

## Kostenwirksamkeitsbetrachtungen bei der Auswahl geeigneter Oberflächenabdichtungen

Vorstellung einer Software für Behörden, Betreiber und Planer

Prof. Dipl.-Ing. Manfred Kilchert  
HTWK Leipzig

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

1

## Programm Deponie V2



- Entwicklung:
  - Landesamt für Umweltschutz Sachsen Anhalt
  - Fachgebietes Geotechnik der HTWK Leipzig
- Programmtechnische Umsetzung
  - Robert Härtwig und Matthias Thurm

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

2

## Programmziel

- Durchführung von Wirksamkeits- und Wirtschaftlichkeitsbewertungen für alternative Oberflächenabdichtungssysteme (OFA)
- Entscheidungshilfe für Behörden, Planer und Deponiebetreibern bei der Auswahl eines standortgerechten Oberflächenabdichtungssystems (OFA)
  - Es soll in einer frühen Planungsphase ein relativ einfacher Vergleich verschiedener in Frage kommender Abdichtungssysteme ermöglicht werden.
  - Dabei sind einerseits die deponie- und standortspezifischen Anforderungen und andererseits die Eigenschaften (Wirksamkeit) und die jeweiligen Kosten zum Vergleich stehenden Abdichtungssysteme zu beachten
- Erstellung einer Bestands-Datenbank ausgeführter Deponieoberflächenabdichtungen (OFA) als Datengrundlage für die Kosten-Wirksamkeits-Bewertung

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

3

## Bewertungsstrategien

- Wirksamkeitsanalyse (= Nutzwertanalyse)
  - Dabei wird durch Bewertung von Wirksamkeitskriterien für jede im Vergleich stehende OFA eine Wirksamkeitszahl WZ ermittelt
- Kosten-Wirksamkeits-Analyse (= Kosten-Nutzen-Analyse)
  - Für jede im Vergleich befindliche OFA wird die Kostenwirksamkeitszahl KWZ durch Division der jeweiligen Wirksamkeitszahl WZ durch die jeweiligen Kosten K in €/m<sup>2</sup> OFA nach der Beziehung

$$KWZ = \frac{WZ}{K} \cdot 100 \quad \text{berechnet.}$$

Am günstigsten ist die OFA bewertet für die sich der größte KWZ-Wert (bzw. der WZ-Wert bei der Nutzwertanalyse) ergibt.

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

4

**Wirksamkeitskriterien**  
Die der Bewertung zugrunde gelegten Wirksamkeitskriterien entsprechen den vom Institut für Bautechnik DIBt in „Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen“ definierten „maßgebenden Leistungen von Deponieabdichtungen. Sie bestehen aus **Haupt- und Unterkriterien**.

**Gewichtungswerte g**  
 ---- g=0 Kriterium hat keine Bedeutung  
 o g=1 hat geringe Bedeutung  
 oo g=2 hat mittlere Bedeutung  
 ooo g=3 hat große Bedeutung  
 oooo g=4 hat sehr große Bedeutung

**Zielertragswerte z**  
 ---- z=0 Abdichtungssystem erfüllt dieses Kriterium überhaupt nicht  
 o z=1 erfüllt es in geringem Maße  
 oo z=2 erfüllt es durchschnittlich  
 ooo z=3 erfüllt es gut  
 oooo z=4 erfüllt es sehr gut

1) Beispiele

Wirksamkeitskriterien	Gewichtungswerte g für die Deponie	Zielertragswerte z	
		Trisoplast (Köthen) 1	Kapillarsperre (Penig) 1
<b>Herstellbarkeit</b>	<b>ooo</b>	<b>ooo</b>	<b>ooo</b>
--- Einbaubarkeit	ooo	oooo	oooo
--- mechanische Empfindlichkeit	oooo	ooo	ooo
--- Witterungsempfindlichkeit	oooo	ooo	ooo
--- Anschlüsse und Durchdringungen	ooo	oo	oo
--- Prüfbarkeit	oo	oo	oo
--- Reparierbarkeit	oo	ooo	ooo
<b>Dichtigkeit</b>	<b>ooo</b>	<b>ooo</b>	<b>ooo</b>
--- Konvektionsverhalten	oooo	ooo	oooo
--- Durchtrittszeit	oooo	ooo	oooo
--- Durchflussrate	oooo	oooo	oooo
--- Diffusionsverhalten	oo	ooo	oo
--- Induktionszeit	o	oo	oo
--- Permeationsrate	oo	oo	oo
--- Sorptionsverhalten	o	o	----
<b>Mechanische Widerstandsfähigkeit</b>	<b>ooo</b>	<b>ooo</b>	<b>oooo</b>
--- Verformungssicherheit	ooo	ooo	oooo
--- hydraulische Widerstandsfähigkeit	ooo	ooo	ooo
<b>Beständigkeit</b>	<b>oo</b>	<b>ooo</b>	<b>oo</b>
--- gegenüber chemischer Einwirkung	oo	ooo	oo
--- gegenüber physikalischer Einwirkung	ooo	oo	ooo
--- gegenüber biologischer Einwirkung	oo	ooo	oo

**Gewichtungswerte g**

Die Gewichtungswerte g = 0 bis 4 geben an, welches Gewicht dem jeweiligen Wirksamkeitskriterium für die Deponie beigemessen wird.

Gewichtungszahlen können für Haupt- und Unterkriterien unabhängig voneinander vergeben werden.

**Zielertragswerte z**

Die Zielertragswerte z = 0 bis 4 sind jeweils nur für die untersten Kriterien festzulegen. Sie geben an, in welchem Maße das jeweilige OFA-System an der Erfüllung der Wirksamkeitskriterien beitragen kann.

Die Zielertragszahlen  $z_{i-1,j}$  für die übergeordneten Kriterien bzw. Hauptkriterien errechnen sich dabei jeweils nach der folgenden Gleichung:

$$z_{i-1,j} = \frac{\sum_{k=1}^{k_{max}} (z_k \cdot g_k)}{\sum_{k=1}^{k_{max}} g_k}$$

i = Ebene in der hierarchischen Gliederung der Kriterien  
 j = Kriterium der ranghöheren Ebene  
 k = Nummer des Kriteriums in der rangniedrigeren Ebene  
 $k_{max}$  = Anzahl der Kriterien in der rangniedrigeren Ebene

**Wirksamkeitszahl WZ**

Aus den berechneten Zielertragswerten  $z_{1k}$  für die 4 Hauptkriterien ( Herstellbarkeit, Dichtigkeit, mechanische Widerstandsfähigkeit, Beständigkeit) wird die Wirksamkeitszahl WZ berechnet und auf eine ganze Zahl gerundet:

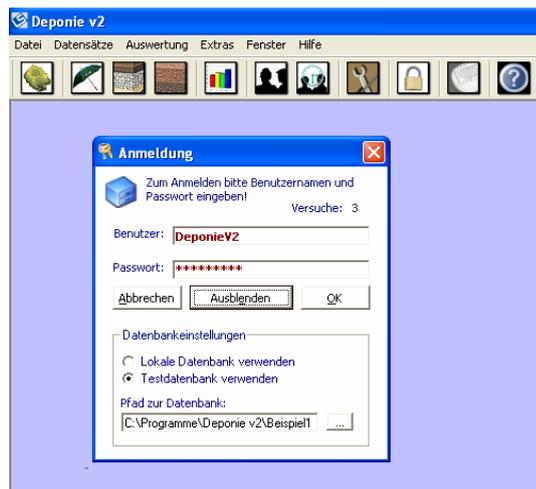
$$WZ = 25 \cdot \frac{\sum_{k=1}^4 (z_{1k} \cdot g_{1k})}{\sum_{k=1}^4 g_{1k}}$$

Für die so ermittelte Wirksamkeitszahl ergibt sich eine ganze Zahl zwischen 0 (schlechtester Wert) und 100 (Bestwert).

**Kostenwirksamkeitszahl KWZ**

Die Kostenwirksamkeitszahl KWZ erhält man durch Division der des 100-fachen Wirksamkeitszahl WZ durch die Kosten K in €/m<sup>2</sup> OFA:

$$KWZ = \frac{WZ}{K} \cdot 100$$



**Deponie V2**

Programmeinstieg:  
Bildschirmarschnitt

Das Programm arbeitet mit einer Anbindung an eine MS Access-Datenbank

**Programmfunktionen (Menüpunkte)**  
**Übersicht**

Symbol (Icon)	Programmfunktionen (Menüpunkte)
	<b>Deponien</b> Deponiedaten Einsehen, Ändern, Hinzufügen oder Löschen
	<b>Abdichtungssysteme</b> Einsehen, Ändern, Hinzufügen oder Löschen von Einzelschichten, Schichtaufbauten und Abdichtungssystemen
	<b>Auswertung</b> Starten, Einsehen und Speichern der Auswertung
	<b>Benutzer</b> Einsehen und Verwalten der Benutzer und Benutzerkonten sowie Login History
	<b>Einstellungen</b> Einsehen und Ändern von Einstellungen und Optionen
	<b>Sperren</b> Sperren der Anwendung
	<b>Tastatur Shortcuts</b> Einsehen verwendbarer Tastenkürzel
	<b>Über das Programm</b> Informationen über das System

19./20. Febr. 2008      4. Leipziger Deponiefachtagung      9

**Aufbau zweier ausgeführter OFA-Systeme für einen fiktiven Kosten-Wirksamkeits-Vergleich für den Deponiestandort „Deponie Köthen“**

**Trisoplast-Dichtung**  
Deponie Scherbelberg Köthen

- 30 cm Oberboden
- 70 cm Rekultivierungsschicht
- Geotextil
- 30 cm Entwässerungsschicht
- Geotextil
- 10 cm Trisoplast
- 30 cm Gasdrainschicht
- 20 cm Ausgleichsschicht

**Kapillarsperre**  
(Deponie Penig)

- 200 cm Rekultivierungsschicht
- 40 cm Kapillarschicht
- 30 cm Kapillarblock
- Schutzvlies und KDB
- 10 cm Feinplanum
- 50 cm Ausgleichsschicht

19./20. Febr. 2008      4. Leipziger Deponiefachtagung      10

Eingabemasken für den Deponiestandort und für die Einzelschichten

Datenbestand

- Deponien
- Gewichtung
- Abdichtungssysteme
- Schichtaufbau
- Einzelschichten
- Zielertrag

Deponien						
Deponie	Fläche	1:x	Gasend	Kontakt	Internetseite	Bemerkungen
► Köthen	77000,00 m <sup>2</sup>	3,00	<input checked="" type="checkbox"/>			

Datenbestand

- Deponien
- Gewichtung
- Abdichtungssysteme
- Schichtaufbau
- Einzelschichten
- Zielertrag
- Benutzer
- Erfolgte Log-In's

Einzelschichten						
Schicht	Material	Dicke	Kosten	Balkenfarbe	Vordefini...	Benutzer
► _keine_	keine Angabe	0,00 cm	0,00 €/m <sup>2</sup>	Grün	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Ausgleichsschicht	Bauschuttrcycling ...	20,00 cm	3,90 €/m <sup>2</sup>	Blau	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Ausgleichsschicht	0/32	50,00 cm	6,43 €/m <sup>2</sup>	Blau	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Bentonitmatte Zerbst	Bentofix D	1,00 cm	11,44 €/m <sup>2</sup>	Rot	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Erosionsschutz Zer...	gewebte Strohmatt...	1,00 cm	0,47 €/m <sup>2</sup>	Grün	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Flächendrainage	Kiessand 2/16	30,00 cm	2,86 €/m <sup>2</sup>	Gelb	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Flächendrainage Z...	Kies 16/32	30,00 cm	4,65 €/m <sup>2</sup>	Gelb	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Gas- und Ausgleich...	Sand 0/2	50,00 cm	8,19 €/m <sup>2</sup>	Blau	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Gasdrainschicht	Kiessand 0/16	30,00 cm	2,99 €/m <sup>2</sup>	Türkis	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Geotextil		0,00 cm	1,30 €/m <sup>2</sup>	Dunkelblau	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Geotextil		0,00 cm	0,65 €/m <sup>2</sup>	Dunkelblau	<input type="checkbox"/>	DeponieV2
Gewebe hochfest	Robutex Typ 500	0,50 cm	7,28 €/m <sup>2</sup>	Dunkelblau	<input type="checkbox"/>	DeponieV2

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

11

Deponie v2

Datenbestand

- Deponien
- Gewichtung
- Abdichtungssysteme
- Schichtaufbau
- Einzelschichten
- Zielertrag
- Benutzer
- Erfolgte Log-In's

Schichtaufbau									
Schichtaufbau	Dicke	Kosten	Deckschicht	2. Schicht	3. Schicht	4. Schicht	5. Schicht	6. Schicht	7. Schicht
_kein_	0,00 cm	0,00 €/m <sup>2</sup>	_keine_	_keine_	_keine_	_keine_	_keine_	_keine_	_keine_
Bentonitmatte Zerbst	233,50 cm	51,32 €/m <sup>2</sup>	Erosionssch...	Oberboden...	Reku Zerbst	Trennvlies ...	Flächendrä...	Trennvlies ...	Bentonitma...
Kapillarsperre	320,00 cm	35,46 €/m <sup>2</sup>	Reku	Kapillarschicht	Kapillarblock	Schutzwies	KBO	Ausgleichs...	_keine_
► Trisoplast	190,00 cm	17,03 €/m <sup>2</sup>	Reku	Geotextil	Flächendrai...	Geotextil	Trisoplast	Gasdrains...	Ausgleichs...

**Eingabemaske für die Festlegung des Schichtaufbaus der für den Vergleich verfügbaren OFA-Systeme**

Schichtdicke in cm

Kostenstruktur in €/m<sup>2</sup>

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

12

19./20. Febr.2008

6

Festlegung der Gewichtungswerte für die Deponie Köthen und der Zielertragswerte für die im Vergleich stehenden OFA-Systeme „Trisoplast“ und „Kapillarsperre“

**Datenbestand**

- Deponien
  - Gewichtung
  - Abdichtungssysteme
    - Schichtaufbau
      - Einzelsschichten
      - Zielertrag
  - Benutzer
    - Erfolgte Log-In's

Kriterien	Gewichtung	Zielertrag	Zielertrag
<b>Herstellbarkeit</b>	<b>000</b>	<b>000</b>	<b>000</b>
--- Einbaubarkeit	000	0000	0000
--- mechanische-Empfindlichkeit	0000	000	000
--- Witterungsempfindlichkeit	0000	000	000
--- Anschlüsse-und-Durchdringungen	000	00	00
--- Prüfbarkeit	00	00	00
--- Reparierbarkeit	000	000	000
<b>Dichtigkeit</b>	<b>000</b>	<b>000</b>	<b>000</b>
--- Konvektionsverhalten	0000	000	0000
--- Durchtrittszeit	0000	000	0000
--- Durchflußrate	0000	0000	0000
--- Diffusionsverhalten	00	000	00
--- Induktionszeit	0	00	00
--- Permeationsrate	00	00	00
--- Sorptionsverhalten	0	0	0000
<b>Mechanische-Widerstandsfähigkeit</b>	<b>000</b>	<b>000</b>	<b>0000</b>
--- Verformungssicherheit	000	000	0000
--- hydraulische-Widerstandsfähigkeit	0000	000	0000
<b>Beständigkeit</b>	<b>00</b>	<b>000</b>	<b>00</b>
--- gegenüber-chemischer Einwirkung	00	000	00
--- gegenüber-physikalischer Einwirkung	000	00	0000
--- gegenüber-biologischer Einwirkung	00	000	00

Gewichtung (Wichtungsfaktoren)

Köthen  Köthen

Trisoplast  Kapillarsperre

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

13

Ausgabemaske der ausgewerteten OFA-Systeme

**Auswertung**

- Ausgewertete Systeme
  - Kostenauswertung
    - Bau- & Nachsorge
    - Kostenverlauf
    - Schichtkosten
  - Bauplanung
    - Bauzeit
    - Schichtdicke
  - Wirksamkeitsanalyse
    - Kenntzahlen
    - Verlauf
  - Report

Ausgewertete Systeme										
Abdichtungssystem	Schichtaufbau	Dicke	frei	Kosten	frei	Bauebenk...	Installationen	DIN Faktor	Kosten p.a.	+/- p.a.
Trisoplast	Trisoplast	190,00 cm	<input checked="" type="checkbox"/>	17,03 €/m <sup>2</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €/m <sup>2</sup>	1,3	0,83 €/m <sup>2</sup>	0,00%
Kapillarsperre	Kapillarsperre	320,00 cm	<input type="checkbox"/>	35,46 €/m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	0,00 €/m <sup>2</sup>	0,00 €/m <sup>2</sup>	1,3	0,83 €/m <sup>2</sup>	0,00%

Ausgewertete Deponie						
Deponie	Fläche	1x	Gasend	Kontakt	Internetseite	Bemerkungen
Köthen	77000,00 m <sup>2</sup>	3,00	<input checked="" type="checkbox"/>			

19./20. Febr. 2008

4. Leipziger Deponiefachtagung

14

