

Zusammenfassender Kurzbericht über die E₃₋₄ Erkundung Modellstandort Deponie Herten

Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Griesbachstr. 1
76185 Karlsruhe

23.10.1995

**Bei diesem Ausdruck handelt es sich um eine Adobe Acrobat Druckvorlage.
Abweichungen im Layout vom Original sind rein technisch bedingt.
Der Ausdruck sowie Veröffentlichungen sind -auch auszugsweise- nur für
eigene Zwecke und unter Quellenangabe des Herausgebers gestattet.**

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 AUFGABENSTELLUNG	1
1.2 BESCHREIBUNG DES MODELLSTANDORTES	1
1.3 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	2
2. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER TECHNISCHEN ERKUNDUNG	6
2.1 BODEN (ABDECKSCHICHT)	6
2.2 GRUNDWASSER	7
2.3 SICKERWASSER / ELUAT	8
2.4 ABLAGERUNGSGUT (DEPONAT)	8
2.5 BODENLUFT / DEPONIEGAS	8
3. ABKLÄRUNG DER SANIERUNGSNOTWENDIGKEIT	9
3.1 EINLEITUNG	9
3.2 HEUTIGER ZUSTAND	10
3.3 KÜNFTIGER ZUSTAND BEI FLIEßRICHTUNGSUMKEHR	11
3.4 GESUNDHEIT VON MENSCHEN AUF KONTAMINIERTEN FLÄCHEN	11
3.5 BODEN, SCHUTZGUT PFLANZEN	12
4. VERFAHRENSVORAUSWAHL	13
5. MONETÄRE BEURTEILUNG DER FÜR DIE SANIERUNG DES MODELLSTANDORTES GEEIGNETEN SANIERUNGSVERFAHREN	17
5.1 ALLGEMEINES	17
5.2 MONETÄRE GESAMTBEWERTUNG	17
5.3 KOSTEN-WIRKSAMKEITS-ABSCHÄTZUNG	17
6. NICHTMONETÄRE BEURTEILUNG DER FÜR DIE SANIERUNG DES MODELLSTANDORTES GEEIGNETEN SANIERUNGSVERFAHREN	19
7. SANIERUNGSVORSCHLAG	20
ANLAGE	21
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	22
TABELLENVERZEICHNIS	22
INDEXVERZEICHNIS	22

1. Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die ehemalige Hausmülldeponie Herten wird seit 1987 im Rahmen der Modellstandortkonzeption des Landes Baden-Württemberg gemäß Altlasten-Handbuch auf Altlasten untersucht. Am 21. September 1992 wurde die technische Erkundung mit der Bewertung zum Beweisniveau (BN) 3 abgeschlossen. Die bei der Erkundung erhaltenen Ergebnisse wurden von der Bewertungskommission unter der Annahme der zukünftigen Grundwassernutzung mit einer möglichen Fließrichtungsumkehr wie folgt bewertet:

Schutzgut Grundwasser:

Maßgebliches Risiko $R_{IV} = 9,2$

Beweisniveau BN 3

(ohne Fließrichtungsumkehr $R_{IV} = 5,6$)
maßgebliches Risiko

Schutzgut Boden:

Maßgebliches Risiko $R_{IV} = 4,8$

Beweisniveau BN 3

Als weiterer Handlungsbedarf wurde die Durchführung der Sanierungsvorplanung/Eingehende Erkundung (E₃₋₄) für Sanierungsmaßnahmen festgelegt. Der Arbeitskreis Modellstandort "Deponie Herten" beauftragte das Geotechnische Institut, die Sanierungsvorplanung für den Modellstandort durchzuführen. Im nachfolgenden Kurzbericht werden die Ergebnisse der Sanierungsvorplanung (E₃₋₄-Erkundung) zusammengefaßt; die ausführliche Dokumentation der Sanierungsvorplanung erfolgte im Bericht des Geotechnischen Institutes vom 02.05.95.

1.2 Beschreibung des Modellstandortes

Die Deponie Herten liegt auf der Gemarkung der Stadt Rheinfeldern, südlich des Ortsteiles Herten, zwischen der Bundesstraße B 34 und dem Rhein (vgl. Lageplan Anlage 1).

Bei der Deponie handelt es sich um eine ehemalige Kiesgrube, die nur durch einen schmalen Uferstreifen vom Rhein getrennt war. Die Grubensohle befand sich in etwa in der Höhe des Rheinwasserspiegels. In dem Zeitraum zwischen 1969 und 1986 wurde diese Kiesgrube, die eine Ausdehnung von ca. 4,5 ha und eine maximale Tiefe von 13 m hatte, mit ca. 295.000 m³ Haus- und Gewerbemüll, Filterrückständen, Bauschutt, Erdaushub etc. verfüllt. Bis zum Inkrafttreten des Abfallgesetzes am 07.06.72 waren ca. 41.500 m³ abgelagert und eingebaut worden.

Der angelieferte Müll wurde teilweise durch eine Müllzerkleinerungsanlage zerstückelt, eingebaut und zuletzt mit einer 0,5 m bis 2 m mächtigen Schicht, bestehend aus bindigem Erdaushub, abgedeckt. Dieses Erdaushub-Material ist bereichsweise mit HCB, PCB und Dioxinen kontaminiert.

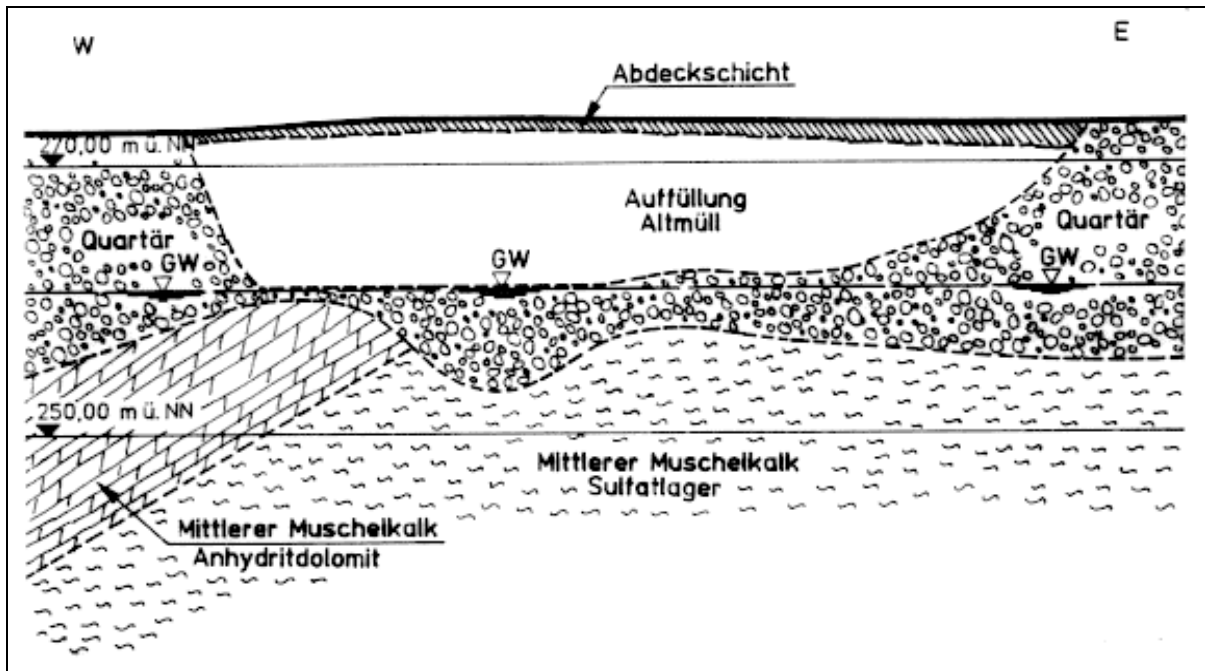


Abb. 1: Schematischer Längsschnitt

Das Ablagerungsgut (Müll) liegt auf einer 1 bis 5 m mächtigen Kiesschicht der Niederter-rassenschotter des Rheines. Unter dem Kies wurden die Schichten des Mittleren Muschelkalk angetroffen. Die angetroffenen Gesteine sind als Geringleiter oder Wasserstauer einzuschätzen ($k_f = \text{ca. } 10^{-8} \text{ m/s}$) und verhalten sich gegenüber den auflagernden Schottern als Wasserstauer. Die Deponiesohle liegt zum Teil knapp über dem Grundwasserspiegel; zum Teil ist sie permanent eingestaut. Die Deponie hat keine Sohlabdichtung.

Die Grundwasserneubildungsrate (= Sickerwasseranfall) ist, auf die Ablagerungsfläche von rund 45.000 m^2 beschränkt, mit ca. $0,5 \text{ l/s}$ anzusetzen.

Die Deponieoberfläche (Abdeckschicht) ist mit Pioniervegetation bewachsen. Auf der nicht abgebauten Kiesrippe am Rheinufer verläuft ein Wanderweg. Zur B 34 hin wird das Deponiegelände von einem Erdwall, der dicht mit Dornengestrüpp bewachsen ist, begrenzt. Südwestlich der Deponie liegt in geringer Entfernung ein Naturschutzgebiet (Vogelschutzgebiet). Im Osten grenzt an das Deponiegelände eine aufgelassene Kiesgrube an, für die von den entsprechenden Verbänden bereits Naturschutz beantragt wurde. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die entsprechende Deponieoberfläche Vögeln als Brutrevier dient.

1.3 Grundwasserverhältnisse

Der Modellstandort "Deponie Herten" liegt am westlichen Ende eines langgestreckten Lokergesteinsaquifers, der zwischen seinen Anschlüssen an den Rhein, bei Rheinfeldern im Osten und beim Aubecken nahe des Modellstandortes im Westen, durch einen unterirdischen Felsriegel vom Rheinbett getrennt ist.

Der Aquifer wird im wesentlichen von unterirdischen Zuflüssen aus dem Dinkelberggebiet nördlich des Rheintals gespeist. Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im eigentli-

chen Rheintal spielt im Vergleich dazu wegen mächtiger feinkörniger Deckschichten nur eine untergeordnete Rolle.

In der derzeitigen Situation fließt das Grundwasser im westlichsten Teil des Aquifergebietes aus dem Aquifer in den Rhein. Ein Teil des Grundwassers fließt dabei unter der "Deponie Herten" durch.

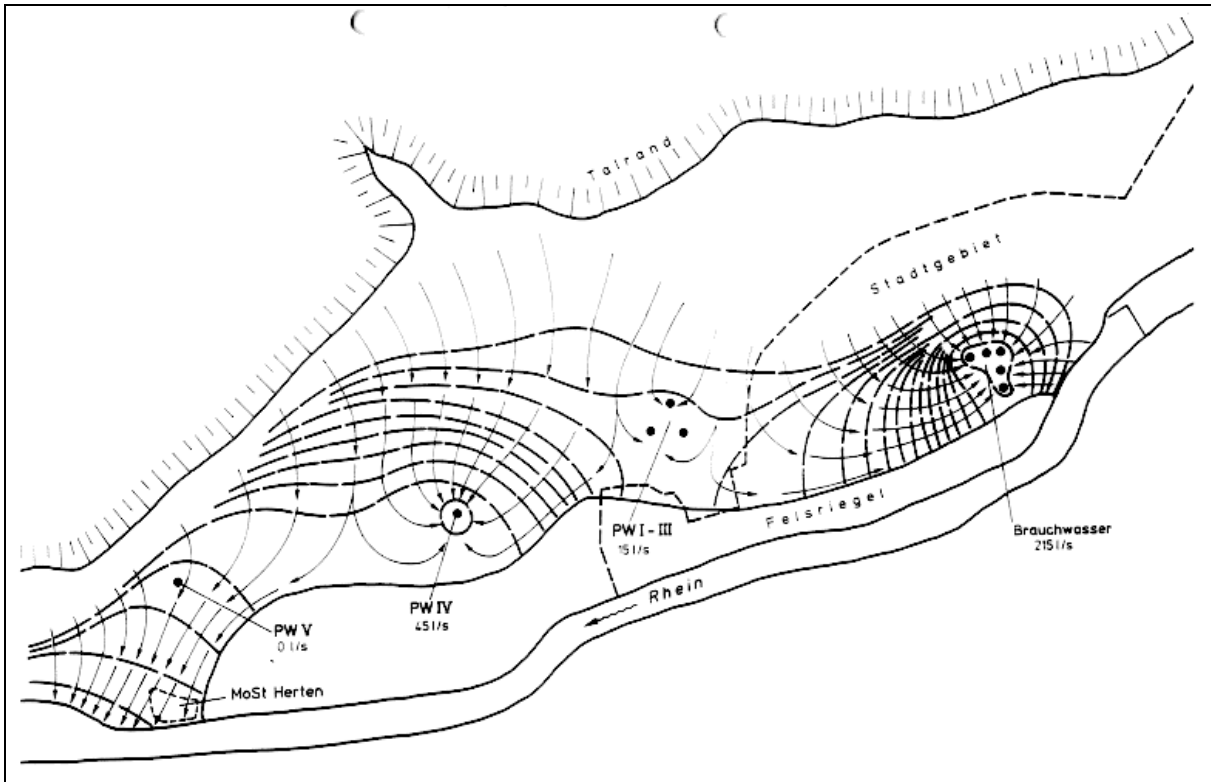


Abb. 2: Darstellung der Grundwasserverhältnisse, Ist-Zustand

Der Grundwasserspiegel sowie die Menge des Abflusses in den Rhein unterliegen deutlichen Schwankungen, wobei zwischen typischen jahreszeitlichen Schwankungen einerseits und längerfristigen Perioden mit reduziertem Grundwasserdargebot andererseits zu unterscheiden ist. Zwei Niedrigwasserzeiten mit mindestens einjähriger Dauer lassen sich aus den Ganglinien des Grundwasserstandes der Jahre 1980 bis 1993 ablesen, und zwar für die Jahre 1984 und 1990.

Der Aquifer hat für die Trinkwasserversorgung der Stadt Rheinfelden eine entscheidende Bedeutung, da langfristig Alternativen zur Grundwasserförderung aus dem Aquifer nicht zur Verfügung stehen. Unter Berücksichtigung von bestehenden Risikofaktoren (Industrie, Altlasten, Altstandorte etc.) in der östlichen Hälfte des Aquifers, kommt dessen westlicher Hälfte eine besondere Bedeutung als Trinkwassergewinnungsgebiet zu. Prognosen über die langfristige Verfügbarkeit von Trinkwasser liegen regelkonform zugrunde. Alle Aussagen dieses Berichts über Grundwasser-Mengenströme und -Fließzustände beziehen sich auf "Niedrigwasserzeiten".

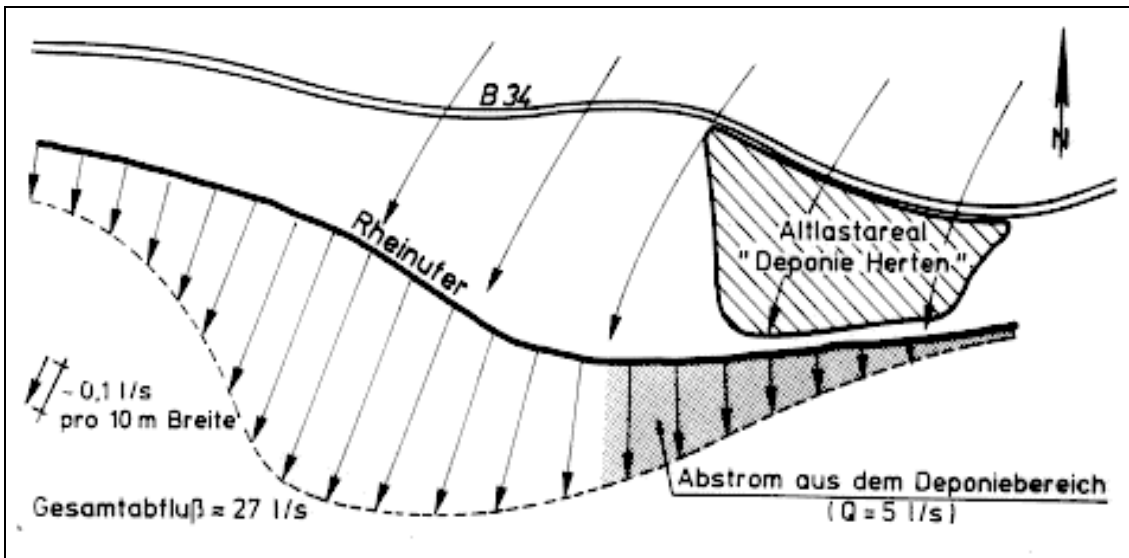


Abb. 3: Abflußverteilung längs des Rheinufers am westlichen Ende des Aquifers

Die derzeitige Bewirtschaftung des Aquifers (Entnahme von 57 l/s) schöpft das vom Dinkelberg kommende Dargebot an Grundwasser nicht aus, sondern hinterläßt am westlichen Ende einen Gesamtabfluß von ca. 27 l/s in den Rhein. Die Mengenverteilung dieses Abflusses ist in Abbildung 3 wiedergegeben. Aus dem Profil der Abflußmengen pro Streckeneinheit läßt sich herleiten, daß unter der Deponie Herten rund 5 l/s hindurchfließen.

Dem Betrieb der 4 Rheinfelder Tiefbrunnen PWK I - IV liegen wasserrechtliche Entscheidungen des Regierungspräsidiums Freiburg aus den Jahren 1978 und 1983 zugrunde. Die genehmigte Dauerentnahme von 106,2 l/s wurde bislang noch nicht erreicht.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Wasserbedarfs erwartet die Stadt Rheinfelden eine Steigerung auf deutlich über 100 l/s, was bedeutet, daß in einem Planungszeitraum von 15 bis 20 Jahren die heute genehmigte Gesamtentnahme von 106,2 l/s zumindest ausgeschöpft, wenn nicht überschritten werden würde.

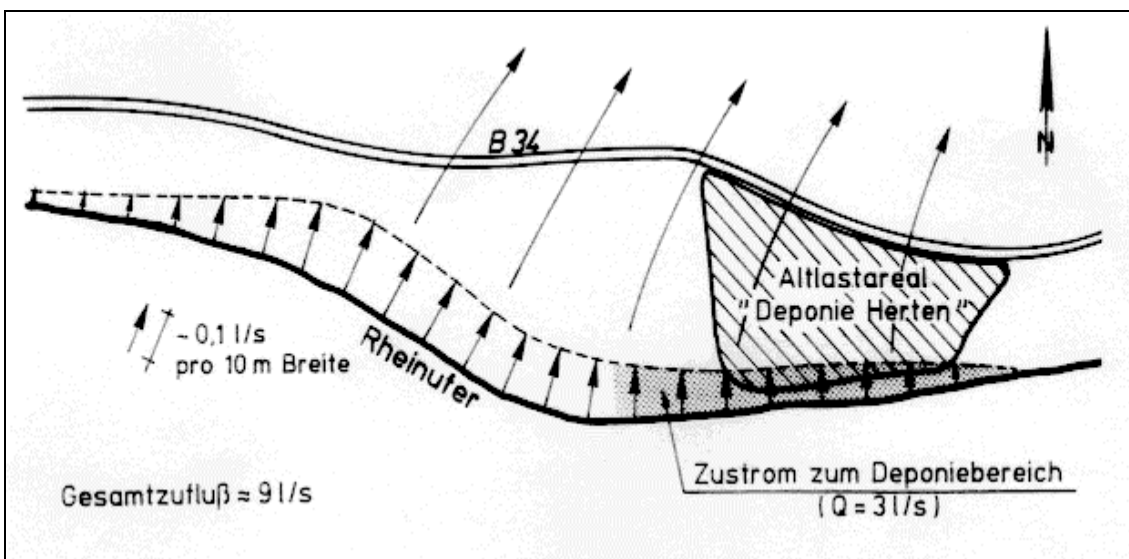


Abb. 4: Zuflußverteilung des Rheinufers am westlichen Ende des Aquifers bei voller Ausschöpfung der genehmigten mittleren Gesamtentnahmemenge von 106,2 l/s

In Anlehnung an diese Prognose wurde mittels mathematischer Modellierung untersucht, welche Grundwasserfließverhältnisse sich bei einer Steigerung der Gesamtentnahmemenge aus dem Westteil des Aquifers auf den derzeit gültigen Gesamt-Genehmigungswert von 106,2 l/s einstellen würden. Das Ergebnis ist in Abbildung 4 wiedergegeben.

Als wichtigster Effekt im Hinblick auf die Beurteilung der Altdeponie Herten ist zu verzeichnen, daß bei der untersuchten Förderstrategie am rheinseitigen Westrand des Grundwassergebietes eine *Fließrichtungsumkehr* eintritt: Bei Ausschöpfung der genehmigten mittleren Gesamtfördermenge von 106,2 l/s im Westteil des Aquifers werden aus dem Rhein ca. 9 l/s Wasser (Uferfiltrat) angesaugt, um die Gesamtentnahme zu decken. Dabei gelangt die *Altdeponie Herten* in den *Zustrombereich der städtischen Förderbrunnen*. Die Bilanzierung des Mengenstromprofils längs des Rheinufer ergibt einen Teilstrom von rund 3 l/s, der direkt unter der Deponie Herten hindurchfließt. Jede weitere Erhöhung der Grundwasserentnahme und/oder jede weitere Verlagerung des Förderschwerpunktes nach Westen würde die beschriebenen Effekte verstärken.

2. Untersuchungsergebnisse der technischen Erkundung

2.1 Boden (Abdeckschicht)

In den obersten 0,2 m der Abdeckschicht wurden folgende Schadstoffgehalte festgestellt:

- bis zu 7,6 mg/kg HCB (Hexachlorbenzol)
- bis zu 619,1 ng TE/kg Dioxine
- bis zu 30,2 mg/kg PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)
- > 10 mg/kg PCB (Polychlorierte Biphenyle)

Die Proben wurden nicht speziell auf PCB untersucht. Allerdings wurden beim Auswerten der Chromatogramme der HCB-Analysen auch PCBs festgestellt. Auf eine exakte Quantifizierung durch zusätzliche Analysen wurde verzichtet. Eine Größenordnung zwischen 10 mg/kg < Konzentration < 100 mg/kg PCB konnte jedoch angegeben werden.

Bei dem kontaminierten Abdeckmaterial handelt es sich *nicht* um eine ungenehmigte Ablagerung von Abfall, sondern um eine ungewollte (aus Unkenntnis vorgenommene) Abdeckung mit kontaminiertem Erdaushub aus dem Raum Rheinfeldern.

2.2 Grundwasser

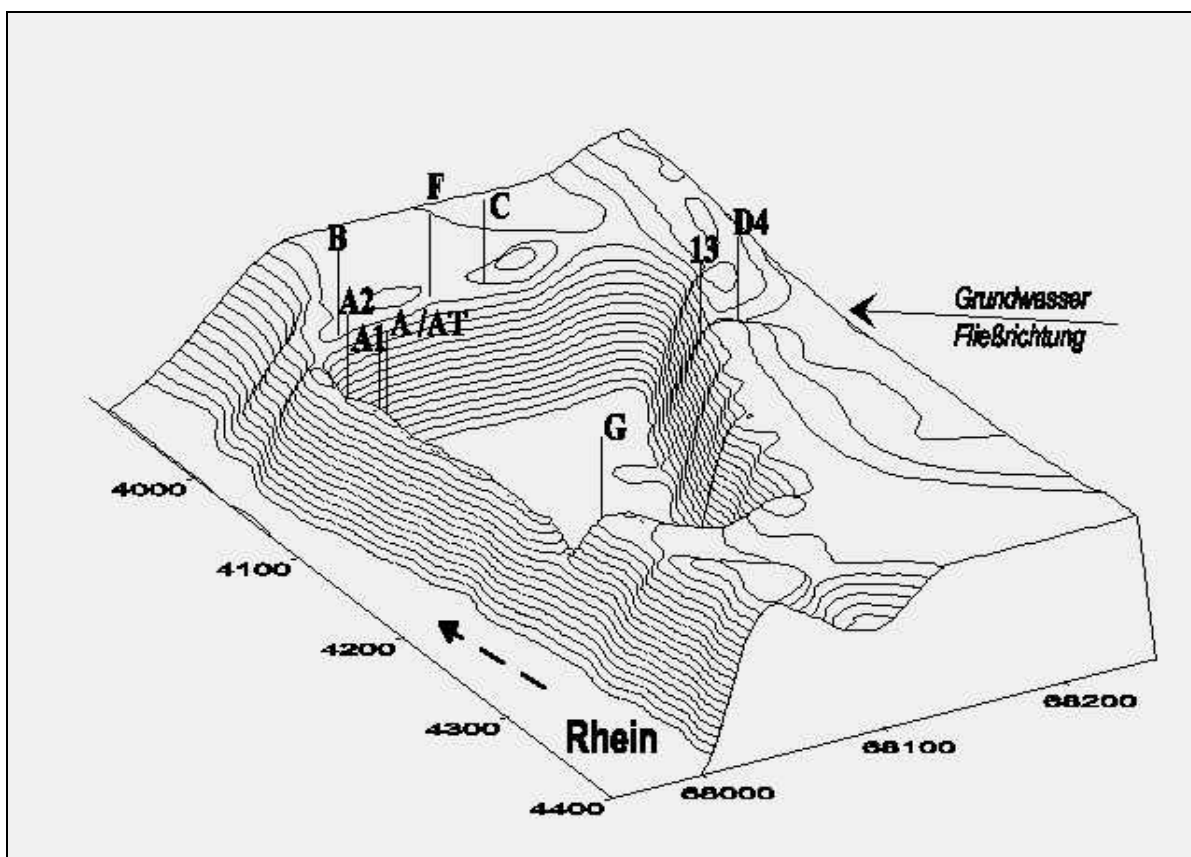


Abb. 5: Darstellung der ehemaligen Kiesgrube

Es gibt, wegen der Nähe der Altdeponie zum Rhein, bei normalen Grundwasserfließverhältnissen (Fließrichtung Südwest) keinen ausgedehnten Abstrombereich. Die Emittenten-Meßstellen (A, AT, A₁, A₂, B, G) liegen unmittelbar am Deponierand, auf dem schmalen Uferstreifen zwischen ehemaliger Grube und Rhein.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die wichtigsten Ergebnisse der Grundwasser- und Eluatanalysen zusammengestellt und den P-W-Werten gegenübergestellt.

Tabelle 1: Wasseranalysen

Parameter	Einheit	Max. Abstrom	Max. Anstrom	Max. Eluat	P-W-Wert
Ammonium	mg/l	104	0,12	628	0,5
Cyanid	mg/l	0,1	0,01	n.n.	0,04
Blei	mg/l	0,05	0,01	0,1	0,01
Zink	mg/l	1,56	0,07	2,65	1,5
Nickel	mg/l	0,05	n.n.	0,2	0,02
Kohlenwasserstoffe	mg/l	0,44	n.n.	3	0,05
Phenol	mg/l	0,01	n.n.	5	0,03
Monochlorbenzol	µg/l	5	n.b.	n.b.	10
EDTA	µg/l	134	n.b.	n.b.	150
PCDD/PCDF	pg/l	3	n.b.	n.b.	5

n.n. - nicht nachweisbar; n.b. - nicht bestimmt

2.3 Sickerwasser / Eluat

Bei den Aufschlußbohrungen im Deponiekörper wurde kein Sickerwasser angetroffen. Für die 1989 durchgeführten Eluatuntersuchungen wurden keine repräsentativen Mischproben sondern auffällige Einzelproben verwendet. Der Arbeitskreis entschied, die Eluat-Analysen *nicht* als Bewertungsgrundlage heranzuziehen.

2.4 Ablagerungsgut (Deponat)

Die Analyseergebnisse der "Deponat-Stichproben" zeigen ebenfalls eine große Streubreite zwischen Maximal- und Minimalwert der einzelnen Parameter. Auffällig sind hohe Konzentrationen bei Kohlenwasserstoffen (6150 mg/kg), BTX (1258 mg/kg) und bei biologisch schlecht (oder gar nicht) abbaubaren Stoffen wie PCB (38,5 mg/kg), HCB (46,9 mg/kg), Dioxin (908 ng TE/kg) sowie bei einigen Schwermetallen. Diese Aufzählung zeigt, welches Schadstoffpotential in der Deponie steckt. Auch wenn diese Stoffe bisher nicht oder nur in sehr geringen Konzentrationen im Grundwasser festgestellt wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, daß sie bereits jetzt oder zu einem späteren Zeitpunkt aus der Deponie ausgetragen werden.

2.5 Bodenluft / Deponiegas

Die Deponie befindet sich in der Methanoxidationsphase (Phase IV). Für das Deponiegas wurde folgende Zusammensetzung ermittelt:

- Methan: 22 Vol %
- Kohlendioxid: 16 Vol %
- Stickstoff: 60 Vol %
- LHKW / Spurenschadstoffe < 0,5 mg/m³

3. Abklärung der Sanierungsnotwendigkeit

3.1 Einleitung

Die Beurteilung der Notwendigkeit erfolgte auf der Basis der "Gemeinsame Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums und des Sozialministeriums Baden-Württemberg über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen" vom 16.09.1993. Die "grundsätzliche Anforderung" (Hintergrundwerte) und die "allgemeine Mindestanforderung" (Einhalten der P-Werte) sind, wenn überhaupt, nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand erreichbar. Es wurden daher die "einzelfallbezogene Mindestanforderung" in Ansatz gebracht. Beim MoSt Hertzen sind hier beim Schutzgut Grundwasser zwei verschiedene Situationen zu betrachten:

- A) Heutiger Zustand (Grundwasserabfluß in den Rhein) und
- B) Künftiger Zustand (Umkehr der Grundwasserfließrichtung).

Die Berechnung der Schadstofffrachten wurde für alle relevanten Parameter durchgeführt. Am Beispiel von Ammonium ist die ermittelte Schadstofffracht für diese beiden Situationen in den Abbildungen 6 und 7 dargestellt. Dieser Berechnung liegt zugrunde, daß in beiden Fällen die Schadstoffe mit dem Sickerwasser aus der Deponie ausgetragen werden, und da die Sickerwassermenge in beiden Fällen identisch ist, wird auch die gleiche Schadstoffmenge verfrachtet. In der nachfolgenden Tabelle 2 wird für die relevanten Parameter die Fracht den E_{max}-Werten gegenübergestellt.

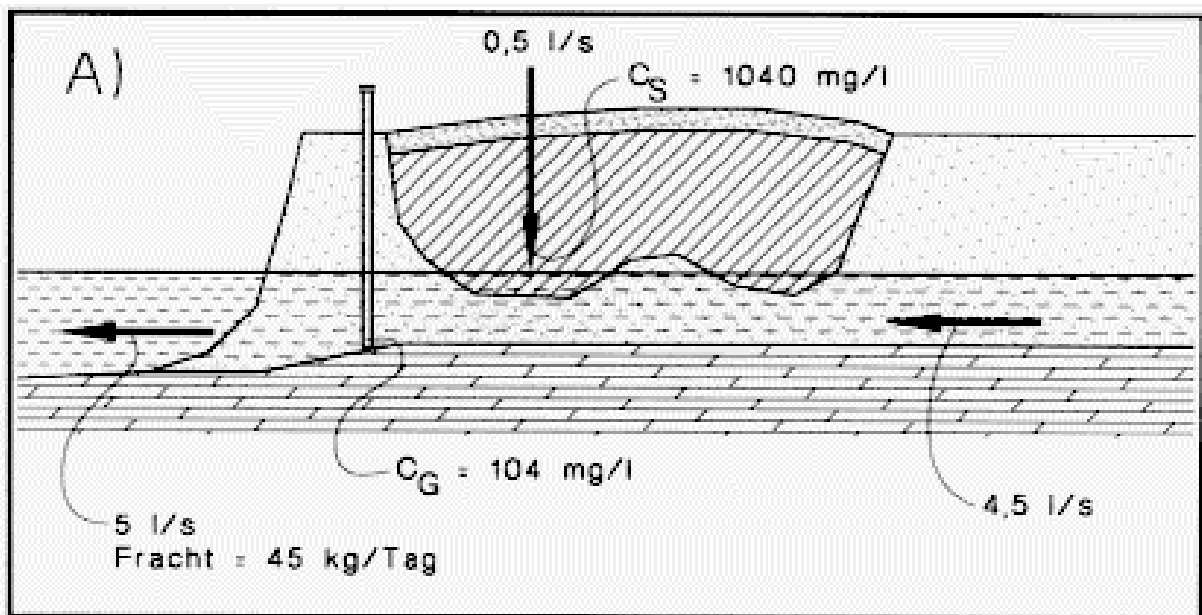


Abb. 6: Derzeitiger Austrag von Ammonium

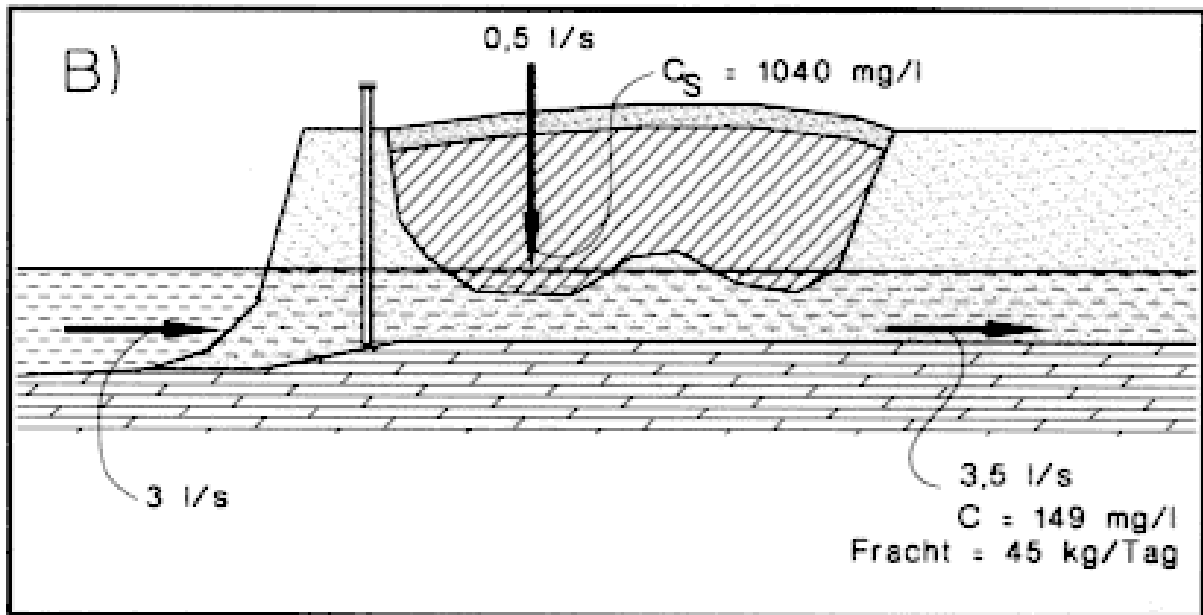


Abb. 7: Austrag von Ammonium bei Fließrichtungskehr

Tabelle 2: Effektive Schadstofffrachten

	Einheit	Effektive Fracht	E_{\max} -W-Wert
Ammonium	g/d	45000	1100
Cyanid	g/d	43	85
Blei	g/d	22	20
Zink	g/d	674	3200
Nickel	g/d	21	45
Kohlenwasserstoffe (H 18)	g/d	13	100
Phenol-Index	g/d	4	65
Monochlorbenzol	g/d	2	21,6
EDTA	g/d	58	324
PCDD/PCDF*10E-6 TE	g/d	1,3	10

Die Meßergebnisse der Erkundung weisen eine geringfügige Überschreitung der maximal zulässigen Emissionswerte beim Blei (22 g/d gegenüber 20 g/d Grenzwert) sowie eine erhebliche Überschreitung beim Ammonium (45000 g/d gegenüber 1100 g/d Grenzwert) auf.

3.2 Heutiger Zustand

Als direkt betroffener Aquifer ist bei einer Fließrichtung zum Rhein hin nur der Grundwasserbereich unter dem ufernahen Kiesriegel zu verstehen. Im Rahmen der E_{2.3}-Bewertung wurde dieser Bereich als nicht nutzungswürdig eingestuft, eine Sanierung ist nicht vertretbar.

Hier ist jedoch das Oberflächengewässer zu betrachten. Unter dem Ansatz der einzelfallbezogenen Mindestanforderung der Ergänzung zur Verwaltungsvorschrift vom 24.10.94 hinsichtlich Kriterien zum Schutz von Fließgewässern vor Schadstoffeinträgen über Grundwasser und der Erläuterung zur VwV vom 28.10.94 (Umrechnung von Ammonium auf Nitrat-Stickstoff

bei guter Sauerstoffversorgung) sind für den Hochrhein folgende Ammonium- bzw. Nitratfrachten zulässig:

Hochrhein: Mindestvolumenstrom ca. 500 000 l/s--> Faktor: $8 \times E_{\max}$ (siehe Ergänzung vom 24.10.1994 zur VwV).
Zulässige Fracht für Ammonium: 8800 g/d (effektive Fracht: 45000 g/d)
Zulässige Fracht für Ammonium-Stickstoff als Nitrat-Stickstoff berechnet: 176000 g/d.

Die effektive Fracht von 45000 g/d liegt deutlich darunter. Somit erfordert auch dieses Kriterium keine Sanierungsmaßnahmen. Die anderen auffälligen Parameter sind bei dem Ansatz von $8 \times E_{\max}$ -W-Wert nicht relevant.

3.3 Künftiger Zustand bei Fließrichtungsumkehr

Immissionsbegrenzung:

In Tabelle 1 (Seite 6) werden die zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen mit den P-Werten verglichen. Die (tiefengemittelte) Ammonium-Konzentration im Abstrom der Altlast liegt mit 149 mg/l deutlich über dem Prüfwert von 0,5 mg/l. Überschreitungen der tolerierbaren Grenzkonzentrationen werden außerdem erwartet bei Cyanid, Blei, Zink, Nickel und EDTA.

Emissionsbegrenzung:

Wie Tabelle 2 (Seite 9) zeigt, liegt die Ammoniumfracht erheblich über dem E_{\max} -W-Wert. Auch Blei liegt mit 22 g/d geringfügig über der zulässigen Tages-Grenzfracht von 20 g/d.

Somit erfordern sowohl das Immissionskriterium als auch das Emissionskriterium bei Fließrichtungsumkehr des Grundwassers (Künftige Situation) eine *Sanierung des MoSt Hertzen*.

3.4 Gesundheit von Menschen auf kontaminierten Flächen

Als spätere *Nutzungen* des Deponiegeländes sind folgende Varianten realistisch: Durchgangsbereich für Spaziergänger,

Erdaushubdeponie für dioxinhaltiges Erdreich.

Die Einhaltung der P-M2-Grenzwerte ist daher als ausreichend anzusehen.

In der Tabelle 3 werden die Schadstoffgehalte in der obersten Bodenschicht den P-M2-Werten gegenübergestellt.

Tabelle 3: Gegenüberstellung Schadstoffgehalte im Boden und P-M2-Werte

PARAMETER	Einheit	Maximum Abdeckung	P-M2-Wert
PCDD/PCDF 10 ⁻⁶ TE	mg/kg	619,1	1000*
HCB	mg/kg	7,7	5***
PAK	mg/kg	30,2	25
PCB	mg/kg	> 10	10***

* Dioxin-Erlaß des Ministeriums für Umwelt; Baden-Württemberg vom 01.10.1991;

*** Sanierungs-Grenzwert nach Holland-Liste

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die bestehende Abdeckung der Altdeponie z. T. Schadstoffkonzentrationen aufweist, die über den P-M2-Werten liegen (z. B. für PAK). Eine *Sanierung der Oberfläche* unter dem Gesichtspunkt der Gesundheit von Menschen ist unabdingbar.

3.5 Boden, Schutzgut Pflanzen

Da eine landwirtschaftliche Nutzung der Deponieoberfläche in Zukunft nicht in Frage kommt, kann das Kriterium Boden, Schutzgut Pflanzen, außer acht bleiben.

4. Verfahrensvorauswahl

Wie die Abklärung der Sanierungsnotwendigkeit (Kapitel 3) gezeigt hat, ist eine Sanierung des Standortes (295.000 m³ Deponat/Altablagerung) zum *Schutze des Grundwassers* erforderlich, wenn durch eine erhöhte Trinkwasserentnahme eine Umkehr der Grundwasserfließrichtung stattfindet.

Die z. Zt. auf dem eigentlichen Müllkörper des Standortes Herten liegende Abdeckschicht (ca. 50.000 m³) ist vor allem stark mit Dioxinen, PCB und PAK verunreinigt. Aus dem Vergleich mit den P-M2-Werten bzw. P-P-Werten ist im Hinblick auf eine künftige *Boden-/flächenhafte Nutzung* des Deponiegeländes eine Sanierung der verunreinigten Abdeckschicht zwingend abzuleiten.

Der Begriff Sanierung beinhaltet sowohl Maßnahmen zur *Dekontaminierung* als auch zur *Sicherung*. In dem ersten Schritt werden die derzeit marktgängigen Verfahren zur Sanierung von Altlasten für die speziellen Anforderungen des Modellstandortes Deponie Herten überprüft, d. h. Sanierungsverfahren ausgeschieden, die für den Standort nicht geeignet sind. Ein Sanierungsverfahren kann aus mehreren Teilverfahren bestehen. Die Frage, ob ein Sanierungsverfahren "geeignet" ist oder nicht, beinhaltet somit zwei Hauptaspekte:

A.) Ist jedes einzelne Teilverfahren geeignet, zur angestrebten Minderung des Schadstoffausstrages aus der Deponie in das entsprechende Schutzgut beizutragen oder diese zu bewältigen?

B.) Ist die Summe der Teilverfahren eine vernünftige (machbare) Kombination?

Es wurden 20 Teilverfahren, darunter auch Teilverfahren wie Aushub, Transport und Wiedereinbau, überprüft und zu sinnvollen Kombinationen verknüpft. In der nachfolgenden Tabelle 4 wird die Vorauswahl für die eigentlichen (echten) Sanierungsvarianten zusammengefaßt.

Nach der Verfahrensvorauswahl sind noch zwei grundsätzliche Sanierungsverfahren übriggeblieben. Bei beiden handelt es sich um Sicherungsverfahren. Das eine Verfahren - Oberflächenabdichtung/-abdeckung - hat die größere Wirkung hinsichtlich Schutzgut Boden / Bodennutzungen; das andere Verfahren - Umschließung - ist nur im Hinblick auf die Verminderung des Schadstoffausstrages über den Pfad Grundwasser wirksam. Eine Kombination der beiden Verfahren sollte eine umfassende Sicherung vor Schadstoffausträgen gewährleisten.

Tabelle 4: Matrix Verfahrensvorauswahl

Verfahren	generelle Eignung	Begründung für das Ausscheiden
Umlagerung	(1) (3)	Keine ausreichende Deponiekapazität im Landkreis
Oberflächenabdichtung / -abdeckung	(2) (3)	
Sohlabdichtung	(1) (4)	Wegen der hohen Lage des Grundwasserstauers, ist eine in den Stauer einbindende Dichtwand eine bessere Lösung.
Umschließung	(1) (4)	
Verfestigung	(2) (4)	Nicht Stand der Technik für Hausmüll / Dioxin
Hydraulische Sicherungs- Abwehrbrunnen- Schluckbrunnen	(1) (4)	Durch den Betrieb von Abwehrbrunnen würde ein Teilbereich des noch nicht verunreinigten Aquifers verunreinigt werden. Das Wasser für Schluckbrunnen ist sinnvoller für die Wasserversorgung einzusetzen.
Thermische Behandlung On Site / Off Site	(1) (3)	Auf Grund des Schadstoffpotentials (Dioxin) kommt nur eine Hochtemperaturverbrennung in Frage. Keine Kapazität im akzeptablen Umkreis.
Mikrobiologische Behandlung In Situ / On Site / Off Site	(2) (4)	Verfahren für Bodenreinigung nicht für Hausmüll. Noch nicht Stand der Technik für Dioxin.
Chemische Behandlung	(2) (4)	Verfahren für Schadstoffvielfalt einer Deponie nicht geeignet; für Dioxin nicht Stand der Technik.
Naßmechanische Bodenwäsche	(2) (4)	Dioxin wird nicht wirksam entfernt.
Elektrokinetische Verfahrenen	(2) (4)	Nur für die Entfernung von Metallen geeignet.
Stripverfahren (Bodenluft, UVB)	(2) (4)	Keine nennenswerten Gehalte an leichtflüchtigen Schadstoffen in der Deponie vorhanden.

(1) geeignet hinsichtlich Deponie / Grundwasserschutz;

(2) nicht geeignet hinsichtlich Grundwasserschutz;

(3) geeignet hinsichtlich Abdeckschicht / Boden;

(4) nicht geeignet hinsichtlich Boden

Für diese Kombination gibt es unterschiedliche technische Varianten, die sich hinsichtlich Sanierungsergebnis oder finanziellem Aufwand (Baukosten, Kosten für die Wasserreinigung) unterscheiden. Folgende technische Varianten wurden näher untersucht:

- Dichtwand mit geringer Durchlässigkeit ($k_f = 10^{-10}$ m/s)
- Dichtwand mit mittlerer Durchlässigkeit ($k_f = 10^{-7}$ m/s)
- Dichtwand mit voller Bauhöhe (vom Stauer bis zur Geländeoberkante)
- Dichtwand mit halber Bauhöhe (vom Stauer bis 2 m über die Grundwasseroberfläche)
- Dichtwand, die den MoSt vollständig umschließt
- Dichtwand, die auf einer Seite (zum Rhein hin) offen ist
- Oberflächenabdichtung (Kombinationsdichtung)
- Oberflächenabdeckung (bindiges, kulturfähiges Erdreich)

Die sinnvollen Kombinationen sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

	Oberfläche		Deponiekörper							Mio. DM
			Vollumschließung				Rheinseitig offene Um- schließung $k_f = 10^{-10}$ m/s halbe Höhe	Wasserhaltung und Wasserreinigung mittels Umkehrosmose		
			$k_f = 10^{-7}$ m/s		$k_f = 10^{-10}$ m/s			2-stufig	3-stufig	
			Abdek- kung	Abdich- tung	volle Höhe	halbe Höhe				
I	X				X				X	15.1
II	X					X			X	14.4
III	X			X				X		20.6
IV		X			X				X	24.5
V		X				X			X	23.8
VI	X						X			4.1

Tabelle 5: Kombination von Sanierungsvarianten

Bei allen Varianten mit vollständiger Umschließung ist eine Wasserhaltung mit Wasserreinigung im umschlossenen Bereich erforderlich, um ein Potentialgefälle von außen nach innen aufrechtzuerhalten.

Bei der Variante mit der rheinseitig offenen Umschließung ist die Frage maßgebend, ob

die Dichtwand den Aquifer im Falle der Strömungsumkehr hinreichend vor Schadstoffeintrag schützt. Da bei einer halboffenen Umschließung eine künstliche Wasserhaltung nicht sinnvoll ist, wird die Altlast auch nach abgeschlossener Sanierung Schadstoffe an den angrenzenden Aquifer abgeben, zumal dorthin ein geringes Potentialgefälle besteht.

Für die Prognose der zu erwartenden Schadstoffkonzentrationen und -frachten gelten bei einer halboffenen Dichtwand folgende Grundüberlegungen:

- An der Deponiesohle werden sich Schadstoffkonzentrationen einstellen, die theoretisch um den Faktor 10 größer sind, als die derzeit im rheinseitigen Grundwasserabstrom gemessenen. Diese Aussage resultiert aus der Tatsache, daß bei vorhandener Dichtwand kein Grundwasser-Verdünnungsstrom mehr da ist.

Da das Immissionskriterium schon bei den heutigen Konzentrationen nicht erfüllt ist (vgl. Tabelle 1), werden die Schadstoffkonzentrationen (10fach aufkonzentriert), die bei einer Fließrichtungsumkehr durch Leckageströme der Dichtwand auf der Aquiferseite in unmittelbarer Nähe der Dichtwand auftreten werden, das Immissionskriterium auch nicht erfüllen.

Das Emissionskriterium wird, wie nachfolgende Tabelle 6 zeigt, von einer Dichtwand mit einer Durchlässigkeit von $k_f = 10^{-7}$ m/s nicht erfüllt; jedoch von einer Dichtwand mit $k_f = 10^{-10}$ m/s. Die voraussichtlichen Emissionen liegen sogar unter der Marke von 1% vom E_{\max} -Wert.

Tabelle 6: Effektive Schadstofffracht bei einseitig offener Umschließung (Verfahren VI)

PARAMETER	Einheit	Effektive Fracht bei $k_f = 10^{-7}$ m/s	Effektive Fracht bei $k_f = 10^{-10}$ m/s	E _{max} -W-Wert	1% von E _{max} -W-Wert
Ammonium	g/d	8990	8	1100	11
Cyanid, gesamt	g/d	9	0,01	85	0,85
Blei	g/d	4	< 0,01	20	0,2
Zink	g/d	135	0,1	3200	32
Nickel	g/d	4	<0,01	45	0,45
Kohlenwasserstoffe	g/d	38	0,03	100	1
Phenol-Index	g/d	1	<0,01	65	0,65
Monochlorbenzol	g/d	0,4	<0,01	21,6	0,2
EDTA	g/d	11	0,01	324	3,24
PCDD/PCDF *10E-6	g/d	0,3	<0,01	10	0,1

Nach Rücksprache mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg kann eine geringfügige Verletzung des *Immissionskriteriums* toleriert werden. Das Kriterium für Geringfügigkeit ist bei 1% des E_{max}-Wertes anzusetzen.

Damit ist der Nachweis erbracht, daß die Immissionsbegrenzung für eine einseitig offene Dichtwand mit einer Durchlässigkeit von $k_f = 10^{-10}$ m/s allenfalls geringfügig verletzt ist.

5. Monetäre Beurteilung der für die Sanierung des Modellstandortes geeigneten Sanierungsverfahren

5.1 Allgemeines

Die in Tabelle 5 angegebenen Gesamtkosten (Preisniveau 1993) setzen sich zusammen aus:

- Investitionskosten wie z. B. Kosten für die Oberflächenabdeckung /-abdichtung, Entgasung, Dichtwand und Wasserreinigungsanlage (wo erforderlich)
- Betriebskosten berechnet für 30 Jahre (Barwertberechnung) für Wartung und Reparaturarbeiten bei der Oberflächenabdichtung, Betriebskosten für die Wasserreinigungsanlage.

Alle Kostenangaben sind Nettopreise, d. h. sie enthalten keine Mehrwertsteuer.

5.2 Monetäre Gesamtbewertung

Die preiswerteste Sicherung des gesamten Modellstandortes Deponie Herten (Boden und Grundwasser) kann durch das Sanierungsverfahren VI (Oberflächenabdeckung, rheinseitig offene Umschließung bei halber Bauhöhe und $k_{f=}$ 10^{-10} m/s) erreicht werden. Die Gesamtkosten belaufen sich auf ca. DM 4.100.000,--. Das kostenmäßig nächstgünstigste Verfahren ist die Variante II (Oberflächenabdeckung, Vollumschließung bei halber Bauhöhe mit

$k_{f=}$ 10^{-10} m/s, Wasserhaltung und Wasserreinigung mit 3stufiger Umkehrosmoseanlage); sie ist mit Schätzkosten in Höhe von ca. DM 14.400.000,-- jedoch erheblich teurer.

5.3 Kosten-Wirksamkeits-Abschätzung

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß für die Sanierung des Modellstandortes Deponie Herten keine Dekontaminationsverfahren sondern nur Sicherungsverfahren in Frage kommen, d. h., daß das Schadstoffpotential nicht beseitigt wird und auf unbestimmte Zeit erhalten bleibt. Nur bei einer eventuellen Sickerwasserkreislaufführung würden die wasserlöslichen Schadstoffe allmählich entfernt werden. Ein derartiges Vorgehen ist jedoch großflächig nur bei den relativ teuren Sanierungsverfahren I und IV mit Vollumschließung und Dichtwand auf voller Höhe möglich.

Da keine gezielte Dekontamination der Schadstoffquelle stattfindet, können bezüglich der vom Standort beeinflussten Schutzgüter die Hintergrundwerte als Sanierungsziele *nicht erreicht* werden, sondern nur die einzelfallbezogenen Mindestanforderungen. In Abbildung 7 wird das Verhältnis Kosten/Wirksamkeit in einem Diagramm dargestellt.

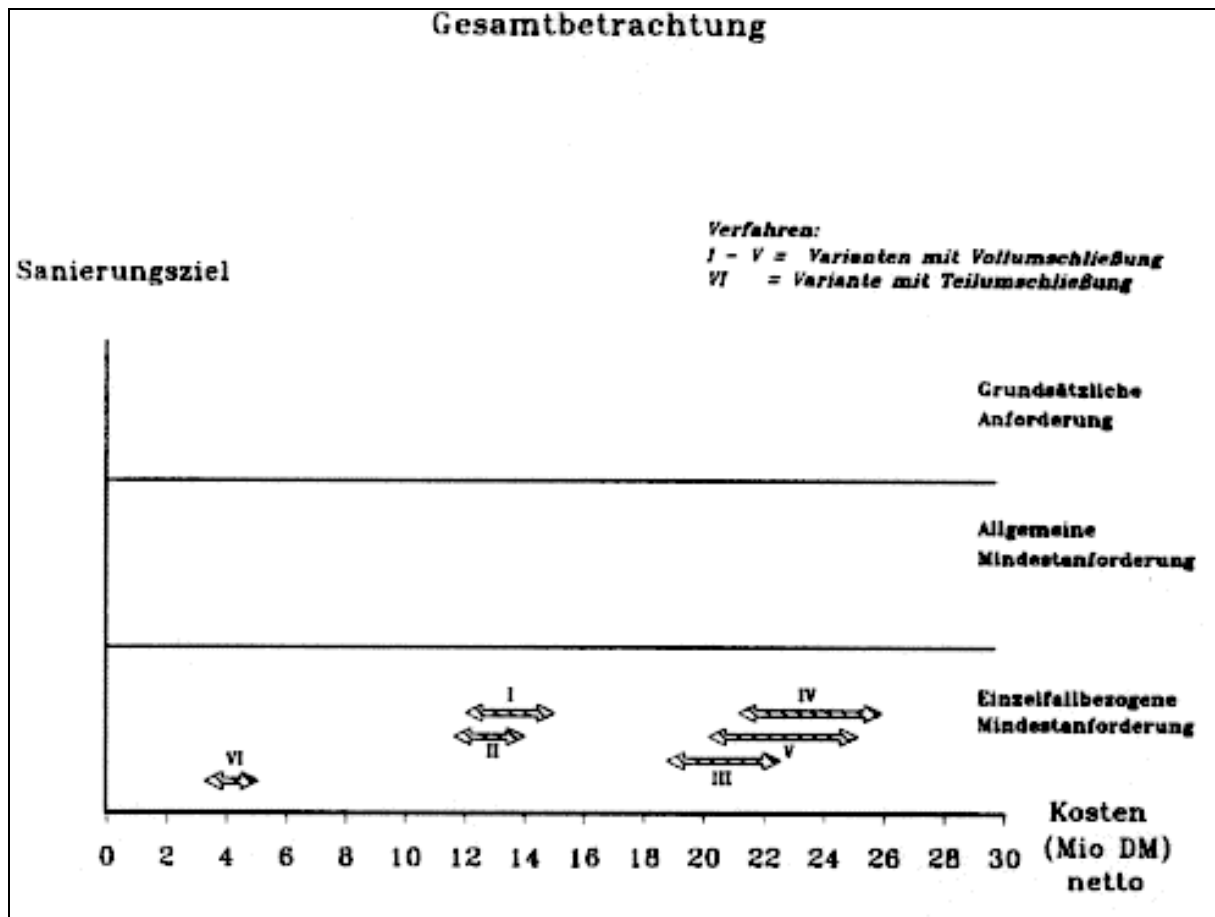


Abb. 8: Kosten-Wirksamkeits-Diagramm Gesamt Betrachtung

Aus dem Diagramm geht hervor, daß alle Sanierungsverfahren in etwa die gleiche Wirkung haben. Das kostengünstigste Verfahren VI wurde hinsichtlich der verbleibenden Restbelastung des Schutzzutes Grundwasser etwas schlechter eingestuft, da es ohne Wasserhaltung arbeitet und somit eine Tendenz des Schadstoffaustritts in Richtung Aquifer prinzipiell bestehen bleibt.

6. Nichtmonetäre Beurteilung der für die Sanierung des Modellstandortes geeigneten Sanierungsverfahren

Bei den betrachteten Sanierungsvarianten handelt es sich um sechs technische Variationen einer Abdeckung und Umschließung einer Deponie.

Allen sechs Sanierungsverfahren gemeinsam ist die geringe Zeitdauer (Bauzeit ca. 1 Jahr) bis zur Entfaltung ihrer vollen Wirksamkeit und deren gute, auch dauerhafte Kontrollierbarkeit. Der kurzzeitige Flächenbedarf für die Baustelleneinrichtung unterscheidet sich bei den Verfahren nicht wesentlich.

Die landschaftlichen Auswirkungen während und nach der Bauzeit sind etwa gleich. Der Grundwasserschutz ist sicher gewährleistet, wenn die Deponie mit einer Dichtwand umschlossen wird; dabei ist es nicht relevant, ob die Dichtwand auf halbe oder ganze Höhe errichtet wird.

Eine umfangreiche Betrachtung von nichtmonetären Gesichtspunkten kann daher u. E. keine wesentlichen Gesichtspunkte für die Entscheidungsfindung liefern und somit entfallen.

7. Sanierungsvorschlag

Das Sanierungsverfahren VI - Oberflächenabdeckung und rheinseitig offene Dichtwandumschließung ($k_f = 10^{-10}$ m/s), Bauhöhe der Dichtwand bis ca. 2 m über den Grundwasserspiegel - ist bei gemeinsamer Gewichtung monetärer und nichtmonetärer Gesichtspunkte vorzuziehen.

Der Sanierungsvorschlag lautet demnach:

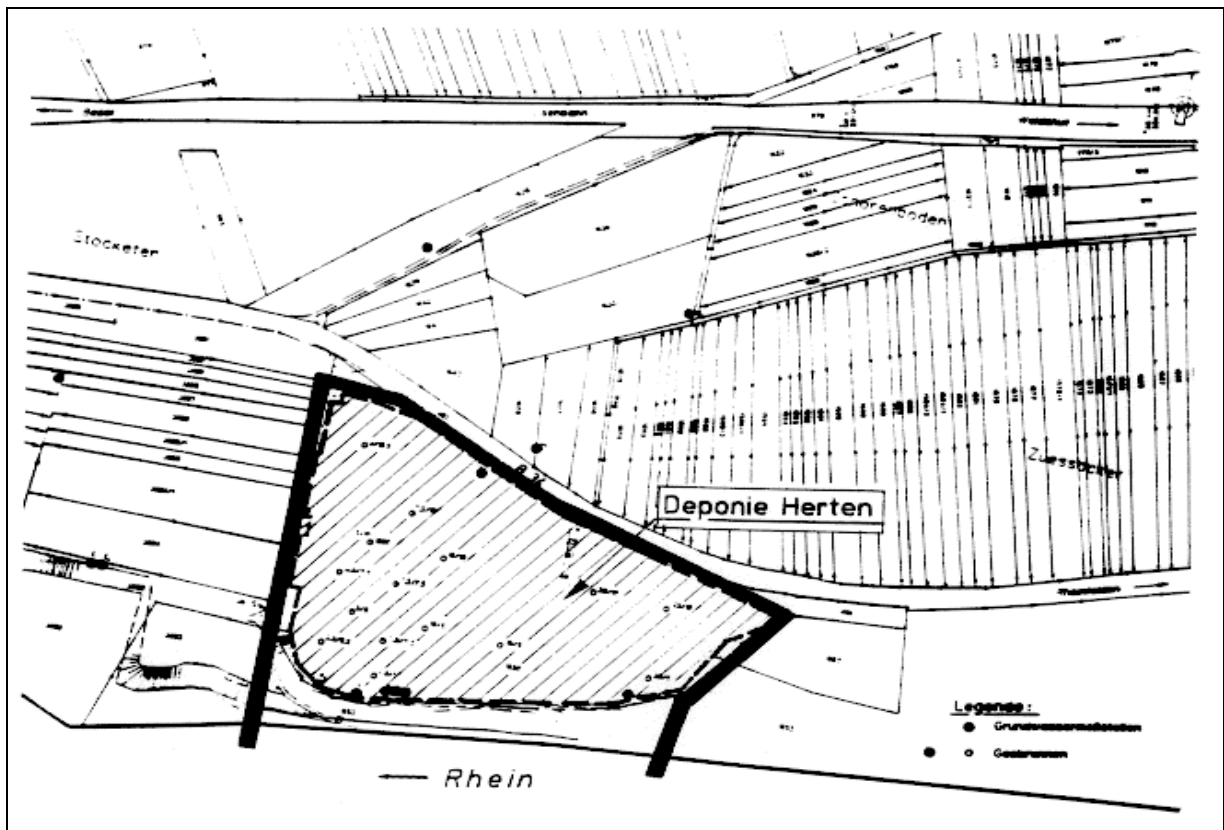


Abb. 9: Prinzipgrundriß Sanierungsvorschlag 1 (Verfahren VI)

Die Deponie sollte mit bindigem Erdaushub der Qualität "P-M2-Wert" abgedeckt werden. Die seitliche Umschließung der Deponie sollte in Körperbauweise (Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 10^{-10}$ m/s) bis auf 2 m über dem zu erwartenden maximalen Grundwasserspiegel ausgeführt werden. Die Dichtwand soll die Deponie hufeisenförmig umschließen und rheinseitig offen bleiben; ihre beiden Enden sollen in das Flußufer eingebunden werden. Die Kosten für diese Sanierungsmaßnahme belaufen sich auf ca. DM 4.100.000,-- (zuzügl. MwSt).

Unter der Voraussetzung, daß die derzeitigen Grundwasserfließverhältnisse (Vorflut Rhein, kein betroffener nutzungswürdiger Grundwasserbereich) erhalten bleiben, besteht keine Sanierungsnotwendigkeit. Wenn keine Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, darf die Trinkwasserförderung im Anstrom 80 l/s nicht überschreiten (Nutzungseinschränkung). Zur Verhinderung einer Windverfrachtung aus der Abdeckschicht ist jedoch auch in diesem Fall zumindest eine Oberflächenabdeckung (Kosten DM 750.000,-- zuzügl. MwSt.) erforderlich.

Anlage

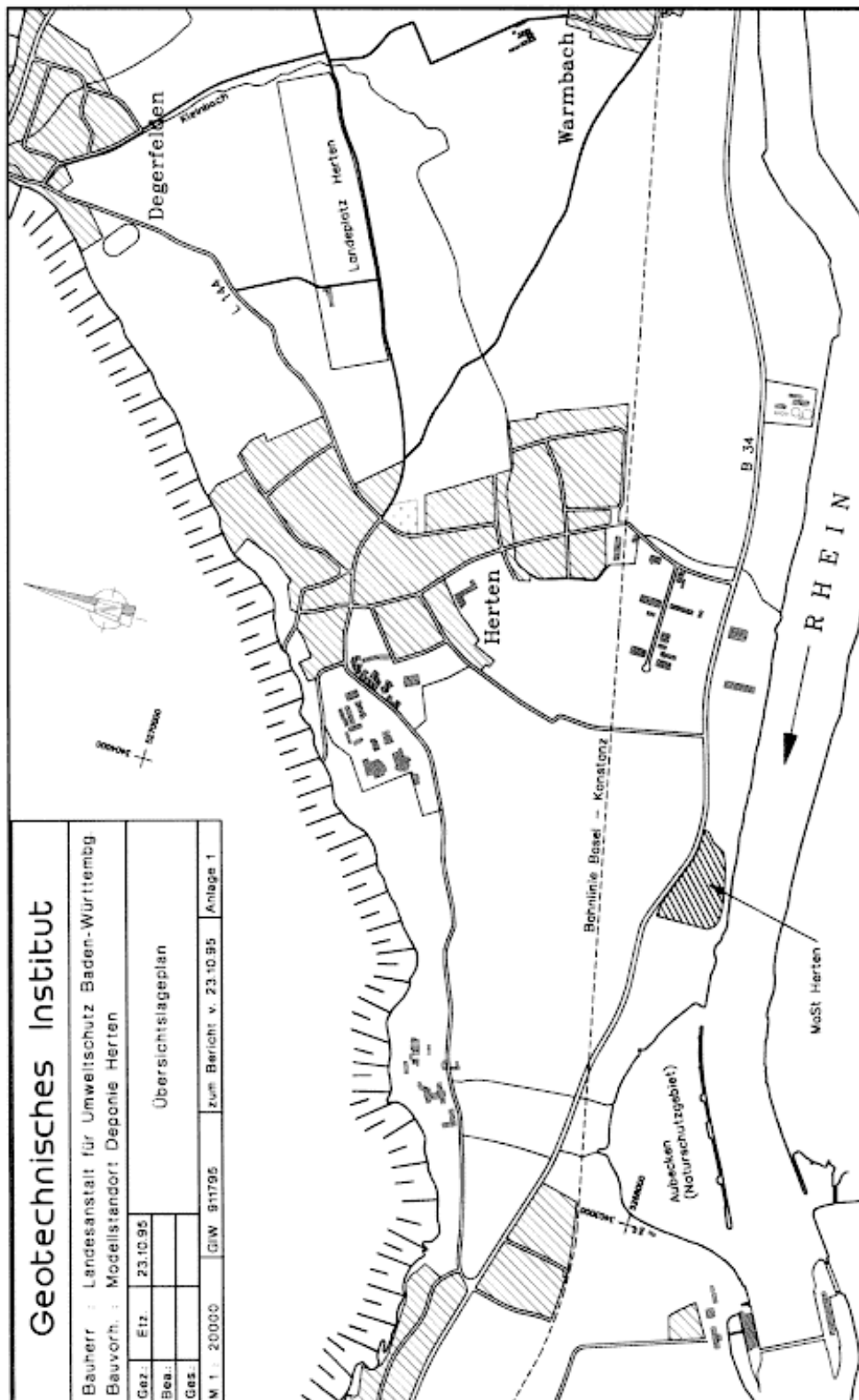


Abb. 10: Übersichtslageplan

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schematischer Längsschnitt	2
Abb. 2:	Darstellung der Grundwasserverhältnisse, Ist-Zustand.....	3
Abb. 3:	Abflußverteilung längs des Rheinufer am westlichen Ende des Aquifers	4
Abb. 4:	Zuflußverteilung des Rheinufer am westlichen Ende des Aquifers bei voller Ausschöpfung der genehmigten mittleren Gesamtentnahmemenge von 106,2 l/s	4
Abb. 5:	Darstellung der ehemaligen Kiesgrube	7
Abb. 6:	Derzeitiger Austrag von Ammonium.....	9
Abb. 7:	Austrag von Ammonium bei Fließrichtungsumkehr.....	10
Abb. 8:	Kosten-Wirksamkeits-Diagramm Gesamtbetrachtung	18
Abb. 9:	Prinzipgrundriß Sanierungsvorschlag 1 (Verfahren VI)	20
Abb. 10:	Übersichtslageplan	21

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wasseranalysen	7
Tabelle 2:	Effektive Schadstofffrachten	10
Tabelle 3:	Gegenüberstellung Schadstoffgehalte im Boden und P-M2-Werte.....	12
Tabelle 4:	Matrix Verfahrensvorauswahl	14
Tabelle 5:	Kombination von Sanierungsvarianten	15
Tabelle 6:	Effektive Schadstofffracht bei einseitig offener Umschließung (Verfahren VI).....	16

Indexverzeichnis

M		Kosten-Wirksamkeits-Abschätzung....	17
Modellstandort Herten		Kosten-Wirksamkeits-Diagramm	17
Abflußverteilung.....	3	künftiger Zustand	11
Ablagerungsgut (Deponat).....	8	monetäre Beurteilung.....	17
Beschreibung des Modellstandortes	1	nichtmonetäre Beurteilung.....	19
Boden (Abdeckschicht)	6	Sanierungsvarianten	14
Boden, Schutzgut Pflanzen.....	12	Sanierungsvorschlag	20
Bodenluft / Deponiegas	8	schematischer Längsschnitt.....	2
effektive Schadstofffracht.....	10, 16	Schutzgut Boden	1
Gesundheit von Menschen auf		Schutzgut Grundwasser.....	1
kontaminierten Flächen	11	Sickerwasser / Eluat.....	8
Grundwasserverhältnisse	2	Verfahrensvorauswahl	13, 14
Grundwasserverhältnisse, Ist-Zustand ..	3	Wasseranalysen	7
heutiger Zustand	10	Zuflußverteilung.....	4