeit von Nagetieren
- Filterstabil gegenüber Rekultivierungsschicht

Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Funktionen der Rekultivierungsschicht

- Abschluss des Deponiekörpers gegenüber der Umwelt
- Bildung eines Substrates für den vorgesehenen Bewuchs
- Schutz der Dichtungsschichten vor Austrocknung, Durchwurzelung, Temperaturschwankungen, Frost
- Schutz gegen Wühltiere
- Schutz vor Wasser- und Winderosion
- Mächtigkeit $\geq 1,00$ m

Deponieoberflächenabdichtung



Deponieoberflächenabdichtung



Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Alternativen

- Die TASI bzw. DepV erlaubt die Herstellung von alternativen Oberflächenabdichtungssystemen, falls die Gleichwertigkeit nachgewiesen wird.
- Austausch einzelner Komponenten
- Austausch des kompletten Regeldichtungssystems

Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

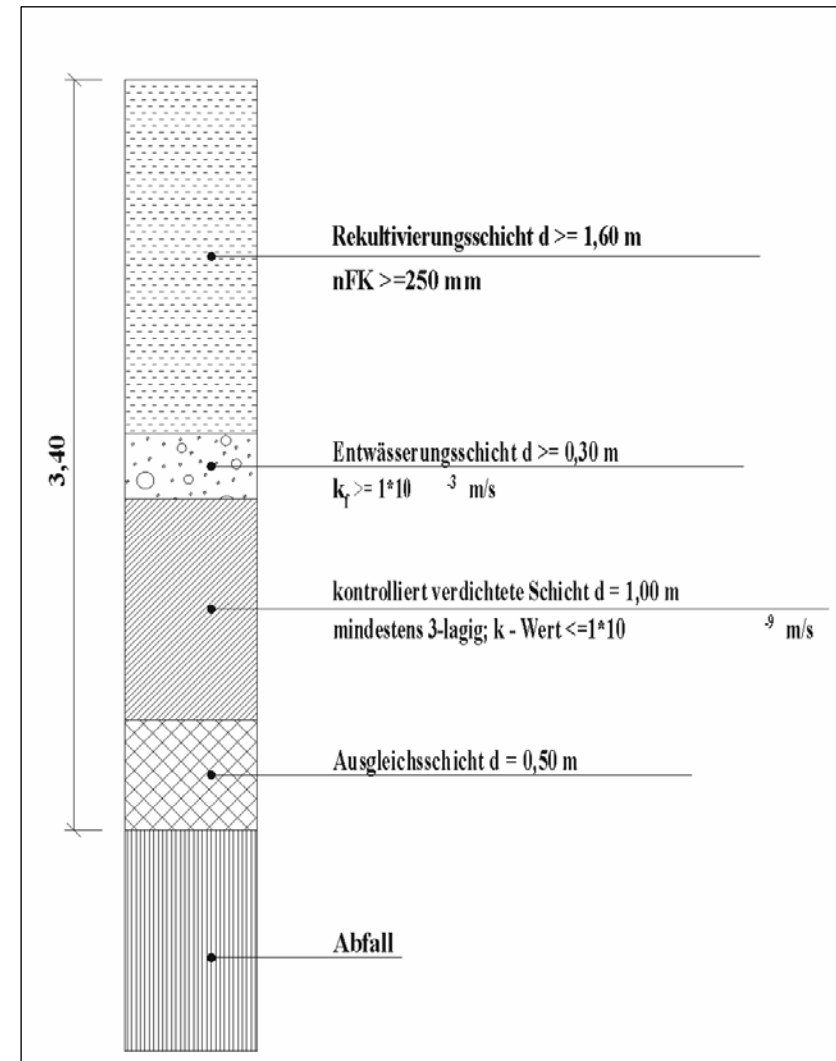
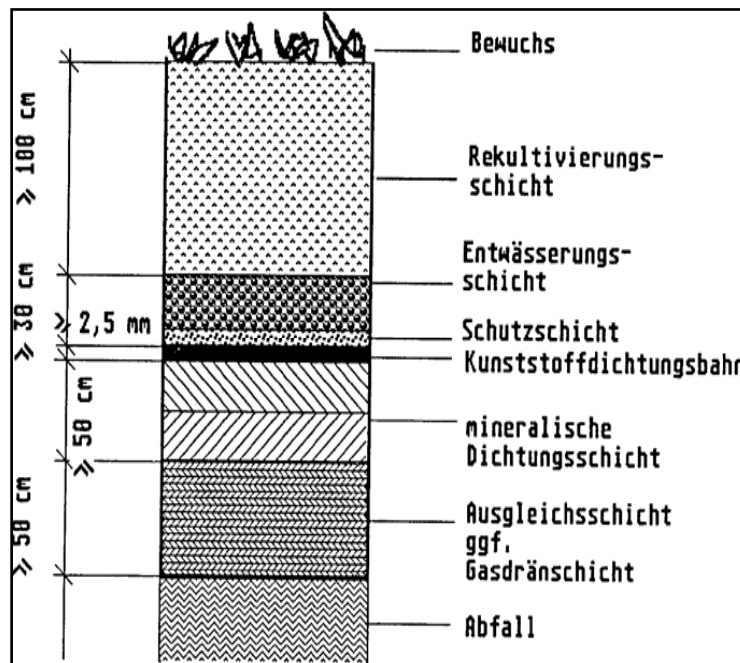
Alternativen für Kombinationsdichtungen

- Mineralische Dichtungen anderer Dimensionierung
- Bentonitmatten, Geosynthetische Tondichtungsbahn
- Wasserglasvergütete Mineralgemische (Alkalisilikate)
- CHEMOTON (Dynagrout-Hydrosilikagel-vergütetes Mineralgemisch)
- Bentokies (gemischtkörnige Böden + Tonmehle)
- Trisoplast (Gemisch aus Sand, Bentonit, Polymer)
- Deponieasphalt (Tragschicht 8 cm + Dichtungsschicht 2x6 cm)
- Kapillarsperre
- Wasserhaushaltsschicht

Recht

Oberflächenabdichtungssystem nach TASI

Alternativen



Oberflächenabdichtungen nach TASI

Schwierigkeiten von Oberflächenabdichtungssystemen

- Technisches Bauwerk mit begrenzter Haltbarkeit
- Einkapselung des Abfallkörpers
- Zutritt von Niederschlagswasser wird verhindert
- Abbau- und Auswaschprozesse von Schadstoffen erliegen
- Schadstoff- und Gefährdungspotential bleibt erhalten
- Die Folge:
Die Deponie kann nicht aus der Nachsorge entlassen werden!

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.6 Betrieb (*Barriere zu Punkt c*)

10.6.4.1 Einbau der Abfälle

- a) Der Deponiekörper ist so aufzubauen, dass keine nachteiligen Reaktionen der Abfälle untereinander oder mit dem Sickerwasser erfolgen. Erforderlichenfalls sind getrennt entwässerte Bereiche für verschiedene Abfallarten vorzuhalten.
- b) Grundsätzlich ist anzustreben, den Deponiekörper abschnittsweise so aufzubauen, dass eine möglichst zügige Verfüllung der einzelnen Abschnitte erfolgt und das Deponieoberflächenabdichtungssystem eingebaut werden kann.
- c) Die auf dem Deponiegelände vorgehaltenen Maschinen sollen in der Regel eine unverzügliche Ablagerung und einen verdichteten Einbau der angelieferten Abfälle ermöglichen. Der Einbau hat so zu erfolgen, dass langfristig nur geringe Setzungen des Deponiekörpers zu erwarten sind.

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

10 Besondere Anforderungen an Deponien

10.6 Betrieb (*Barriere zu Punkt c*)

10.6.4.1 Einbau der Abfälle

- d) Der Deponiekörper ist so aufzubauen, dass seine Stabilität nach Nummer 10.5 sichergestellt ist. (Stabilität des Deponiekörpers)
- e) Die Abfälle sind hohlraumarm und verdichtet einzubauen.
- f) Abfälle sind so einzubauen, dass von ihnen keine erheblichen Emissionen ausgehen.
- g) Abfälle, die von sich aus, in Verbindung mit Wasser oder durch Reaktionen mit anderen Abfällen exotherm reagieren können, sind so einzubauen, dass sie die Funktion der Deponiebasis nicht beeinträchtigen.

45 Tonnen Kompaktor zum Verdichten der Abfälle



Recht

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

Anhang B

Zuordnungskriterien für Deponien (*Barriere zu Punkt d*)

Durch die Einhaltung der Zuordnungswerte nach Anhang B soll insbesondere erreicht werden, dass sich praktisch kein Deponiegas entwickelt, die organische Sickerwasserbelastung sehr gering ist und nur geringfügige Setzungen als Folge eines biologischen Abbaus von organischen Anteilen in den abgelagerten Abfällen auftreten.

Recht

Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)

Anhang B Zuordnungskriterien für Deponien nach TASi

(Anforderungen an
abzulagernde Abfälle)

Folge:

Kriterien zum oTS
erlauben nur noch
eine thermische
Vorbehandlung
(Verbrennung) der
abzulagernden
Siedlungsabfälle

⇒ **MBA Kriterien in
AbfAbIV, 2001**

Anhang B

Zuordnungskriterien für Deponien

Bei der Zuordnung von Abfällen zu Deponien sind die folgenden Zuordnungswerte, denen die im Anhang A genannten oder gleichwertige Analyseverfahren zugrunde liegen, einzuhalten:

Nr.	Parameter	Zuordnungswerte	
		Deponieklasse I	Deponieklasse II
1	Festigkeit¹⁾		
1.01	Flügelscherfestigkeit	≥ 25 kN/m ²	≥ 25 kN/m ²
1.02	Axiale Verformung	≤ 20%	≤ 20%
1.03	Einaxiale Druckfestigkeit	≥ 50 kN/m ²	≥ 50 kN/m ²
2	Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz²⁾		
2.01	bestimmt als Glühverlust	≤ 3 Masse-%	≤ 5 Masse-% ³⁾
2.02	bestimmt als TOC	≤ 1 Masse-%	≤ 3 Masse-%
3	Extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz	≤ 0,4 Masse-%	≤ 0,8 Masse-%
4	Eluatkriterien		
4.01	pH-Wert	5,5—13,0	5,5—13,0
4.02	Leitfähigkeit	≤ 10000 μS/cm	≤ 50000 μS/cm
4.03	TOC	≤ 20 mg/l	≤ 100 mg/l
4.04	Phenole	≤ 0,2 mg/l	≤ 50 mg/l
4.05	Arsen	≤ 0,2 mg/l	≤ 0,5 mg/l
4.06	Blei	≤ 0,2 mg/l	≤ 1 mg/l
4.07	Cadmium	≤ 0,05 mg/l	≤ 0,1 mg/l
4.08	Chrom-VI	≤ 0,05 mg/l	≤ 0,1 mg/l
4.09	Kupfer	≤ 1 mg/l	≤ 5 mg/l
4.10	Nickel	≤ 0,2 mg/l	≤ 1 mg/l
4.11	Quecksilber	≤ 0,005 mg/l	≤ 0,02 mg/l
4.12	Zink	≤ 2 mg/l	≤ 5 mg/l
4.13	Fluorid	≤ 5 mg/l	≤ 25 mg/l
4.14	Ammonium-N	≤ 4 mg/l	≤ 200 mg/l
4.15	Cyanide, leicht freisetzbar	≤ 0,1 mg/l	≤ 0,5 mg/l
4.16	AOX	≤ 0,3 mg/l	≤ 1,5 mg/l
4.17	Wasserlöslicher Anteil (Abdampfrückstand)	≤ 3 Masse-%	≤ 6 Masse-%

Recht

EG Deponierichtlinie

- Anforderungen an die Geologische Barriere gestellt (Anhang I), aber Ersatz durch "künstliche geologische Barriere,, möglich
- Eine Basisabdichtung mit Entwässerungsschicht wird gefordert.
- Ein Oberflächenabdichtung wird nur gefordert, wenn die zuständige Behörde zu der Auffassung gelangt, dass dies erforderlich ist.
- Anforderungen an die abzulagernden Abfälle werden in der EG-Deponierichtlinie nur verbal gestellt. Zuordnungskriterien sind nicht festgelegt. Sie sollen von einem Technischen Ausschuß innerhalb von zwei Jahren erarbeitet werden.
- Festlegung von 3 Deponieklassen
 - Deponien für Inertabfälle entspricht formell Deponieklasse I
 - Deponien für nicht gefährliche Abfälle entspricht formell Deponieklasse II
 - Deponien für gefährliche Abfälle entspricht formell Deponieklasse III (Deponien für gefährliche Abfälle gemäß TA Abfall)

Recht

EG Deponierichtlinie

Strategie der EG-Deponierichtlinie (1999)

- spätestens fünf Jahre nach der Umsetzung muss die zu deponierende Menge biologisch abbaubarer Siedlungsabfälle auf 75 Gew.-% der Gesamtmenge der biologisch abbaubaren Siedlungsabfälle verringert werden, die 1995 erzeugt wurde
 - spätestens acht Jahre danach auf 50 Gew.-% der Gesamtmenge
 - spätestens fünfzehn Jahre danach auf 35 Gew.-% der Gesamtmenge
- ⇒ Keine genauen Zuordnungskriterien an den abzulagernden Abfall
- ⇒ Keine verbindliche Vorgehensweise zur Erreichung dieser Ziele
- Sie muß bis zum 15.7.2001 in Form einer Verordnung in deutsches Recht umgesetzt werden.

Recht

Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV)

- „Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV)“
- Ausfertigungsdatum: 20.02.2001
- § 1 Anwendungsbereich
 - (1) Diese Verordnung gilt für
 1. Ablagerung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, auf Deponien und
 2. Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, zum Zweck der Einhaltung der Deponiezuordnungskriterien
 - (2) Diese Verordnung gilt für
 1. Betreiber und Inhaber von Deponien (Deponiebetreiber),
 2. Betreiber von Anlagen zur Behandlung von Siedlungsabfällen und Abfällen im Sinne von § 2 Nr. 2 und
 3. Besitzer von Siedlungsabfällen und Abfällen im Sinne von § 2 Nr. 2 zur Beseitigung.
 - (3) Diese Verordnung gilt nicht für private Haushaltungen.
- Unterscheidung in Deponieklasse 1 (DK 1) und Deponieklasse 2 (DK2)

Recht

AbfAbIV

Zuordnungswerte
für den
abzulagernden
Abfall – ohne
Berücksichtigung
von mechanisch-
biologisch
vorbehandelten
Abfällen (MBA)

Entspricht
weitestgehend den
Anforderungen der
TASi

Nr.	Parameter	Zuordnungswerte	
		Deponieklasse I	Deponieklasse II
1	Festigkeit¹⁾		
1.01	Flügelscherfestigkeit	≥ 25 kN/m ²	≥ 25 kN/m ²
1.02	Axiale Verformung	≤ 20%	≤ 20%
1.03	Einaxiale Druckfestigkeit	≥ 50 kN/m ²	≥ 50 kN/m ²
2	Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz²⁾³⁾⁴⁾		
2.01	bestimmt als Glühverlust	≤ 3 Masse%	≤ 5 Masse-% ⁵⁾¹²⁾
2.02	bestimmt als TOC	≤ 1 Masse%	≤ 3 Masse-% ⁵⁾¹²⁾
3	Extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz⁶⁾	≤ 0,4 Masse%	≤ 0,8 Masse%
4	Eluatkriterien		
4.01	pH-Wert ⁷⁾	5,5-13,0	5,5-13,0
4.02	Leitfähigkeit	≤ 10 000 µS/cm	≤ 50 000 µS/cm
4.03	DOC ⁸⁾	≤ 50 mg/l ⁹⁾	≤ 80 mg/l ¹⁰⁾
4.04	Phenole	≤ 0,2 mg/l	≤ 50 mg/l
4.05	Arsen	≤ 0,2 mg/l	≤ 0,2 mg/l ¹¹⁾
4.06	Blei	≤ 0,2 mg/l	≤ 1 mg/l
4.07	Cadmium	≤ 0,05 mg/l	≤ 0,1 mg/l
4.08	Chrom(VI)	≤ 0,05 mg/l	≤ 0,1 mg/l ¹²⁾
4.09	Kupfer	≤ 1 mg/l	≤ 5 mg/l
4.10	Nickel	≤ 0,2 mg/l	≤ 1 mg/l
4.11	Quecksilber	≤ 0,005 mg/l	≤ 0,02 mg/l
4.12	Zink	≤ 2 mg/l	≤ 5 mg/l
4.13	Fluorid	≤ 5 mg/l	≤ 15 mg/l ¹³⁾
4.14	Ammoniumstickstoff	≤ 4 mg/l	≤ 200 mg/l
4.15	Cyanide, leicht freisetzbar	≤ 0,1 mg/l	≤ 0,5 mg/l
4.16	AOX	≤ 0,3 mg/l	≤ 1,5 mg/l
4.17	Wasserlöslicher Anteil (Abdampfrückstand) ¹⁴⁾	≤ 3 Masse%	≤ 6 Masse%
4.18	Barium	≤ 5 mg/l ¹⁵⁾	≤ 10 mg/l ¹⁵⁾
4.19	Chrom, gesamt	≤ 0,3 mg/l ¹⁵⁾	≤ 1 mg/l ¹⁵⁾
4.20	Molybdän	≤ 0,3 mg/l ¹⁵⁾	≤ 1 mg/l ¹⁵⁾
4.21	Antimon	≤ 0,03 mg/l ¹⁵⁾	≤ 0,07 mg/l ¹⁵⁾
4.22	Selen	≤ 0,03 mg/l ¹⁵⁾	≤ 0,05 mg/l ¹⁵⁾
4.23	Chlorid ¹⁴⁾	≤ 1 500 mg/l ¹⁵⁾	≤ 1 500 mg/l ¹⁵⁾
4.24	Sulfat ¹⁴⁾	≤ 2 000 mg/l ¹⁵⁾	≤ 2 000 mg/l ¹⁵⁾

Recht

AbfAbIV

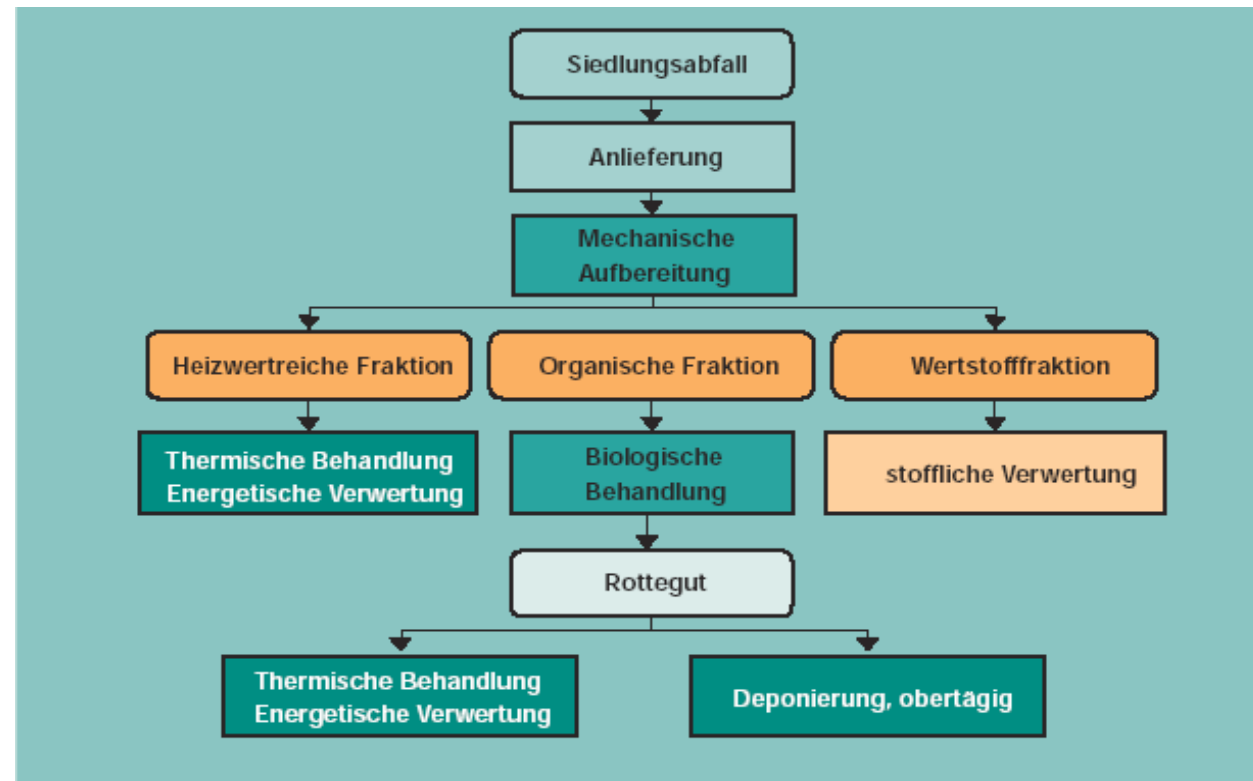
Zuordnungs-
werte an den
abzulagernden
Abfall bei
mechanisch-
biologisch
vorbehandelten
Abfällen (MBA)

Neu: MBA bei
DK 2 möglich

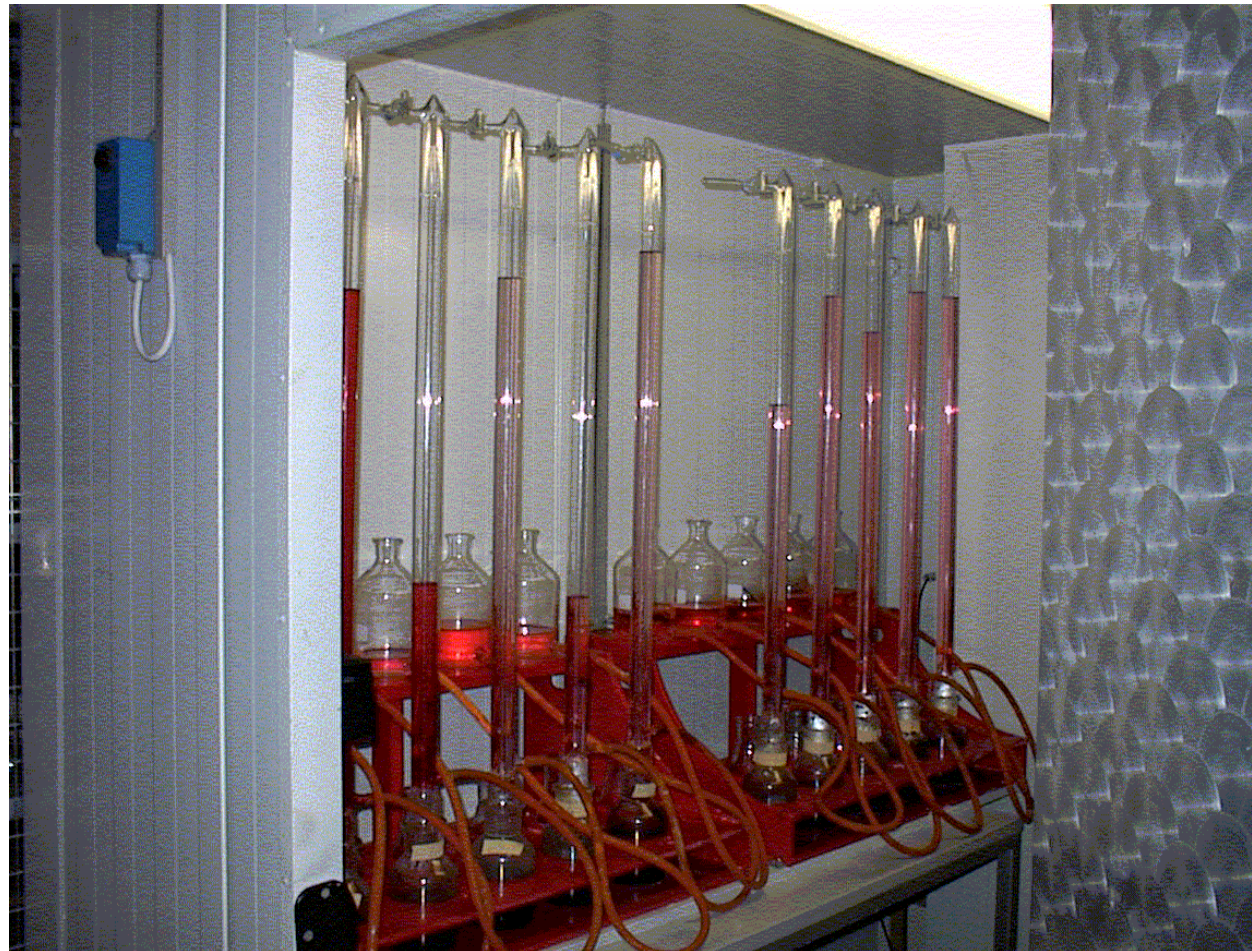
Nr.	Parameter	Zuordnungswerte
1	Festigkeit ¹⁾	
2	Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz ²⁾ bestimmt als TOC	≤ 18 Masse%
3	Extrahierbare lipophile Stoffe der Originalsubstanz	≤ 0,8 Masse%
4	Eluatkriterien	
4.01	pH-Wert	5,5-13,0
4.02	Leitfähigkeit	≤ 50 000 µS/cm
4.03	DOC	≤ 300 mg/l
4.04	Phenole	≤ 50 mg/l
4.05	Arsen	≤ 0,5 mg/l
4.06	Blei	≤ 1 mg/l
4.07	Cadmium	≤ 0,1 mg/l
4.08	Chrom(VI)	≤ 0,1 mg/l
4.09	Kupfer	≤ 5 mg/l
4.10	Nickel	≤ 1 mg/l
4.11	Quecksilber	≤ 0,02 mg/l
4.12	Zink	≤ 5 mg/l
4.13	Fluorid	≤ 25 mg/l
4.14	Ammoniumstickstoff	≤ 200 mg/l
4.15	Cyanide, leicht freisetzbar	≤ 0,5 mg/l
4.16	AOX	≤ 1,5 mg/l
4.17	Wasserlöslicher Anteil (Abdampfrückstand)	≤ 6 Masse%
5	Biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz bestimmt als Atmungsaktivität (AT ₄) oder bestimmt als Gasbildungsrate im Gärtest (GB ₂₁)	≤ 5 mg /g ³⁾ ≤ 20 l/kg ⁴⁾
6	Brennwert (H ₀) ²⁾	≤ 6 000 kJ/kg

Mechanisch- biologische Vorbehandlung

Aufbereitung oder Umwandlung von Siedlungsabfällen oder anderen Abfällen mit biologisch abbaubaren organischen Anteilen durch mechanische oder physikalische Verfahren einschließlich z.B. Zerkleinern oder Sortieren oder biologische Verfahren (Rotte, Vergärung) oder Kombinationen dieser Verfahren.



Gasbildungspotential GB_{21}



Recht

Deponieverordnung (DepV)

- „Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV)
- Ausfertigungsdatum: 24.07.2002
- § 2 Begriffsbestimmungen

Deponie der Klasse 0 (Deponieklasse 0, DK 0):
Oberirdische Deponie für Inertabfälle

Deponie der Klasse 1 (Deponieklasse 1, DK 1):
Oberirdische Deponie nach § 2 Nr. 8 der AbfAbIV

Deponie der Klasse 2 (Deponieklasse 2, DK 2):
Oberirdische Deponie nach § 2 Nr. 9 der AbfAbIV

Deponie der Klasse 3 (Deponieklasse 3, DK 3):
Oberirdische Deponie für Abfälle, die einen höheren Anteil an Schadstoffen enthalten als die, die auf einer Deponie der Klasse 2 abgelagert werden dürfen

Deponie der Klasse 4 (Deponieklasse 4, DK 4):
Untertagedeponie

Recht

AbfAbIV und DepV

Anforderungen an den abzulagernden Abfall

Seit dem **1.6.2005**

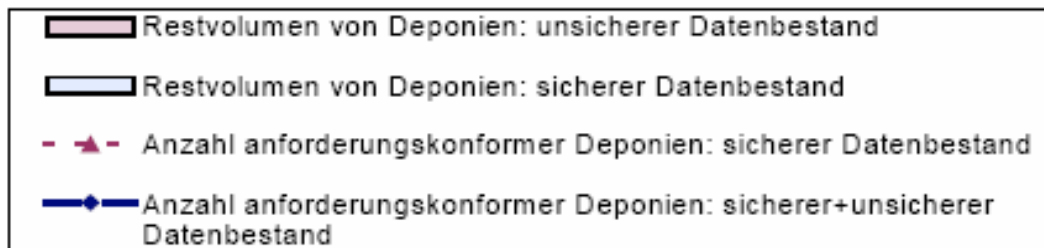
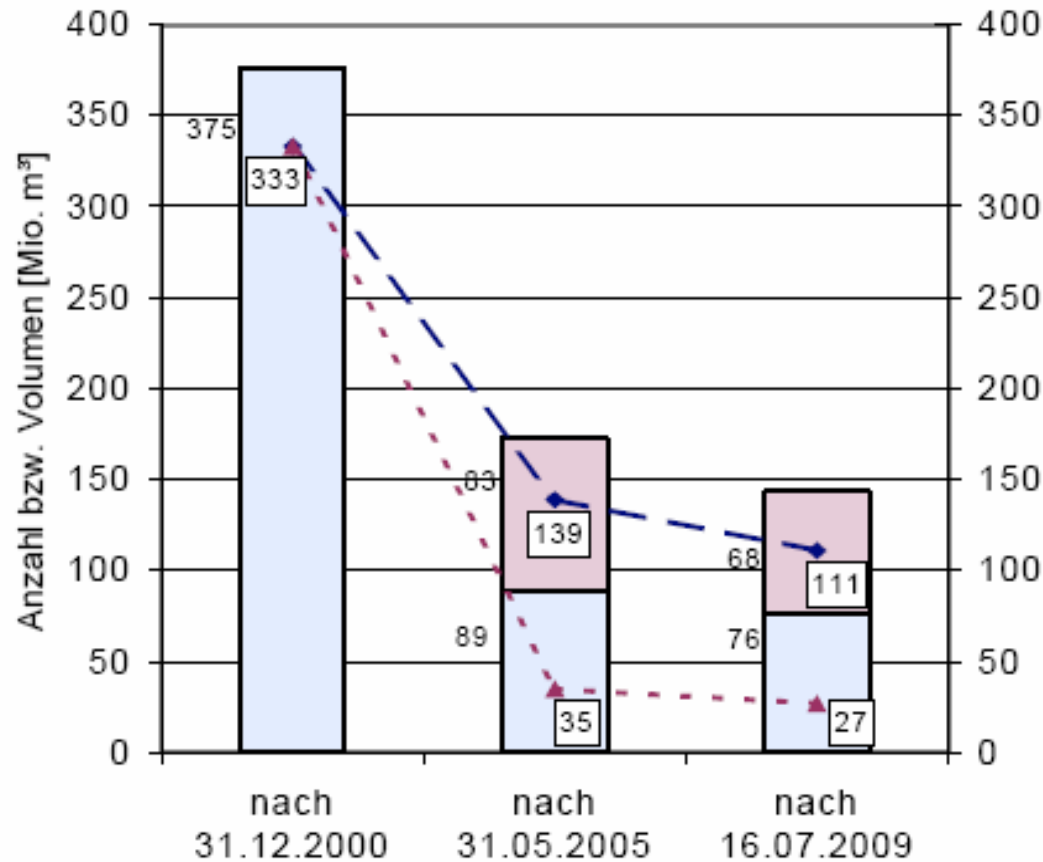
ist die Ablagerung unvorbehandelter Siedlungsabfälle nicht mehr erlaubt. Durch die zwingende Behandlung von Hausmüll (thermisch oder mechanisch-biologisch) wird die Ablagerungsmenge drastisch reduziert, so dass zukünftig nur noch ein Teil des bisher verfügbaren Deponievolumens benötigt wird.

Ab dem **15.7.2009**

dürfen Altdeponien bzw. Altdeponieabschnitte nur noch weiter betrieben werden, wenn sie in vollem Umfang dem Stand der Technik entsprechen und auch die Standortvoraussetzungen einschließlich der geologischen Barriere die entsprechenden Schutzziele erreichen lassen. Altdeponien, die durch technische Maßnahmen nicht an den Stand der Technik angepasst werden können, müssen bis zu diesem Stichtag ihren Ablagerungsbetrieb einstellen.

Recht

Restvolumen 12/2000 und Anzahl Deponien mit Weiterbetriebmöglichkeit



Auswirkungen
der TASI,
AbfAbIV und
DepV auf
Deponie-
anzahl und
-volumen

Recht

Integrierte Deponieverordnung (Entwurf)

- Probleme bei der TASI, AbfAbIV, DepV, etc.:
häufige Querverweise untereinander
⇒ neu: integrierte Deponieverordnung (ab 2007)

§ 33

Aufhebung von Vorschriften

Am [Datum des Inkrafttretens der Verordnung] werden nachfolgende Verordnungen und Verwaltungsvorschriften aufgehoben:

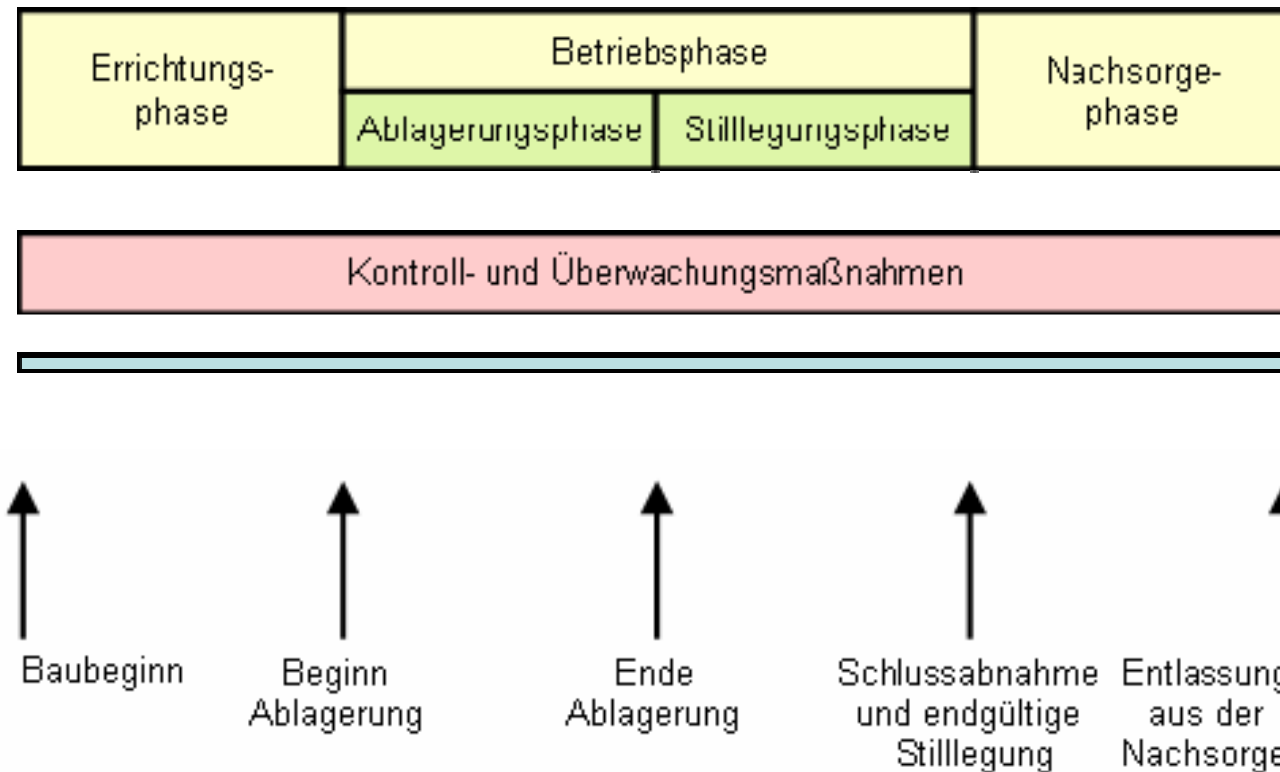
1. DepV
2. AbfAbIV
3. DepVerwV
4. TAA
5. TASI
6. 1. a. VwV zum Grundwasserschutz

§ 34

Inkrafttreten

Die Verordnung tritt am [2 Monate] nach Veröffentlichung in Kraft.

KrW-/AbfG Begriffsbestimmungen



KrW-/AbfG Begriffsbestimmungen

Errichtungsphase

Maßnahmen und Voraussetzungen für die Inbetriebnahme einer Deponie wie insbesondere die ggf. erforderliche technische Nachbesserung der geologischen Barriere, den Bau der Deponiebasisabdichtungssysteme, Sickerwasser- und Deponiegasentsorgung, Einrichtung von Deponieabschnitten, Beschickungseinrichtungen.

Betriebsphase

Zeitraum von der Abnahme der für den Betrieb einer Deponie erforderlichen Einrichtungen durch die zuständige Behörde (Überwachungsbehörde) bis zur Feststellung der endgültigen Stilllegung. Die Betriebsphase umfasst die Ablagerungs- und die Stilllegungsphase.

KrW-/AbfG Begriffsbestimmungen

Ablagerungsphase

Zeitraum von der Abnahme der für den Betrieb einer Deponie erforderlichen Einrichtungen durch die zuständige Behörde (Überwachungsbehörde) bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Ablagerung von Abfällen zur Beseitigung auf einer Deponie beendet wird.

Stilllegungsphase

Zeitraum vom Ende der Ablagerungsphase bis zur endgültigen Stilllegung der Deponie, in dem die Rekultivierungsmaßnahmen und sonstigen Vorkehrungen, die zum Schutz des Wohles der Allgemeinheit erforderlich sind, durchgeführt werden. Am Ende der Stilllegungsphase steht die Schlussabnahme.

KrW-/AbfG Begriffsbestimmungen

Nachsorgephase

Zeitraum nach der endgültigen Stilllegung einer Deponie bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die zuständige Behörde den Abschluss der Nachsorge feststellt.



Anforderungen an die Deponie und den Betreiber (Zusammenfassung)

- Geologische und Hydrogeologische Standortanforderungen
- Deponiebasisabdichtungssysteme
- Anforderungen an den Abfall/den Deponiekörper
- Deponieoberflächenabdichtung
- Deponiegasentstehung, Fassung und Behandlung
- Deponiesickerwasserentstehung, Fassung und Behandlung
- Anforderungen an den Betrieb der Deponie
- Anforderungen in der Stilllegungs- und Nachsorgephase der Deponie

Verwendete Quellen

- Entsorgung von Siedlungsabfällen auf Thüringer Deponien, Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, pdf Datei, 2007
- VDI 3790 Blatt 2, 2000
- Tabasaran, O.: Abfallwirtschaft Abfalltechnik, Ernst & Sohn Verlag, 1995
- Bilitewski, B. et al.: Abfallwirtschaft –Handbuch für Praxis und Lehre, Springer Verlag, 2000
- Stief, K.: Die Europäische Deponierichtlinie und die TA Siedlungsabfall - Fortentwicklung oder Unvereinbarkeit?, Berlin
- AbfAbIV, 2007
- DepV, 2001
- TAsi, 1993