

Chimia 48 (1994) 555-559
 © Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft
 ISSN 0009-4293

Abdichtungssystem einer Reststoffdeponie, Entscheidungskriterien und Nutzwertanalyse

Raymond Vouillamoz^{a)}*, Paul Bartek^{a)}, Jürg Bossong^{a)}, Othmar Ledergerber^{b)}, Beat Steinmann^{a)} und Tomas Kahoun^{a)}

Abstract. Within the framework of the restructuring of a dump, an interdisciplinary group was given the task of evaluating various insulation systems such as mineral, bituminous, plastic sheeting and combined mineral/bituminous. They then had to decide upon a system according to the results of their study. The list of criteria and the results of the Economic Value analysis have been more exactly defined and discussed. The combination of mineral insulation (below) and bituminous (above) was recommended and realised.

1. Einleitung

Die Walliser Werke der *Lonza AG* betreiben seit 1923 in Gamsenried, auf dem Gebiet der Gemeinde Brig-Glis, eine Deponie für Produktionsrückstände.

In Anbetracht der Entwicklung der Technik sowie der Natur der Abfälle, die zu deponieren sind, war eine entsprechende Restrukturierung erforderlich [1].

In diesem Zusammenhang wurde der Stadtgemeinde Brig-Glis im November

1988 ein Baugesuch zugestellt. Dieses wurde durch den Gemeinderat im März 1989 genehmigt und der kantonalen Baukommission weitergeleitet. Im September 1989 wurde durch diese Kommission eine entsprechende Baubewilligung erteilt.

2. Vorgehen

Neben den geologischen Gegebenheiten spielt die Abdichtungs-Qualität bzw.

Tab. 3. Einflussgrössen

Kriterien-gruppe	einzelne Kriterien
Kosten	Deponiepreis bzw. Investitionsbetrag für die Sohlabdichtung umgerechnet auf 1 m ³ nutzbaren Deponievolumens.
Termine	Termingarantie (Witterungshängigkeit)
Risiko	Planungsfehler Materialfehler Extreme Witterung (starker Regen, Überschwemmungen, tiefe/hohe Temperaturen usw.) Erdbeben Vandalismus Fehlerhafter Einbau der Abfälle Ungenügender Unterhalt Langzeitverhalten hoher Grundwasserspiegel schlechte Vorbehandlung der Abfälle biologische Einflüsse
Techn. Aspekte	Ausführungsfehler Dichtungskontrolle Frostbeständigkeit UV-Beständigkeit Wärmebeständigkeit Erosionsbeständigkeit Mechanische Einwirkung Anforderung Unternehmer Fugendetail Rohrdurchdringung Basis Entwässerung Ausführung Böschung Übergang Flanke Übergang Trenndamm Trennung Sauberwasser Chemische Einflüsse Klimatische Einflüsse Setzungsempfindlichkeit Wärmeempfindlichkeit Stabilität Einbautechnik

Tab. 1. Minimalvarianten laut TVA

- a) *Mineralische Abdichtung:* Sie muss eine Mindestdicke von 80 cm und einen Durchlässigkeitsbeiwert k von weniger oder gleich $1 \times 10^{-9}/s$ aufweisen und in mindestens drei Schichten eingebaut werden, wobei jede Schicht einzeln verdichtet und vor dem Austrocknen geschützt werden muss.
- b) *Abdichtung aus Asphaltbelag:* Sie muss eine Mindestdicke von 7 cm aufweisen, über einer geeigneten Fundaments- und Binderschicht eingebaut und so verdichtet werden, dass der an einem Probestück bestimmte Hohlraumgehalt höchstens 3% beträgt.
- c) *Abdichtung aus Kunststofffolien:* Sie muss eine Mindestdicke von 2,5 mm aufweisen und über einer mineralischen Abdichtung nach *a* von einer Mindestdicke von 50 cm eingebaut werden.

Tab. 2. Zusätzliche Varianten

- d) *Kombinationsabdichtung Bituminös-Mineralisch:* Diese Abdichtungsvariante setzt sich zusammen aus einer bituminösen Abdichtung gemäss *b* und einer darüberliegenden mineralischen Abdichtung gemäss *a* von einer Dicke von ca. 40 cm.
- e) *Kombinationsabdichtung Mineralisch-Bituminös:* Gemäss *d*, wobei jedoch die bituminöse Abdichtung über der mineralischen erstellt wird.

das System eine wesentliche Rolle für eine langfristige Zusicherung der deponierten Abfälle. Mit dem Ziel, die einzelnen Abdichtungssysteme zu bewerten und nach Ergebnis ein Entscheid für ein Abdichtungssystem zu treffen, wurde eine multidisziplinäre Arbeitsgruppe einberufen.

*Korrespondenz: Dr. R. Vouillamoz
 Leiter Fachbereich Umweltschutz und Sicherheit

^{a)} Lonza AG, Walliser Werke
 CH-3930 Visp

^{b)} O. Ledergerber
 Mitarbeiter Ing.-Büro Sieber & Cassina Partner
 Jurastr. 6
 CH-4600 Olten

Tab. 4. Bewertung der ersten Phase

Bewertungskriterien	Gewicht [%]	a) Mineralisch		b) Bituminös		c) Folie		d) Kombi M/B)		e) Kombi B/M	
		Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.
Kosten: Deponiepreis	35	2	0.70	3	1.05	2	0.70	1	0.35	1	0.35
Termingarantie	5	1	0.05	3	0.15	1	0.05	2	0.10	2	0.10
Risiko:											
Planungsfehler	1	3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03
Materialfehler	2	2	0.04	2	0.04	3	0.06	3	0.06	3	0.06
extreme Witterung	5	2	0.10	3	0.15	2	0.10	3	0.15	3	0.15
Erdbeben	2	2	0.04	1	0.02	2	0.04	2	0.04	2	0.04
Vandalismus	1	3	0.03	2	0.02	1	0.01	3	0.03	3	0.03
fehlerh. Einbau	5	3	0.15	1	0.05	1	0.05	3	0.15	3	0.15
ungenüg. Unterhalt	1	2	0.02	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03
Langzeitverhalten	5	2	0.10	2	0.10	3	0.15	3	0.15	3	0.15
hoher GW-Spiegel	5	3	0.15	2	0.10	3	0.15	3	0.15	3	0.15
schlechte Vorbehandl.	2	2	0.04	2	0.04	3	0.06	3	0.06	3	0.06
biolog. Einflüsse	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03
	30		0.73		0.60		0.70		0.88		0.88
Technik:											
Ausführungsfehler	1	2	0.02	2	0.02	1	0.01	3	0.03	3	0.03
Dichtungskontrolle	1	2	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03
Frostbeständigkeit	1	1	0.01	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03
UV-Beständigkeit	1	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03	3	0.03
Wärmebeständigkeit	1	1	0.01	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03
Erosionsbeständigk.	2	1	0.02	3	0.06	2	0.04	2	0.04	3	0.06
mech. Einwirkung	3	3	0.09	3	0.09	1	0.03	3	0.09	3	0.09
Anford. Unternehmer	1	3	0.03	2	0.02	1	0.01	2	0.02	2	0.02
Fugendetail	1	1	0.01	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02
Rohrdurchdringung	1	2	0.02	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02
Basis Entwässerung	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03	2	0.02
Ausführ. Böschung	1	3	0.03	3	0.03	1	0.01	3	0.03	2	0.02
Übergang Flanke	1	3	0.03	2	0.02	1	0.01	3	0.03	2	0.02
Überg. Trenndamm	1	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03	2	0.02
Trennung Sauberw.	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02
chem. Einflüsse	3	2	0.06	1	0.03	3	0.09	2	0.06	2	0.06
klimat. Einflüsse	2	1	0.02	3	0.06	2	0.04	2	0.04	2	0.04
Setzungsempfindl.	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03
Wärmeempfindl.	2	1	0.02	3	0.06	3	0.06	2	0.04	3	0.06
Stabilität	2	3	0.06	3	0.06	1	0.02	2	0.04	3	0.06
Einbautechnik	2	2	0.04	3	0.06	1	0.02	2	0.04	3	0.06
	30		0.64		0.74		0.60		0.71		0.77
Total	100		2.12		2.54		2.05		2.04		2.10

Bewertungsskala: gut 3
 mittel 2
 schlecht 1

Tab. 5. Bewertung der zweiten Phase

Bewertungskriterien	Gewicht [%]	a) Mineralisch		b) Bituminös		c) Folie		d) Kombi M/B		e) Kombi B/M	
		Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.
Kosten: Deponiepreis	35	2.3	0.08	3	1.05	2.2	0.77	2	0.70	1.9	0.67
Total	100		2.22		2.54		2.12		2.39		2.42

Tab. 6. Definitives Ergebnis (Phase 3)

Bewertungskriterien	Gewicht [%]	a) Mineralisch		b) Bituminös		c) Folie		d) Kombi M/B		e) Kombi B/M	
		Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.	Bew.	Bew.xGew.
Kosten: Deponipreis	35	2.3	0.80	3	1.05	2.2	0.77	2	0.70	1.9	0.67
Termine: Termingarantie	5	1	0.05	3	0.15	1	0.05	3	0.15	2	0.10
Risiko:											
Planungsfehler	1	3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03
Materialfehler	2	2	0.04	2	0.04	3	0.06	3	0.06	3	0.06
extreme Witterung	5	2	0.10	3	0.15	2	0.10	2	0.10	3	0.15
Erdbeben	2	2	0.04	1	0.02	2	0.04	2	0.04	2	0.04
Vandalismus	1	3	0.03	2	0.02	1	0.01	3	0.03	3	0.03
fehlerh. Einbau	5	3	0.15	1	0.05	1	0.05	3	0.15	3	0.15
ungenüg. Unterhalt	1	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03
Langzeitverhalten	5	2	0.10	2	0.10	3	0.15	2	0.10	3	0.15
hoher GW-Spiegel	5	3	0.15	2	0.10	3	0.15	3	0.15	3	0.15
schlechte Vorbehandl.	2	2	0.04	2	0.04	3	0.06	2	0.04	3	0.06
biolog. Einflüsse	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03
	30		0.73		0.60		0.70		0.75		0.88
Technik:											
Ausführungsfehler	1	2	0.02	2	0.02	1	0.01	3	0.03	3	0.03
Dichtungskontrolle	1	2	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03	3	0.03
Frostbeständigkeit	1	1	0.01	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03
UV-Beständigkeit	1	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03	3	0.03
Wärmebeständigkeit	1	1	0.01	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03
Erosionsbeständigk.	2	1	0.02	3	0.06	2	0.04	2	0.04	3	0.06
mech. Einwirkung	3	3	0.09	3	0.09	1	0.03	3	0.09	2	0.06
Anford. Unternehmer	1	3	0.03	2	0.02	1	0.01	2	0.02	2	0.02
Fugendetail	1	1	0.01	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02
Rohrdurchdringung	1	2	0.02	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02
Basis Entwässerung	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03	2	0.02
Ausführ. Böschung	1	3	0.03	3	0.03	1	0.01	3	0.03	3	0.03
Übergang Flanke	1	3	0.03	2	0.02	1	0.01	3	0.03	3	0.03
Überg. Trenndamm	1	3	0.03	2	0.02	2	0.02	3	0.03	3	0.03
Trennung Sauberw.	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	2	0.02	2	0.02
chem. Einflüsse	3	2	0.06	1	0.03	3	0.09	2	0.06	3	0.09
klimat. Einflüsse	2	1	0.02	3	0.06	2	0.04	2	0.04	3	0.06
Setzungsempfindl.	1	3	0.03	2	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03
Wärmeempfindl.	2	1	0.02	3	0.06	3	0.06	2	0.04	3	0.06
Stabilität	2	3	0.06	3	0.06	1	0.02	2	0.04	3	0.06
Einbautechnik	2	2	0.04	3	0.06	1	0.02	2	0.04	2	0.04
	30		0.64		0.74		0.60		0.71		0.80
Total	100		2.22		2.54		2.12		2.31		2.45

Bewertungsskala: gut 3
 mittel 2
 schlecht 1

3. Mögliche Sohle- und Randabdichtungen

3.1. Minimalvarianten

Die ersten drei Varianten, welche prinzipiell in Frage kommen, entsprechen den sogenannten Minimalvarianten nach der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA) (Tab. 1).

3.2. Kombinationsabdichtung

Neben diesen drei Minimalvarianten wurden weitere, verbesserte Varianten in das Evaluationsverfahren in Betracht gezogen (Tab. 2).

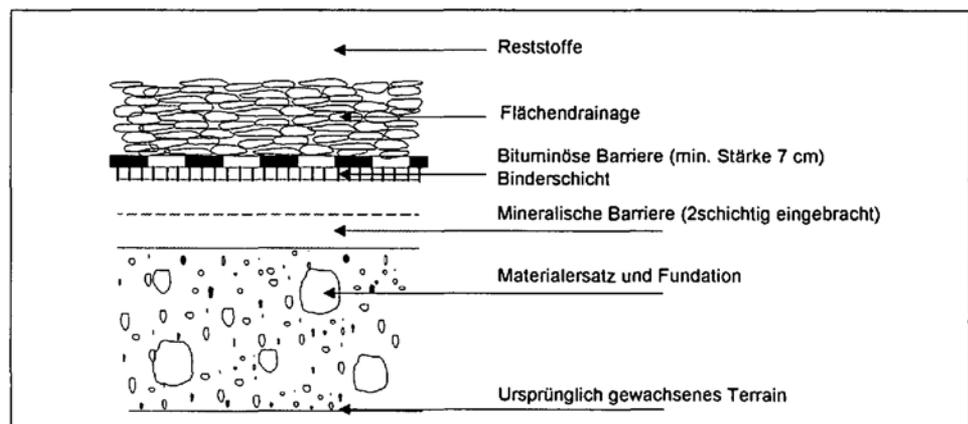


Fig. 1. Schematische Darstellung der Abdichtung



Fig. 2. Bituminöse Abdichtung wird eingebracht und verdichtet

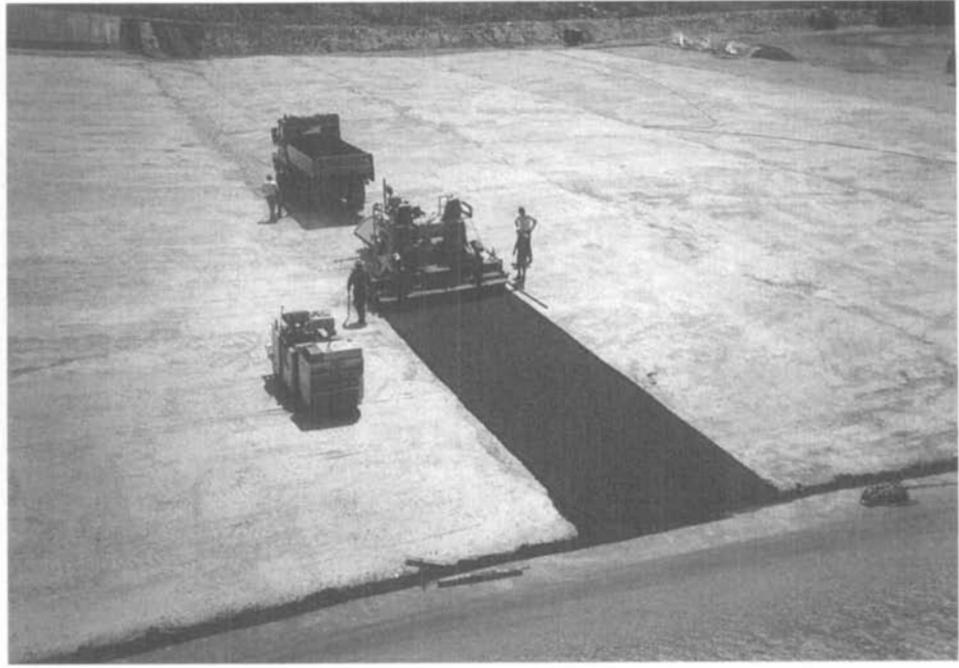


Fig. 3. Bituminöse Abdichtung wird eingebracht und verdichtet

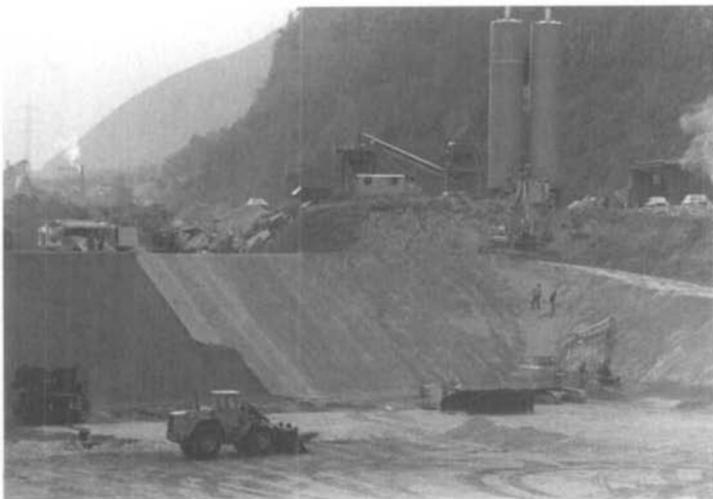


Fig. 4. Zweistufiges Verfahren der Abdichtung

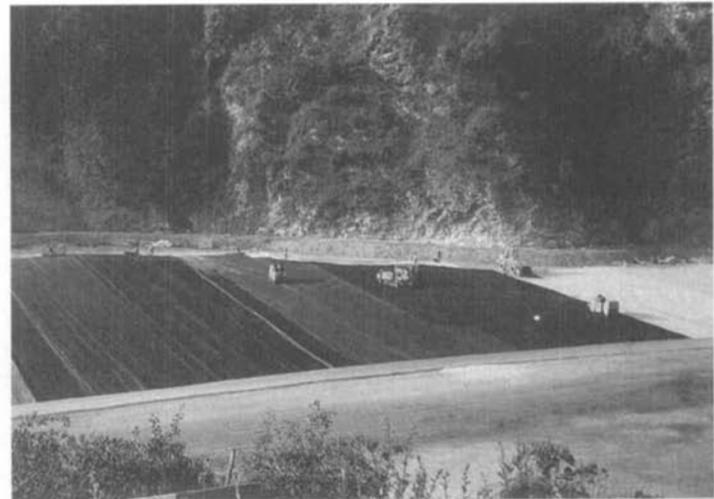


Fig. 5. Gesamtübersicht der Bodenabdichtung



Fig. 6. Einzelschritte der Böschungsabdichtung

4. Nutzwertanalyse der Abdichtungssysteme

4.1. Kriterienkatalog für die Evaluation

Um aus den vier verschiedenen Abdichtungsvarianten

- mineralische Abdichtung
- Abdichtung aus Asphaltbelag
- Abdichtung aus Kunststoffolien
- Kombinationsabdichtung Bituminös-Mineralisch

die richtige zu wählen, werden nicht nur die unterschiedlichen Kosten beurteilt, sondern es wird versucht, alle relevanten Einflussgrößen (Bewertungskriterien) miteinzubeziehen (Tab. 3).

4.2. Erläuterungen zu den einzelnen Kriterien bzw. Kriteriengruppen Terminer

Der Begriff Terminer enthält auch mögliche witterungs- oder jahres-

zeitbedingte, zeitrelevante Vor- und Nachteile der einzelnen Abdichtungsvarianten.

Risiko

Dieser Schritt wurde in einer separaten Bewertungs-Risikoanalyse durchgeführt. Die verschiedene Gewichtung der einzelnen Kriterien innerhalb der Kriteriengruppe entspricht der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses.

Die einzelnen Kriteriengruppen wurden folgendermassen eingestuft:

- Kosten: 35%
- Risikoanalyse: 30%
- Technische Aspekte: 30%
- Termine: 5%

4.3. Ergebnisse des iterativen Vorgehens

Nach einer ersten Bewertung (Tab. 4) hat es sich herausgestellt, dass eine grobe Einstufung in Klassen 1–3 bei den Kosten zu einem Überbewerten dieses Kriteriums führte. Eine Verfeinerung dieses Kriteriums wurde dann vollzogen, indem man der billigsten Variante die Bewertung 3 beibehielt, die anderen jedoch mit dieser billigsten verglichen wurden, nach der Formel billigste Abdichtung/zu bewertende Abdichtung x 3.

Dies ergab eine neue Bewertung der Kosten (Tab. 5).

- Aus dieser Bewertung (Phase 2) geht hervor, dass die günstigste Sohlabdichtungsvariante die rein bituminöse ist. Die sicherheitsrelevante Bewertung der rein bituminösen war jedoch die schlechteste, technisch aber die zweitbeste.
- Die sicherheitsrelevante und technische Bewertung der beiden Kombiabdichtungen war die beste, und alle Abdichtungsvarianten liegen in einem engen Kostenbereich.
- Ein Entscheid für eine Kombinationsabdichtung wurde getroffen, und in einer letzten und dritten Phase (definitives Ergebnis) wurde eine Verfeinerung dieser obengenannten Kriterien für die beiden Kombiabdichtungen zusätzlich vollzogen (Tab. 6).

5. Beschluss

Als beste Abdichtungsvariante soll die Kombinationsabdichtung Mineralisch (unten)-Bituminös (oben) ausgeführt werden (Fig. 1).

6. Ausführung

Mit der Sohlevorbereitung konnte im Oktober 1990 angefangen werden. Ab



Fig. 7. Einzelschritte der Böschungsabdichtung

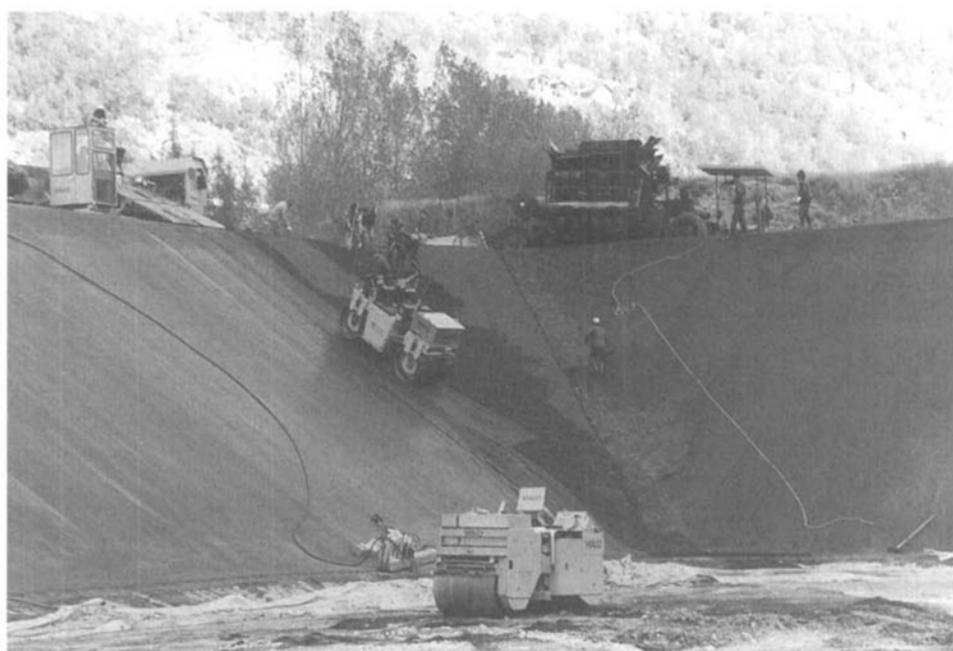


Fig. 8. Finish der bituminösen Abdichtung

August 1991 wurden in einem ersten Schritt die Böschungen abgedichtet, während des Sommers 1992 die Sohle (Fig. 1–9). Im September 1992 wurde die neue Reststoffdeponie in Betrieb genommen.

Eingegangen am 18. Oktober 1994

[1] R. Vouillamoz, 'Deponiesanierung und Bau einer Reststoffdeponie', *Chimia* 1990, 44, 248.