
Materialien

Nr. 4

Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen



Landesumweltamt
Nordrhein-Westfalen

Materialien

Nr. 4

Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen

3. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch

22. März 1994

Essen 1994

IMPRESSUM

**Herausgegeben vom
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen • Telefon (02 01) 79 95 - 0**

Gedruckt auf 100 % Altpapier ohne Chlorbleiche

Vorwort

Am 22. März 1994 fand das 3. Abfallwirtschaftliche Fachgespräch im Landesamt für Wasser und Abfall NRW statt. Diese Form der Diskussion aktueller Fragen der Abfallablagerung mit Vertretern der nordrhein-westfälischen Zulassungs- und Fachbehörden ist inzwischen zu einer festen Einrichtung geworden.

Das Thema „Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen“ ist von besonderer Aktualität, denn es wird dem Ruf nach Kostensenkung und Schonung natürlicher Rohstoffvorkommen zugleich gerecht. Alternative Deponiebaustoffe unterliegen aber den Qualitätsanforderungen der TA Abfall und TA Siedlungsabfall und sind auf ihre Gleichwertigkeit hin zu überprüfen.

Die Vorträge vermittelten hierzu Beurteilungsgrundlagen und Beispiele, die zeigen, in welchen Rahmen bei individuellen Entscheidungen Gestaltungsfreiräume genutzt werden können.

Die Vorträge geben die persönliche Auffassung der Referenten wieder und werden mit dieser Publikation zur Diskussion gestellt.

Auch unter dem Dach des im April 1994 neu gegründeten Landesumweltamtes NRW wird die Reihe der Abfallwirtschaftlichen Fachgespräche fortgesetzt. Mein Dank gilt allen Beteiligten an dem Fachgespräch. Ich hoffe sehr, daß damit Impulse für „umweltfreundliche Baustoffe“ und deren Anwendung gegeben werden.

Essen, im Mai 1994



Dr.-Ing. Harald Irmer
Präsident des
Landesumweltamtes
Nordrhein-Westfalen

Inhalt

| | |
|--|----|
| Vorwort..... | 3 |
| Anforderungen an Materialien für Entwässerungsschichten <i>Dipl.-Ing. Ilse Polednik, LWA</i> | 7 |
| Wassergehaltsänderungen in mineralischen Abdichtungen – Konsequenzen für den Aufbau von Abdichtungssystemen – <i>LRBD Werner Schmidt, LWA</i> | 19 |
| Einsatz von „güteüberwachtem“ RCL-Material als Teil einer Oberflächenabdichtung <i>RBD H. Wilbertz, Bernhard Hessenius, Reinhard Günther, Günther Knoch, StAWA Düsseldorf</i> | 31 |
| Erfahrungen mit dem Einbau eines alternativen Abdichtungssystems am Beispiel der ZD Dochum-Kornharpen <i>Dipl.-Ing. D. Reinders, StAWA Herten</i> | 51 |
| Standortangepaßte Oberflächenabdichtung am Beispiel der Deponie Bornheim-Hersel <i>Bernd Gutmann, StAWA Bonn</i> | 59 |
| Liste der bisherigen LUA-Materialien | 91 |

Referentenliste:

Dipl.-Ing. Gütman

StAWA Bonn, Friedrich-Ebert-Straße 144, 53133 Bonn

Dipl.-Ing. I. Polednik

Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Postfach 10 34 42, 40025 Düsseldorf

Dipl.-Ing. D. Reinders

StAWA Herten, Gartenstraße 27, 45699 Herten

LRBD W. Schmidt

Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Postfach 10 34 42, 40025 Düsseldorf

RBD Wilbertz

StAWA Düsseldorf, Schanzenstraße 90, 40549 Düsseldorf

Anforderungen an Materialien für Entwässerungsschichten

Dipl.-Ing. Ilse Polednik, LWA

1. Einführung

Während der Betriebsphase und auch nach der Verfüllung einer Deponie ist das anfallende Sickerwasser über ein funktionstüchtiges Entwässerungssystem zu sammeln und rasch abzuleiten.

Das Entwässerungssystem, als Teil des Basisabdichtungssystems, setzt sich in der Regel aus folgenden Einzelementen zusammen:

- Schutzschicht,
 - Entwässerungsschicht,
 - Entwässerungsleitungen,
 - Sammel- und Kontrollschächte
- } im Ablagerungsbereich
- außerhalb der Deponie

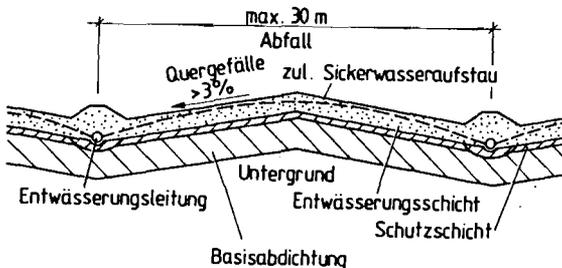


Abbildung 1: Ausführungsbeispiel eines Basis-Entwässerungssystems (GDA-Empfehlungen, 1993)

In diesem Beitrag werden insbesondere die Funktionen der Entwässerungsschicht an der Deponiebasis und die Anforderungen, die an das Material zu stellen sind, vorgestellt.

2. Aufgabe der Entwässerungsschicht

Aufgabe der Entwässerungsschicht ist es, das anfallende Sickerwasser zu sammeln und im freien Gefälle den Entwässerungsleitungen zuzuführen, über die es wiederum in Sammel- und Kontrollschächten zugeleitet wird.

Hierdurch soll ein Sickerwassereinstau im Deponiekörper und daraus resultierende negative Auswirkungen verhindert werden, z.B.:

- ein erheblicher hydrostatischer Druck auf die Basisabdichtung,
- eine Verminderung der Deponiestandsicherheit.

3. Materialanforderungen

Die Anforderungen an das Material für Entwässerungsschichten ergeben sich im wesentlichen aus

- der TA Abfall, Teil 1,
- der TA Siedlungsabfall,
- der DIN 19667, Dränung von Deponien,
- den Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und Altlasten" - GDA, und dem
- (Niedersächserlaß, Abdichtung von Deponien für Siedlungsabfälle).

Nach diesen Regelwerken sind die Materialien so auszuwählen, daß sie den mechanischen Belastungen in allen Lastfällen sowie den chemisch-physikalischen und biochemischen Einwirkungen ohne nachteilige Veränderungen standhalten.

Es ist ein möglichst gewaschenes Material, bevorzugt Rundkorn, zu verwenden.

Eine Zusammenstellung der Anforderungen zeigt Tabelle 1.

| Basis-Entwässerungsschicht/-material | TA Abfall Teil 1 | TA Siedlungsabfall | DIN 19667 | GDA-Empfehlung | Niedersachsen-erlaß |
|--------------------------------------|---|---|---|--|---|
| Dicke | $D \geq 0,3 \text{ m}$ | $D \geq 0,3 \text{ m}$ | $D \geq 0,3 \text{ m}$ | $D \geq 0,3 \text{ m}$ | $D \geq 0,5 \text{ m}$ |
| Gefälle -quer -längs | $\geq 3\%$ $\geq 1\%$ | $\geq 3\%$ $\geq 1\%$ | $\geq 3\%$ $\geq 1\%$ | $\geq 3\%$ $\geq 1\%$ | $\geq 3\%$ $\geq 1,5\%$ |
| Durchlässigkeitsbeiwert | $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ | $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ | $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ | $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, langfristig $k \geq 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$, Einbauzustand | ---- |
| Kalziumcarbonatgehalt | $\leq 20 \text{ Gew.-%}$ | $\leq 20 \text{ Gew.-%}$ | kalkfreies/kalkarmes Material | $\leq 20 \text{ Gew.-%}$ $\leq 1 \text{ Gew.-%}$ nicht kristallin gebunden | $\leq 10 \text{ Gew.-% i.M.}$ $\leq 5 \text{ Gew.-% i.M.}$ als Bindemittel $\leq 1 \text{ Gew.-% i.M.}$ nicht kristallin gebunden |
| Kornverteilung | im Bereich 16/32 mm | im Bereich 16/32 mm | 16/32 mm o. a. Korngröße nach DIN 4226 T1 | 16/32 mm | 16/32 mm |
| Porenraum | Größenordnung der Kornverteil. 16/32 mm | Größenordnung der Kornverteil. 16/32 mm | ---- | Körnungen die in der Schüttung großen Hohlraumanteil u. große Abmessungen der einzelnen Hohlräume gewährleisten. | ---- |

Tabelle 1: Zusammenstellung der Anforderungen an Entwässerungsschichten und -materialien

4. Inkrustationen

Die Entwässerungsschicht und die Entwässerungsleitungen müssen aus den unter Punkt 2 genannten Gründen langfristig funktionstüchtig bleiben.

Untersuchungen von RAMKE und BRUNE haben jedoch gezeigt, daß die Entwässerungssysteme vieler betriebener Deponien zum Teil erheblich in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt sind, wodurch es zu Schäden kommt, die sich durch Sickerwassereinstau im Abfallkörper, Wasseraustritt aus der Deponieböschung, o. ä. äußern.

Die Ursache sind feste Ablagerungen (sogenannte Inkrustationen), die mit der Zeit sowohl die Entwässerungsleitungen als auch die Entwässerungsschicht undurchlässig bzw. nur noch bedingt durchlässig werden lassen.

Aus den o. g. Untersuchungen ist weiterhin bekannt, daß die Inkrustierung eines Entwässerungssystems eine Folge von mikrobiologischen Aktivitäten unter anaeroben Milieubedingungen ist. Die festen Ablagerungen bestehen hauptsächlich aus Biomasse, sowie den anorganischen Bestandteilen Kalzium, Eisen und Mangan in Form ihrer Carbonate bzw. Sulfide.

Die Ablagerungen können nur entstehen, wenn im Sickerwasser gleichzeitig gut abbaubare organische Substanzen (als Nährstoff für die inkrustationsbildenden Mikroorganismen) und Ionen (z. B. Kalzium, Eisen, Mangan, Sulfat, Hydrogencarbonat, usw.) in Lösung sind.

Welches Ausmaß solche Inkrustationen annehmen können, haben die flächenhaften Ausgrabungen einzelner Versuchsfelder auf der Deponie Geldern Pont im Rahmen einer von DÜLLMANN und EISELE, 1989, durchgeführten Schadensanalyse gezeigt.

In den Jahren 1977/78 wurden die Versuchsfelder mit einer Grundfläche von ca. 50 x 20 m angelegt. Für die ca. 30 cm mächtige Entwässerungsschicht wurde ein gewaschenes Kies-Sand-Gemisch mit 20 % - Anteil Sand, 0 - 2 mm und 80 % - Anteil Fein-Mittelkies, 2 - 9 mm verwendet. Abbildung 2 zeigt beispielhaft eine Körnungslinie des Kies-Sand Gemisches.

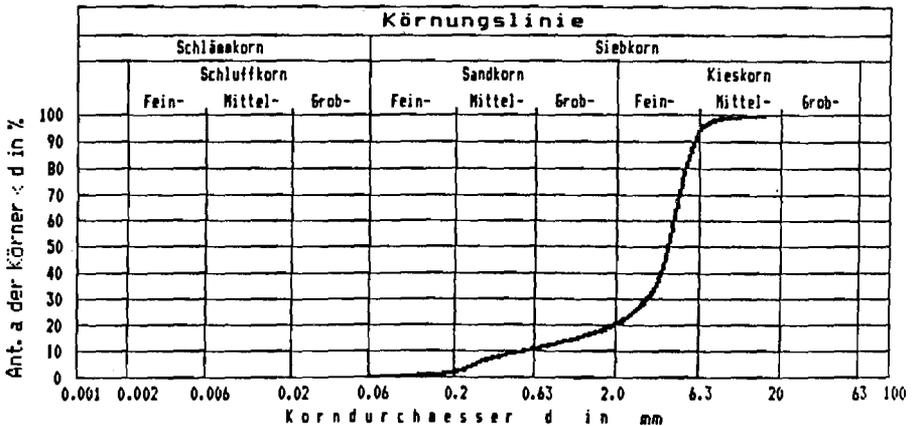


Abbildung 2: Körnungslinie des Kies-Sand-Gemisches (Beispiel)

Gegenüber diesem Einbauzustand waren nach siebenjährigem Deponiebetrieb und Beaufschlagung mit Sickerwasser erhebliche Veränderungen aufgetreten. Nicht nur die Rohrleitungen und ihre direkte Umgebung, sondern auch weite Bereiche der Entwässerungsschicht waren infolge starker Verkrustungen weitgehend verfestigt und wasserundurchlässig.

Die Verkrustung der Entwässerungsschicht wurde auf ca. 50 % der freigelegten Gesamtfläche und auf ca. 30 % des Gesamtvolumens geschätzt. Die Restdurchlässigkeit der verkrusteten Entwässerungsschicht lag in Größenordnungen von 10^{-8} m/s.

Die chemischen Analysen zeigten, daß Kalzium und Eisen in Form ihrer Carbonate bzw. Sulfide, sowie organisches Material (Biomasse) die Hauptbestandteile der festen Ablagerung bildeten.

Das gesamte Ausmaß der Inkrustationen ist im Abschlußbericht von DÜLLMANN und EISELE beschrieben.

Inkrustationen können derzeit nur innerhalb der Entwässerungsleitungen durch Spülen und/oder Fräsen entfernt werden. Inkrustierte Entwässerungsschichten lassen sich bisher nicht wieder durchlässig machen.

An der TU Braunschweig wurden von COLLINS, TURK, HANERT, HARBORTH und WITTMAYER im Rahmen eines Forschungsvorhabens u.a.

- Rücklösungsversuche im Labormaßstab zur Auflösung von Inkrustierungen in der Entwässerungsschicht durchgeführt, sowie
- die Wirksamkeit von Desinfektionsmaßnahmen zur Hemmung der mikrobiologischen Aktivität bei unterschiedlicher Sickerwasserbelastung geprüft.

Die Laborexperimente zeigten einen positiven Verlauf. Feste Inkrustationen, wie sie in Entwässerungsschichten von Deponien vorkommen, konnten mit Säuren rückgelöst und die Neubildung von Inkrustationen durch Desinfektionsmaßnahmen (Einsatz von Peroxiden als Desinfektionsmittel) zumindest zeitlich verzögert werden.

Die Übertragung dieser Ergebnisse in den großtechnischen Maßstab (Deponie) steht noch aus.

Zu den inkrustationsmindernden Möglichkeiten, die bereits heute realisierbar erscheinen, zählen betriebstechnische Maßnahmen die auf eine Verringerung der biologisch umsetzbaren Bestandteile des Abfalls abzielen, z.B. biologische Vorbehandlung, sowie der Einsatz von Dränmaterialien mit möglichst großem Einzelporendurchmesser und großem Porenvolumen.

5. Granulate aus der Steinkohlefeuerung

Neben Kies der Körnung 16/32 mm oder ähnlicher Körnungen werden als Material für die Entwässerungsschicht auf Deponien auch Granulate aus der Steinkohlefeuerung (Schmelzkammergranulat bzw. Kesselschlackengranulat) eingesetzt. Z.B. auf den Deponien Alsdorf-Warden, Rothenbach, Bochum-Kornharpen.

HECKÖTTER und WÄCHTER berichten, daß für einen konkreten Anwendungsfall Granulate aus der Feldmühle Düsseldorf-Reisholz und dem städtischen Kraftwerk "Auf der Lausward" in Düsseldorf auf ihre mechanisch-physikalische Eignung und chemische Beständigkeit gegenüber Sickerwasser im Labor geprüft wurden.

Die mechanisch-physikalischen Prüfungen umfaßten Korngrößenverteilung, Schüttdichte, Proctordichte, Durchlässigkeit, Kompressionsverhalten und Filterstabilität gegenüber einer Dränagerohrummantelung der Körnung 16/32 mm. Die Abbildung 3 zeigt die Körnungslinien der untersuchten Granulate.

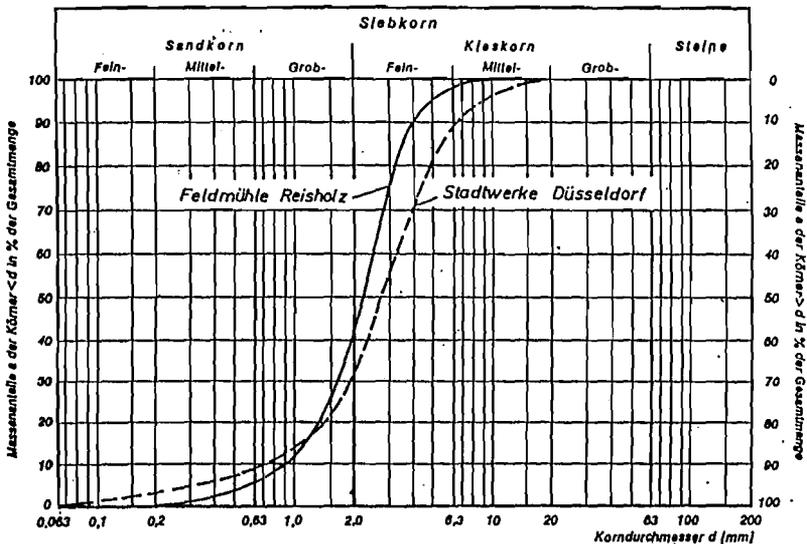


Abbildung 3: Körnungslinie der Granulate aus der Feldmühle Reisholz und der Stadtwerke Düsseldorf

Zu den chemischen Untersuchungen gehörte das Lösungsverhalten gegenüber Königswasser, das Auslaugungsverhalten mit deionisiertem Wasser und synthetischem Sickerwasser.

Die Verfasser kommen aufgrund der durchgeführten bodenmechanischen und chemischen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Verwendung von Schmelzkammergranulat als Material für die Flächendränage auf Mülldeponien möglich ist. Die nicht gegenüber allen größeren Körnungen vorhandene Filterstabilität, siehe Abbildung 4, soll durch geringe Zusatzmaßnahmen, z.B. abgestuftes Filter im Bereich der Entwässerungsleitungen, Einsatz eines Vlieses oder durch Umstellen der Filterkörnung 16/32 mm auf die Körnung 8/45 mm garantiert werden. Ein Einschlämmen von Feinmaterial aus dem Abfall in die Entwässerungsschicht soll durch betriebliche Maßnahmen, z.B. erste Müllschicht aus einem nahezu inerten körnigen Material, vermieden werden.

Die biochemischen Einwirkungen (Inkrustationsprozesse) wurden in dem von HECKÖTTER und WÄCHTER vorgestellten Untersuchungsprogramm nicht betrachtet.

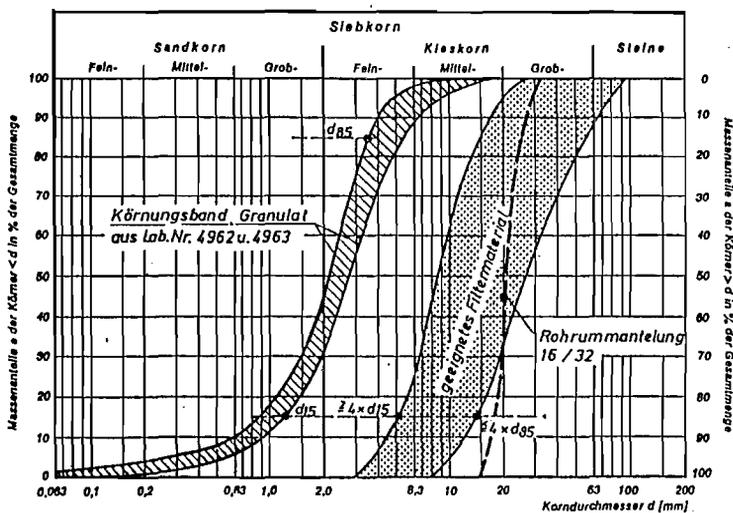


Abbildung 4: Prüfung auf Filterstabilität

6. Zusammenfassung

Zur Vermeidung eines Sickerwasseraufstaus in den Abfallkörper ist ein langfristig funktionierendes Entwässerungssystem erforderlich. Die Entwässerungsschicht, als ein Element des Entwässerungssystems, übernimmt hierbei eine bedeutende Teilfunktion.

Für die Entwässerungsschicht sind Materialien zu verwenden, welche dem Deponiebetrieb, d. h. den mechanischen Belastungen, sowie den chemisch-physikalischen und biochemischen Einwirkungen standhalten.

Aus Forschungsvorhaben ist bekannt, daß Inkrustationen zu erheblichen Beeinträchtigungen führen. Die Ausgrabungen der Versuchsfelder auf der Deponie Geldern Pont haben gezeigt, daß nicht nur die Entwässerungsleitungen sondern auch weite Bereiche der Entwässerungsschicht verfestigt und wasserundurchlässig waren.

Nach heutigen Erkenntnissen lassen sich diese Inkrustationsvorgänge nicht völlig verhindern, ihr Ausmaß aber begrenzen.

7. Literaturverzeichnis

Collins, H.-J.; Turk, M. Hanert, H.H.; Harborth, P.;
Wittmaier, M.

Leichtweiß-Institut, Abt. Abfallwirtschaft, TU Braunschweig
Institut für Mikrobiologie, Projektgruppe Technische Ökologie, TU Braunschweig

Erhaltung der Funktionstüchtigkeit von Deponieentwässerungssystemen-
abfallwirtschaftliche und betriebstechnische Maßnahmen

Deponieabdichtungssysteme

2. Arbeitstagung 1993, BAM.

DIN 19667

Dränung von Deponien, Technische Regeln für Planung,
Bauausführung und Betrieb, Mai 1991.

Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA
Siedlungsabfall) 14.05.1993: Technische Anleitung zur Ver-
wertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungs-
abfällen.

Düllmann, H.; Eisele, B.

Schadensanalyse von Deponiebasisabdichtungen aus Kunststoff-
dichtungsbahnen,
Abschlußbericht 1989,
Umweltbundesamt und Minister für Umwelt, Raumordnung und
Landwirtschaft des Landes NRW,
Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 103 02 225.

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponien und
Altlasten" - GDA, hrsg. von der Dt. Ges. für Erd- und Grund-
bau e. V. - Berlin: Ernst & Sohn, 2. Auflage, 1993.

Heckötter, CH.; Wächter, H.

Kesselschlackengranulat als Flächenfilter auf Deponieab-
dichtungen

in:

Karl J. Thome - Kozmiensky

Deponie 3, Ablagerung von Abfällen,

EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH, 1989.

Niedersächsischer Minister für Umwelt:

Abdichtung von Deponien für Siedlungsabfälle, RdErl. vom
24.06.1988-207-62812/21-.

Ramke, H.-G.; Brune, M.

Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit von Entwässerungsschichten in Deponiebasisabdichtungssystemen, Abschlußbericht 1990
Bundesminister für Forschung und Technologie,
FKZ BMFT 145 04573.

Zweite Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall), Teil 1, 12.3.1991: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch-physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen.

**Wassergehaltsänderungen
in mineralischen Abdichtungen
Konsequenzen für den Aufbau von Abdichtungssystemen**

W. Schmidt

1. Einleitung

Mit dem Forschungsbericht von Dr. U. Holzlöhner "Langzeitverhalten von mineralischen Abdichtungsschichten in Deponieabdichtungen hinsichtlich Austrocknung und Rißbildung" vom September 1990 [1] und mit der Dissertation von S. Melchior "Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponier- und Altlasten" [2] liegen die Ergebnisse zweier Untersuchungsvorhaben vor, die sich im Labor und im Feld mit der Wirkung von Wassergehaltsänderungen in mineralischen Abdichtungen oder Abdichtungselementen befassen.

Da bereits geringe Wassergehaltsänderungen die Eigenschaften mineralischer Dichtstoffe deutlich beeinflussen können, sind die beobachteten Phänomene von großer Bedeutung für die Langzeitwirkung mineralischer Abdichtungen und müssen deshalb auch in die Bewertung alternativer Abdichtungssysteme oder alternativer Baustoffe einbezogen werden.

Im folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse der beiden Untersuchungsvorhaben zusammenfassend dargestellt werden.

Darüber hinaus sollen erste Folgerungen für Planung, Bau und Überwachung von Deponieabdichtungssystemen zur Diskussion gestellt werden.

2. Untersuchungsergebnisse

2.1 Langzeitverhalten von mineralischen Abdichtungsschichten in Deponieabdichtungen hinsichtlich Austrocknung und Rißbildung.

Holzlöhner ging in seiner Untersuchung der Frage nach, inwieweit in einem Deponiebasisabdichtungssystem die durch die Kunststoffdichtungsbahn abgedeckte mineralische Dichtschicht im Laufe der Betriebszeit austrocknen könnte.

Die Austrocknung kann durch die der Kapillaren Saugspannung entgegenwirkende Gravitation und durch einen Temperaturgradienten bewirkt werden.

Der Temperaturgradient bewirkt eine Feuchtebewegung zur kühlen Seite, bei der Basisabdichtung von Hausmülldeponien also von oben nach unten.

Auf die Austrocknung wirken insgesamt folgende Einflußgrößen:

- Mineralisches Dichtungsmaterial
- Untergrundmaterial
- Auflast durch Abfälle
- Temperaturdifferenz
- Grundwasserstand

Holzlhöner untersuchte 3 mineralische Dichtstoffe mit unterschiedlichen Körnungslinien. Er variierte das Untergrundmaterial mit Grobsand, Mittelsand und feinsandigem Mittelsand. An 0,9 m hohen Bodensäulen (wie im Bild 1 dargestellt) legte er die Temperaturdifferenz von 30 nach 10° C an und führte Messungen über eine Dauer von 1 bis 2 Jahren durch.

Er beobachtete bei grob- und mittelsandigem Untergrund erhebliche Wassergehaltsänderungen (41 % auf 30 %, 14,3 % auf 6 %, 9,3 % auf 3 %), die bei den Dichtstoffen mit hohem Feinkornanteil mit Schrumpferscheinungen verbunden waren. Siehe Bild 2.

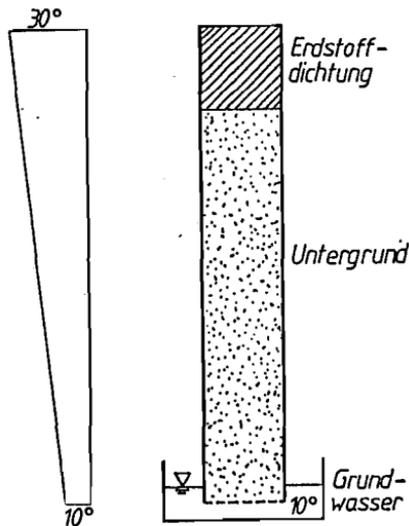


Bild 1: Randbedingungen der untersuchten Bodensäulen

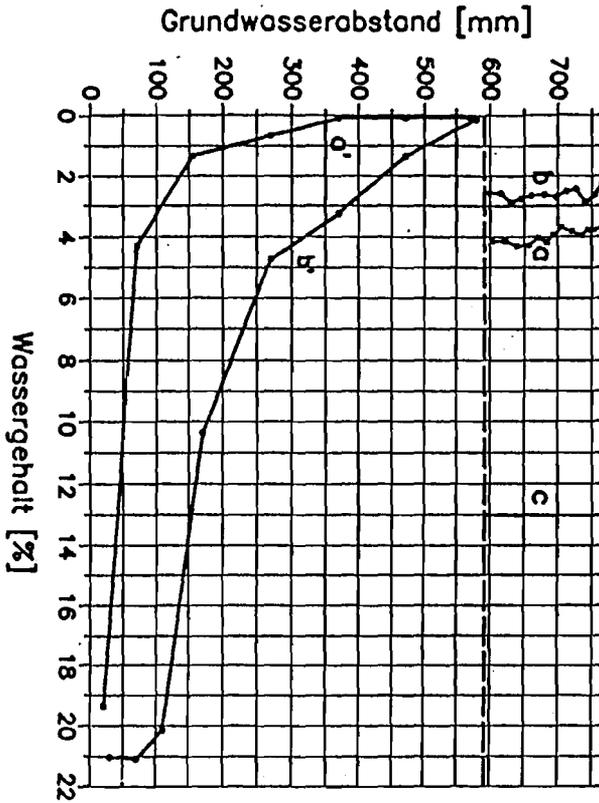


Bild 2: Wassergehalt in der "Bastwald" - Dichtungsschicht über Grobsand (a,a') und über Mittelsand (b,b') nach 742 Tagen Standzeit, c Einbauwassergehalt. Versuche 6 und 7.

Bei feinsandigem Untergrund wurde, wie Bild 3 zeigt, kein Rückgang sondern ein Anstieg der Wassergehalte festgestellt, da der Feinsand an der Grenzfläche Dichtungsschicht-Untergrund noch einem ausreichendem Wassergehalt anbot.

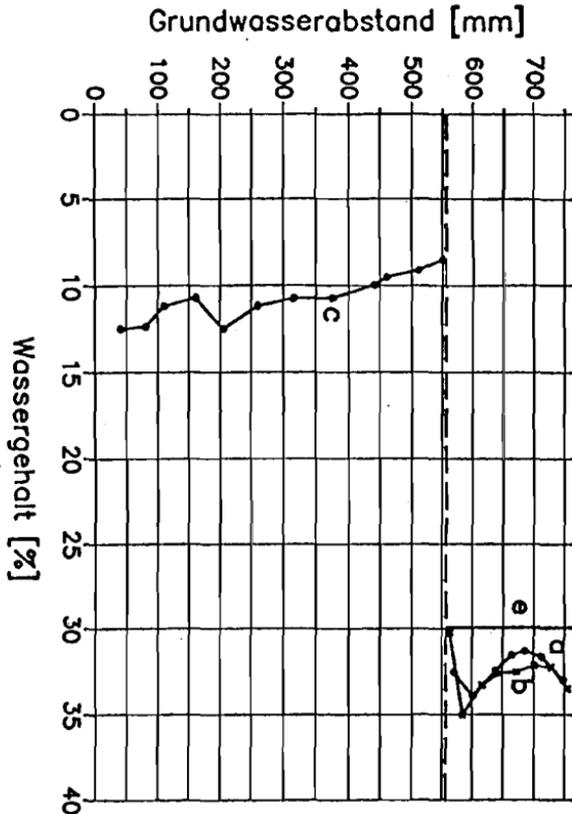


Bild 3: Wassergehaltsverteilung in der "Wilsum" Dichtungsschicht a, b und im feinsandigen Untergrund c nach 445 Tagen Standzeit. Einbauwassergehalt e, Versuch 3.2.

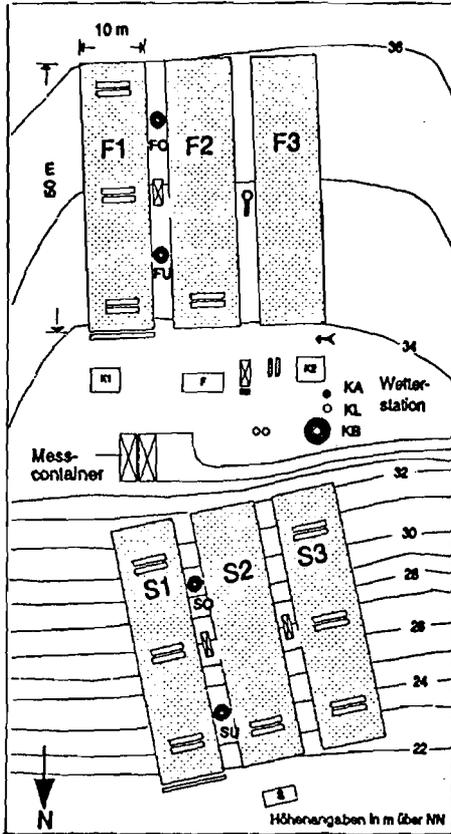
Holzlhöner geht in seinem Bericht auch auf die rißbildungsmindernde Wirkung der Auflast und die Dauer der Feuchtebewegung bei mittleren und größeren Grundwasserabständen ein.

Er kommt zu dem Ergebnis, daß bei mittleren und größerer Grundwasserabständen die der Gleichgewichtsfeuchte entsprechende Austrocknung nicht erreicht wird, weil davon auszugehen ist, daß vorher die Wärmeproduktion der Deponie abflaut.

Der Versuchsaufbau mit den relativ kurzen Säulen repräsentiert relativ ungünstige Randbedingungen, die sich in der meisten praktischen Fällen günstiger darstellen dürften.

2.2 Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten

Melchior untersuchte den Wasserhaushalt unterschiedlich aufgebauter Oberflächenabdichtungssysteme in Testfeldern auf der Deponie Georgswerder im Zeitraum von 1988 - 1992. Die Anordnung der Testfelder und den Schichtaufbau der Untersuchungsvarianten zeigen Bild 4 und Bild 5.

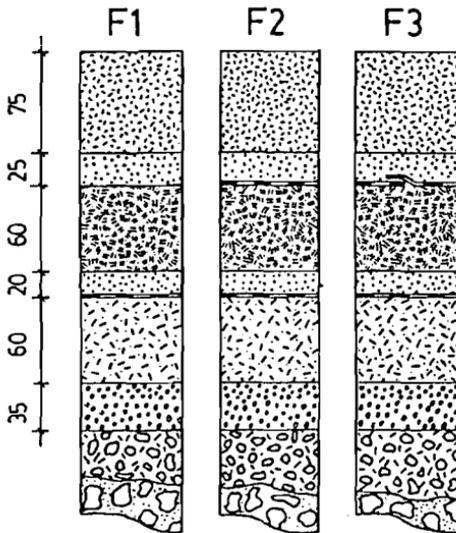


Legende:

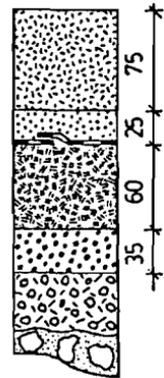
- | | | | | |
|---|---|---|---|--------------------------|
|  | Abflussmeßschächte F und S |  |  | Kontrollfelder K1 und K2 |
|  | Bodenhydrologische Meßblöcke (Neutronensonde und Tensiometer) | Messung von relativer Luftfeuchte und Lufttemperatur: | | |
|  | Bodengleiche Niederschlagsammler (Messstellen: FO, FU, KB, SO, SU) |  | Psychrometer | |
|  | Automatischer Niederschlagsmesser |  | Kapazitiver Sensor und Pt-100 | |
|  | Niederschlagsammler nach Hellmann in 1 m Höhe |  | Windrichtungs- und -geschwindigkeitsmesser | |
|  | Bodenthermometer (Pt-100) |  | Strahlungsbilanzmesser | |
| | |  | Kabelverteilerschleife | |

Bild 4: Aufsicht auf die Testfelder

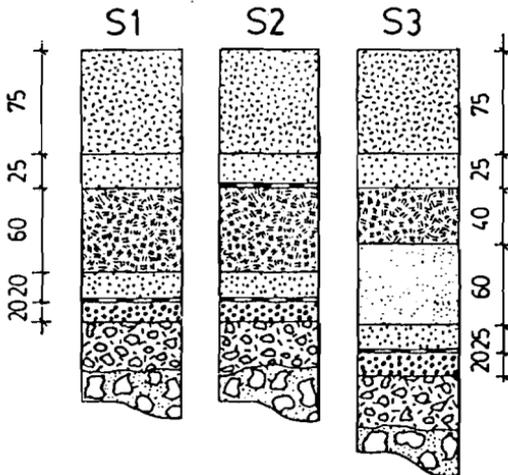
FLACHHANG (1 : 25)



STANDARDAUFBAU
OBERE ABDECKUNG



STEILHANG (1 : 5)



LEGENDE:

-  DECKSCHICHT
-  FLÄCHENDRÄNAGE auf und AUFFANGDRÄN unter der Dichtschicht
-  DICHTSCHICHT
-  KAPILLARSCHICHT
-  GASDRÄNAGE UND AUSGLEICHSSCHICHT
-  SCHUTZSCHICHT
-  ALTE ABDECKUNG
-  MÜLL
-  WURZEL- UND NAGETIER-SPERRE (überlappend)
-  PEHD-DICHTUNGSBAHN (verschweißt)

Bild 5: Schichtaufbau der Untersuchungsvarianten (Maße in cm)

In den Testfeldern wurden zur Ermittlung des Wasserhaushaltes Abflußmessungen in den unterschiedlichen Entwässerungshorizonten, weiterhin bodenhydrologische und meteorologische Untersuchungen und ergänzende Laboranalytik und Sonderversuche durchgeführt.

Bild 6 und Bild 7 zeigen den Wasserhaushalt der Testfelder S1 und F 1 in wöchentlicher Auflösung. Es ist deutlich erkennbar, wie sich in den Sommermonaten infolge höherer Verdunstung der Bodenwasservorrat reduziert und Drainageabflüsse zeitweise versiegen.

Es ist bereits eine Durchsickerung der Abdichtung in geringem Umfang zu erkennen.

Ab 1992 nahmen nach der Trockenperiode die Abflüsse unterhalb der mineralischen Abdichtung erheblich zu. Sie erreichten im Versuchsfeld S 1 47,9 mm/a und im Feld F 1 sogar 102,5 mm/a.

Die Versuchsfelder mit Kombinationsabdichtung zeigten, wie aus Bild 8 ersichtlich, diese Entwicklung nicht.

Ursache für die Durchlässigkeit der mineralischen Abdichtung ist die austrocknungsbedingte Schrumpfung der Dichtung durch fehlende Wasserzufuhr, hohe Verdunstungsraten in der Rekultivierungsschicht (Deckschicht) und den in der Sommerzeit zum Innen der Deponie hin fallenden Temperaturgradienten.

Testfeld S1

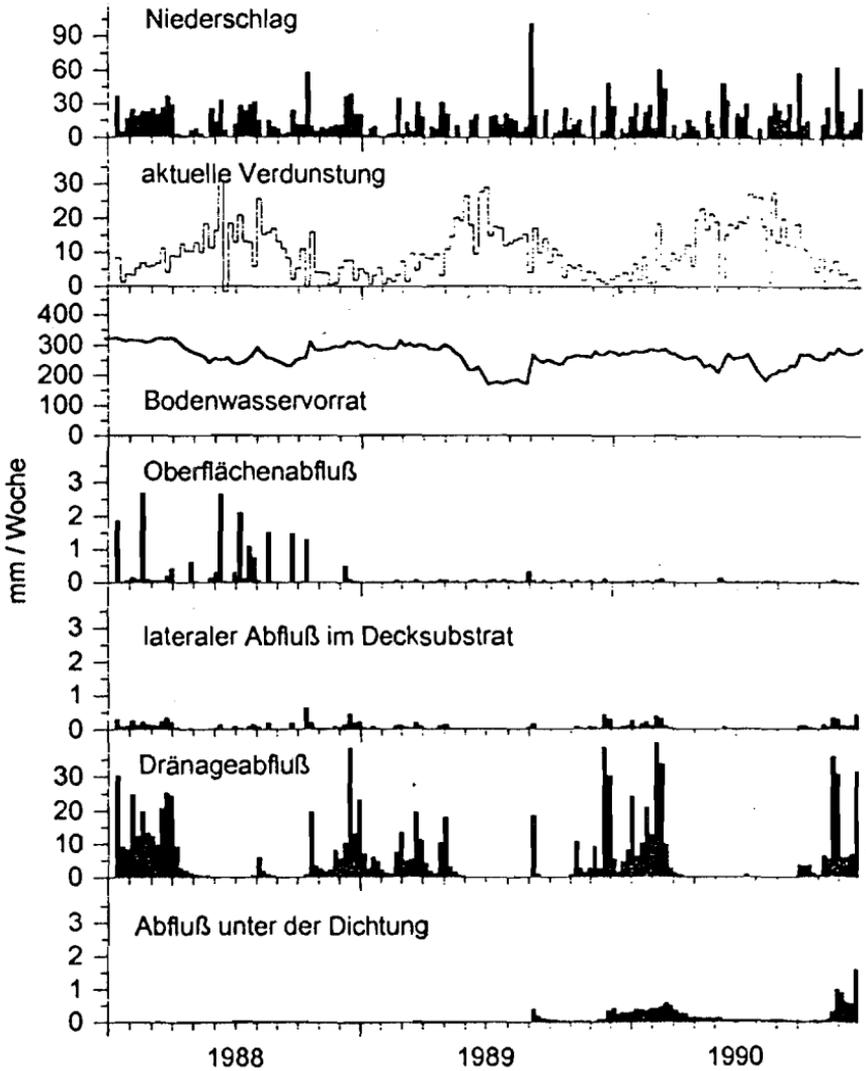


Bild 6: Wochensummen der Wasserhaushaltsgrößen - Testfeld S1

Testfeld F1

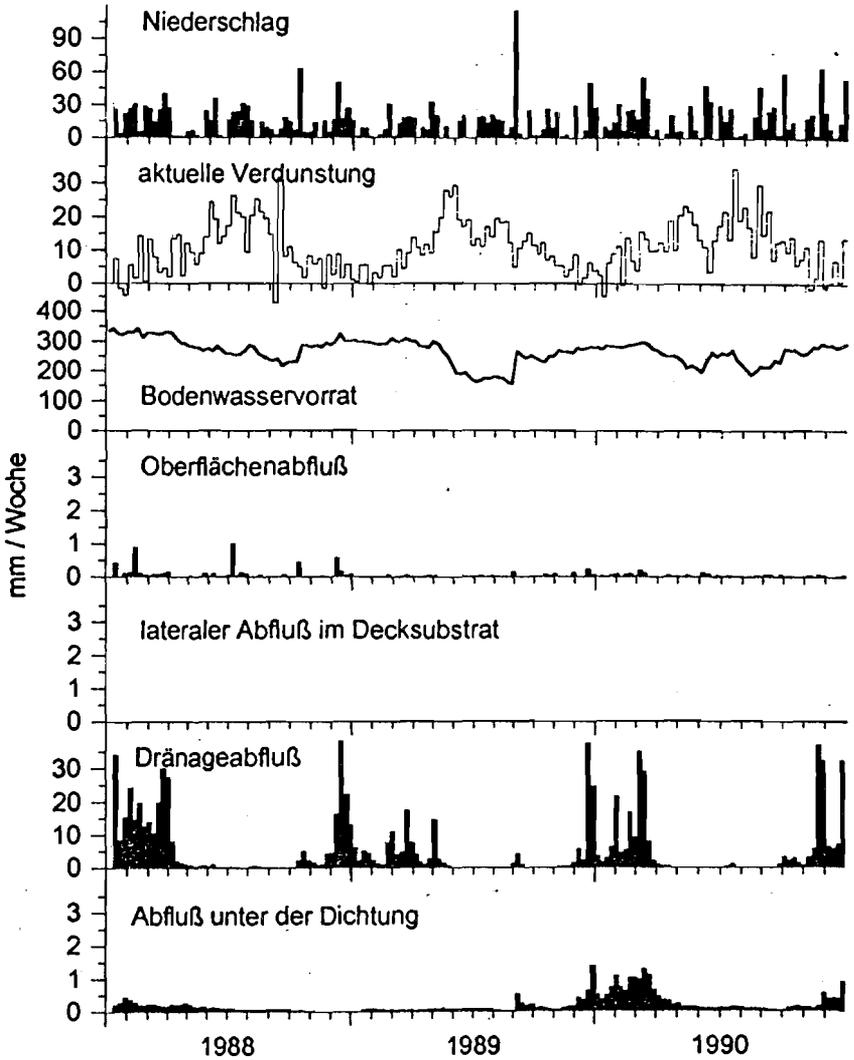


Bild 7: Wochensummen der Wasserhaushaltsgrößen - Testfeld F1

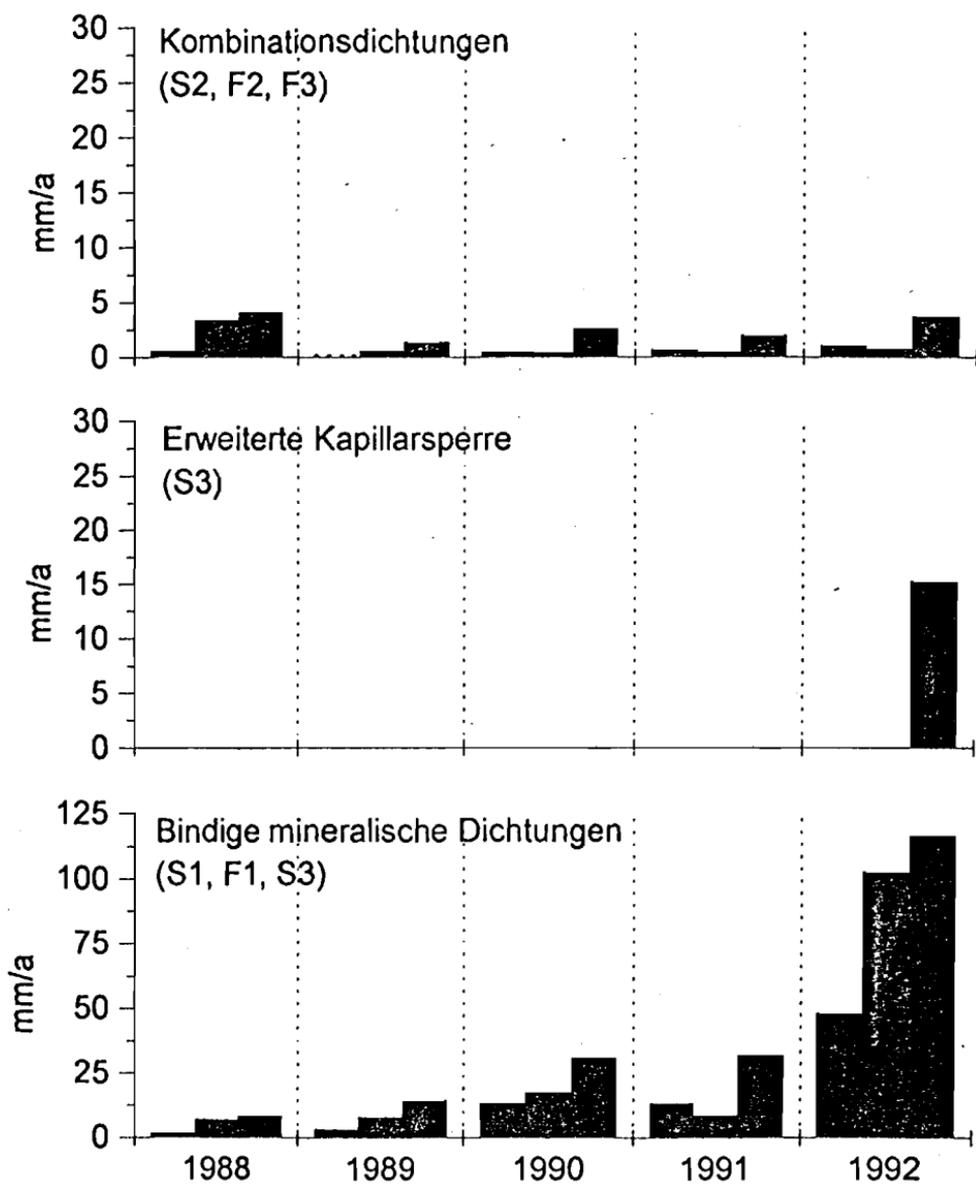


Bild 8: Jährliche Abflußraten unten den Dichtsystemen

3. Folgerungen für Planung, Bau und Überwachung von Abdichtungen an der Deponiebasis und an der Deponieoberfläche

Die Untersuchungen von Holzlöhner zeigen, daß Böden mit hoher Durchlässigkeit und damit geringer Kapillarität unter einer mineralischen Abdichtung die Austrocknung der Dichtung fördern. Sie zeigen weiterhin, daß bei Abdichtungen mit hohem Gehalt schrumpffähiger Tone die Rißbildung durch Austrocknung deutlicher ausgeprägt ist als bei kornabgestuftem Dichtungsmaterial.

Auch wenn die durchgeführten Laborversuche für die Voraussage der Rißgefährdung im praktischen Fall - wie es Holzlöhner selbst formuliert - wenig geeignet sind, lassen sich bereits prinzipielle Schlußfolgerungen für den Aufbau eines Basisabdichtungssystems als Kombinationsabdichtung ableiten. So sollte der Deponieuntergrund aus feinkörnigem kapillar wirksamen Material bestehen, was sich zwangsläufig bei Beachtung der Anforderungen an das Deponieauflager nach Nr. 9.3.2 TA Abfall bzw. die geologische Barriere nach Nr. 10.3.2 TA Siedlungsabfall ergeben dürfte.

Als weitere deponietechnische Maßnahmen gegen die Austrocknung nennt Holzlöhner

- die Verminderung der Wärmeerzeugung in der Deponie
- den Einbau von nichtschrumpfenden Dichtungsmaterialien
- die Verwendung zusätzlicher Kunststoffdichtungsbahnen unterhalb der mineralischen Dichtungsschicht (Mehrschichtdichtungen).

Melchior folgert aus seinen Untersuchungen, daß Kombinationsabdichtungssysteme für Oberflächenabdichtungen in besonderem Maße geeignet sind.

Er empfiehlt, den Einsatz bindiger mineralischer Dichtungen in Abdecksystemen angesichts der festgestellten Austrocknungs- und Schrumpfunggefährdung durch kapillaren Wasseraufstieg und Wasseraufnahme durch Pflanzenwurzeln zu überdenken.

Insbesondere gilt dies für die alleinige mineralische Abdichtung der Deponieklasse I der TA Siedlungsabfall.

Melchior empfiehlt als Alternative zur Kombinationsdichtung nach TA Abfall oder TA Siedlungsabfall die Kombination aus einer PEHD-Dichtungsbahn über einer Kapillarsperre, räumt aber ein, daß im Bezug auf die Kapillarsperre noch weiterer Forschungsbedarf besteht und unter Deponiebedingungen Erfahrungen mit ihrer großtechnischen Herstellung und zu ihrem Langzeitverhalten gesammelt werden müssen.

Für die in Nordrhein-Westfalen und anderswo lediglich mit einer mineralischen Abdichtung abgedeckten Deponien sollten die dargestellten Erkenntnisse dazu Anlaß geben, den Wasserhaushalt dieser Deponien genau zu beobachten. Eine Erhöhung der Versickerung durch die Abdichtung von mehr als 100 mm/Jahr-

wie in Georgswerder beobachtet - weist eine Größenordnung auf, die selbst bei etwas ungenauer Wassermengenmessung deutlich erkennbar sein dürfte.

Darüberhinaus sollten Untersuchungen an bestehenden Oberflächenabdichtungssystemen (wie beispielsweise Versickerungsversuche) durchgeführt werden.

L I T E R A T U R

- [1] Holzlöhner, U. (1990): Langzeitverhalten von mineralischen Abdichtungsschichten in Deponieabdichtungen hinsichtlich Austrocknung und Rißbildung, Forschungsbericht 102 03 412, Teil III. Bundesanstalt für Materialforschung und- prüfung (BAM) Berlin.
- [2] Melchior, S. (1993): Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Band 22, Hrsg.: Verein zur Förderung der Bodenkunde in Hamburg.

Einsatz von güteüberwachtem RCL-Material als Teil einer Oberflächenabdichtung

Bernhard Hessenius, Reinhard Günther, Günther Knoch,
StAWA Düsseldorf, 22.03.1994

Für jede natürliche Ressource, die im Deponiebau eingesetzt wird, wird im Normalfall ein Stoff ausgewählt, der Eigenschaftsnachweis dazu erstellt und ein Probefeld angelegt. Mit den zum Einsatz kommenden Maschinen wird das Material eingebaut. Aus den einzelnen Lagen werden Proben entnommen und überprüft, ob diese Ergebnisse der Proben mit den geforderten Werten des Bescheides übereinstimmen. Stimmen sie überein, kann dieser Stoff eingesetzt werden. Stimmen sie nicht überein, ist dieser Stoff zu verwerfen und ein anderer zu wählen. In der Regel unterliegen Baumaterialien aus Erdbaustoffen bezüglich der erforderlichen, einzuhaltenden Werte gewissen Schwankungsbreiten im Wassergehalt, so daß optimale bzw. definierte Witterungsbedingungen erforderlich sind, um die erforderlichen Elastizitäts- bzw. Verdichtungswerte gemäß Bescheid zu erreichen. So wird, wie geschildert, im "Normalfall" ein Erdbaustoff begutachtet (siehe Anlage 1).

Wasser- und abfallwirtschaftliche Rahmenbedingungen

Anstelle der natürlichen Stoffe war es zu erwarten, daß versucht wird, einen natürlichen Stoff durch ein kostengünstiges und in ausreichenden Kapazitäten angebotenes Recyclingprodukt zu ersetzen

Es wurde seitens des StAWA allgemein geprüft, ob ein Einsatz unter Berücksichtigung folgender Vorgaben zulässig ist. Nachfolgend aufgeführte Vorgaben und Erlasse sind für die Deponie anzuwenden:

- der jeweils gültige Bescheid,
- technische Anleitung Siedlungsabfall,
- technische Anleitung Abfall,
- Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau (gem. Rd.Erlaß),
- Anforderung an die Verwendung von aufbereiteten Altbaustoffen und industriellen Nebenprodukten im Erd- und Straßenbau aus wasserwirtschaftlicher Sicht (gem. Rd.Erlaß)
- zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (gültige ZTVE-StB),
- mineralische Deponieabdichtung Heft Nr. 18 (Richtlinie),
- § 5 Abs. 1 Nr. 3 Bundesimmissionsschutzgesetz
- § 3 Abs. 2 und 4 Abfallgesetz,
- § 26 und 34 des Wasserhaushaltsgesetzes.

Aus fachtechnischer Sicht ist die Gleichwertigkeit zu den "normalen" Baustoffen zu überprüfen; nicht eindeutig geregelt ist ebenfalls die Qualitätssicherung.

Gleichzeitig wurde die Fragestellung diskutiert, welche Anforderungen an ein Material zu stellen sind, da bei einer Verwendung im Erd- und Straßenbau bezüglich der einzubringenden Lasten andere Verhältnisse vorliegen. Die durch den Straßenverkehr hervorgerufenen Lasten sind überwiegend dynamischer Natur, während die aus dem Deponiebau hervorgerufenen Lasten überwiegend statisch sind.

Weiter wurde diskutiert, ob die Grenzwerte des o. g. Verwertungserlasses oder die bescheidmäßigen Grenzwerte einer Deponie anzusetzen sind, da der Gradient des Sickerwassers auf das Deponieinnere gerichtet ist. Falls irgendwelche Schadstoffe möglicherweise eluiert werden, können diese stets über das Sickerwasser in die Sickerwasseraufbereitung gelangen und werden somit umweltunschädlich entsorgt.

Einsatz an einem konkreten Projekt

Die Deponie Gohr ist eine Siedlungsabfalldeponie, die von der Fa. Trienekens im Auftrage des Oberkreisdirektors Neuss betrieben wird (siehe Anlage 2).

Seitens der Betreiber der Deponie Gohr wurde zur Erstellung der Tragschicht unter der Oberflächenabdichtung ein natürliches Material vorgeschlagen, welches den Anforderungen des gültigen Bescheides nicht entsprach.

Für die Tragschicht gilt grundsätzlich die ZTVE-StB, weitere Anforderungen wurden im Bescheid wie folgt bescheidgemäß festgelegt:

- 50 cm Mächtigkeit,
- 95/97 %ige Proctordichte, bodenabhängig.

Für den Eignungsnachweis war folgendes bescheidgemäß gefordert:

- Angabe zur Bodenart (entsprechend DIN 18 196)
- Ermittlung der Lagerungsdichte
- Wassergehalt
- Korndichte
- Korngrößenverteilung,

wobei sich die Angaben zum Verdichtungsgerät, zur Verdichtungsarbeit und zur Lagenstärke aus dem Probefeld ergeben.

Bedingt durch den Gasanfall war eine Ausbildung der Tragschicht als gaswegsame Schicht erforderlich.

Seitens des Betreibers wurde dargelegt, daß z. Z. kein anderes wie das beantragte, nicht bescheidgemäße Material zur Verfügung stand.

Gemeinsam mit allen Beteiligten wurde diskutiert, welche "Alternativbaustoffe" zur Verfügung stehen.

Da bezüglich der Alternativbaustoffe aus Sekundärrohstoffen keiner der Beteiligten über ausreichende und praxisbezogene Erfahrungen verfügte, wurde nach eingehender Diskussion folgendes Vorgehen einvernehmlich festgelegt:

1. allgemeine Materialauswahl

Es wird ein aufbereiteter Baustoff aus einer Bauschuttaufbereitungsanlage gewählt, der dem RCL 1 bzw. RCL 2 des Verwertungserlasses weitestgehend entspricht.

2. chemische Materialauswahl

Da es sich um einen wiederzuverwertenden Baustoff handelt, sind die Grenzwerte der Parameter des Verwertungserlasses einzuhalten. Überschreitungen einzelner Parameter, die nicht die Zuordnungswerte der Deponieklasse II überschreiten, führen im Einzelfall nach Rücksprache nicht zur Ablehnung.

3. bodenmechanische Materialauswahl

Die Eignung des Materials ist grundsätzlich mittels eines Eignungsnachweises festzustellen. Der Eignungsnachweis hat sowohl im Labor wie auch im Probefeld zu erfolgen. Es gilt grundsätzlich die ZTVE-StB.

Bevor allerdings umfangreiche Untersuchungen beginnen, wurde es als ratsam erachtet, in einem Testfeld unter reproduzierbaren Einbaubedingungen erste Erfahrungswerte zu sammeln.

4. Gaswirksamkeit

Bedingt durch den Gasanfall der Deponie ist die Tragschicht gaswegsam auszubilden, d. h. der Kalkanteil war zu begrenzen.

5. Prüfverfahren zur Qualität

Unstrittig war, daß die bodenmechanischen Untersuchungen bescheidgemäß zu erfolgen hatten.

Mangels ausreichender Erfahrung aller Beteiligten wurde folgendes Vorgehen für sinnvoll erachtet:

- Dichtebestimmung,
- Lastplattendruckversuch,

- Kornzertrümmerung (Siebkurve vor und nach dem Einbau) und
- Stoffdichte.

Die Abhängigkeiten zwischen den Ergebnissen der Dichtebestimmung und denen des Lastplattendruckversuches waren darzustellen und zu bewerten.

Gewählt wurde das RCL-Material der Recyclingfirma EWR mit der Handelsbezeichnung RC-Lit 140.

Eignungsprüfung

Bevor umfangreiche Untersuchungen durchgeführt wurden, wurde ein Testfeld (siehe Anlage 3) auf einer starren Unterlage erstellt, um so für das Material unter definierten Einbaubedingungen reproduzierbare Ergebnisse zu liefern. Es wurde mit unterschiedlichen Lagenstärken sowohl dynamisch als auch statisch in mehreren Verdichtungsübergängen verdichtet. Es ergaben sich neben den bodenmechanischen Kennwerten folgende Aussagen:

- mit zunehmender Anzahl an Verdichtungsübergängen war eine Steigerung des Verformungsmodules E_{V2} ersichtlich
- die E_{V2} -Werte bei dynamischer Verdichtung waren besser als die Werte bei statischer Verdichtung
- bei einem zweilagigen Einbau waren höhere E_{V2} -Werte zu erzielen als bei einlagigem Einbau.

Die parallel durchgeführte Dichtebestimmung bekräftigte die Ergebnisse der Lastplattendruckversuche.

Aus diesen Aussagen wurde nebst den für die weitere Bearbeitung nicht mehr relevanten bodenmechanischen Kennwerten gefordert, daß das Material in den Eigenschaften einem natürlichen Baustoff vergleichbar ist. Anhand der Kennwerte konnte abgeleitet werden, daß weitere Eignungsuntersuchungen erfolgversprechend sind.

Probefeld

Auf der Deponie Gohr wurde in der Böschung und auf einem nahezu horizontalen Plateau an der Böschungsschulter in herkömmlicher Bauweise ein Probefeld angelegt (siehe Anlage 4).

Es wurden Lastplattendruckversuche und Dichtebestimmungen durchgeführt; die Ergebnisse lagen in der Größenordnung der im "Testfeld" ermittelten Werte.

Bei der Entnahme von Bodenproben für die zu bestimmenden Dichtebestimmungen konnte eine gute Verzahnung zwischen den Einzelkörnern festgestellt werden. Der geringe natürliche Wassergehalt verstärkte diese zusätzlich. Eine geringe Kornzertrümmung bezogen auf die Einzelkörner war an der jeweiligen Oberkante der einzelnen Lagen visuell feststellbar.

Anhand der Sieblinien wurde das RC-Lit nach DIN 18 196 als eng- bzw. weitgestufter Kies klassifiziert:

Aus der Anlage 5 ist folgendes zu erkennen:

- die Sieblinien der untersuchten Proben liegen auch nach erfolgter Verdichtung noch innerhalb der Bandbreite des losen Materials,
- die Korngrößenverteilung ändert sich mit zunehmender Anzahl an Verdichtungsübergängen dahingehend, daß der Anteil an groben Bestandteilen deutlich abnimmt, d. h. ein Zerbrechen einzelner Stücke im Kieskorn- und Steinbereich zu verzeichnen ist,
- eine Zunahme an Feinkorn tritt nur in einem geringen Maß auf,
- mit zunehmenden Verdichtungsübergängen steigt die Ungleichförmigkeitszahl des Materialgemisches.

Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung wurden keine Glas-, Metall-, Gips-, Kalksandstein- und Papieranteile festgestellt, da diese Stoffe bereits während der Aufbereitung aussortiert wurden.

Die Bestandteile mit $d > 63$ mm wurden bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung untersucht, das Ergebnis ist in

der Anlage 6 dargestellt. Es ist ersichtlich, daß Beton und Backsteine sowohl gewichtsmäßig als auch im Hinblick auf die Stückzahl die überwiegenden Anteile bilden.

Dieses Vorgehen war zunächst als Nachweis der Begrenztheit des Kalkanteiles ausreichend, die konkreten Einzeldaten ergaben sich aus der chemischen Analyse.

chemische Beschreibung

Die nach dem Verwertungserlaß im Rahmen der Güteüberwachung einzuhaltenden Grenzwerte wurden für das RC-Lit 140 analog zum RCL I-Material angesetzt.

Die zulässigen Maximalwerte wurden ausnahmslos eingehalten; anstelle des EOX wurde AOX untersucht.

Bei der Zuordnung von Abfällen sind die Zuordnungswerte des Anhangs A genannten Analyseverfahren einzuhalten; an dieser Stelle wird AOX betrachtet. Für die Deponieklasse I bzw. II wird dieser Parameter weit unterschritten.

Die Analyse zeigt, daß die Ergebnisse den o. g. Vorschriften entsprechen (siehe Anlage 7 und 8).

Qualitätssicherung

Der Qualitätssicherungsplan wurde wie für einen natürlichen Erdbaustoff erstellt.

Folgende Besonderheiten wurden eingearbeitet:

- die Kornverteilung des angelieferten Materials muß innerhalb der in den vorliegenden Eignungsnachweisen festgestellten Bandbreiten liegen;
- die Materialidentität (Kornverteilung ≤ 63 mm und stoffliche Zusammensetzung für $d > 63$ mm) ist stichprobenartig zu überprüfen;

- innerhalb der Kornfraktion mit $d > 65$ mm sind leicht verwertbare Bestandteile (z. B. Holz, Papier etc.) auszuschließen;
- in Bereichen mit geringer Neigung ist mittels Plattendruckversuch ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 45$ MN/m² nachzuweisen, dabei ist der Verhältnismwert $E_{V2}/E_{V1} \leq 4,0$ einzuhalten;
- in Böschungsbereichen ist ersatzweise die Dichte mittels Flüssigkeitersatzverfahren zu bestimmen;
- die chemischen Anforderungen ergeben sich in Anlehnung an den o. g. Verwertungserlaß.

Im Qualitätssicherungsprogramm wurden weitere qualitätslenkenden Maßnahmen beschrieben:

- Identitätskontrolle alle 1 250 m³ (siehe Anlage 9 beispielhaft),
- chemische Identitätskontrolle alle 1 250 m³,
- Plattendruckversuch alle 2 500 m² (siehe Anlage 10 beispielhaft),
- Dichtebestimmung im Böschungsbereich mittels Flüssigkeitersatzverfahren alle 2 500 m².

Mit diesem Qualitätssicherungsprogramm waren sowohl der Eigen- wie auch der Fremdgutachter einverstanden.

Bauausführung

Die Bauausführung wurde unter den o. g. Randbedingungen durchgeführt.

Aus dem Bauablauf war ersichtlich, daß nahezu unbeeinflußt von der Witterung annähernd gleichbleibende, gute Ergebnisse erzielt wurden.

Besonders bemerkenswert war, daß mit einem vollbeladenen LKW die Tragschicht nach ihrer Fertigstellung ohne Beschädigung auch in Böschungsbereichen befahrbar war.

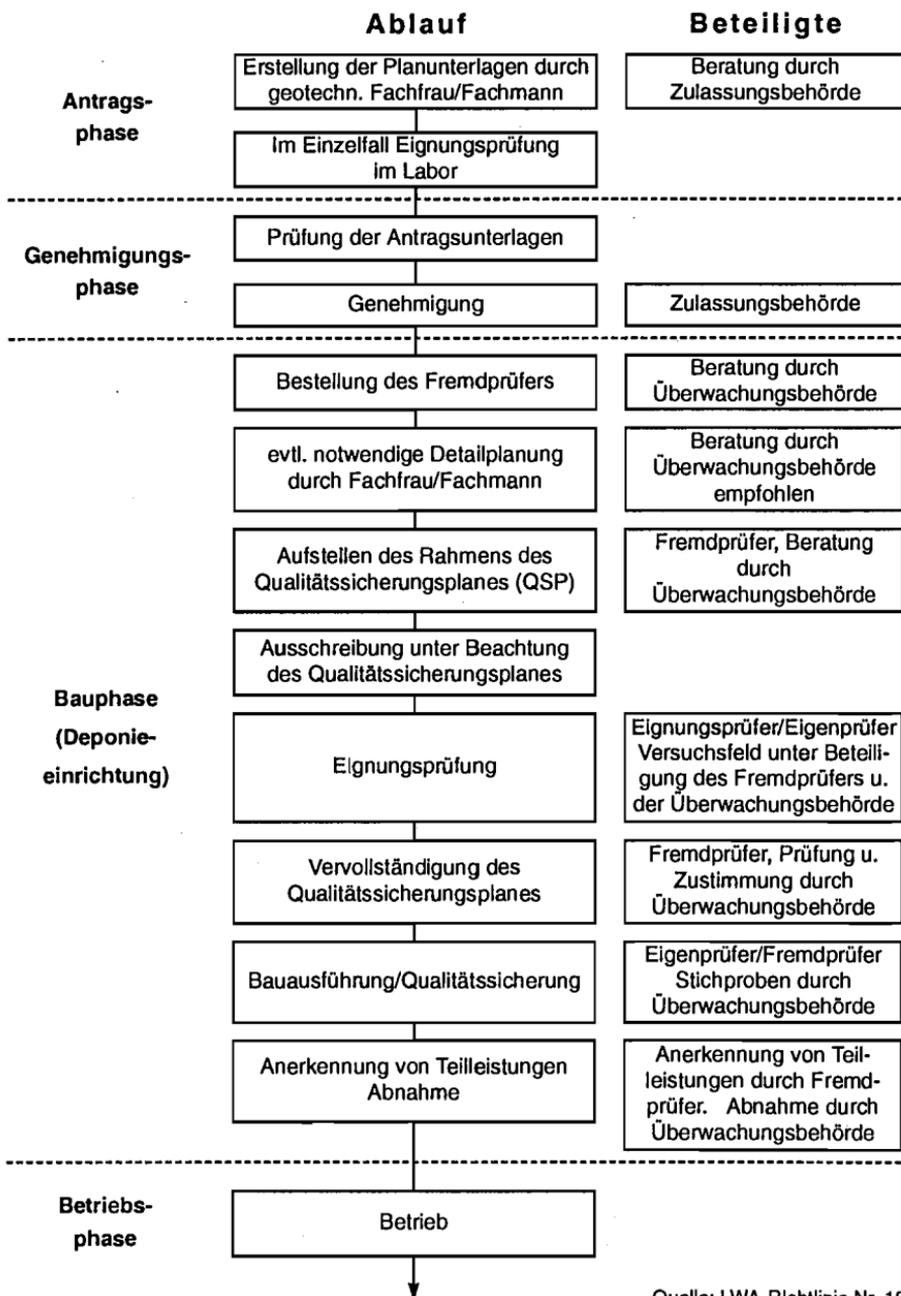
Die Untersuchungsergebnisse wurden von dem Eigen-, Fremd- und Chemiegutachter bewertet; es gab keine Beanstandungen.

Fazit:

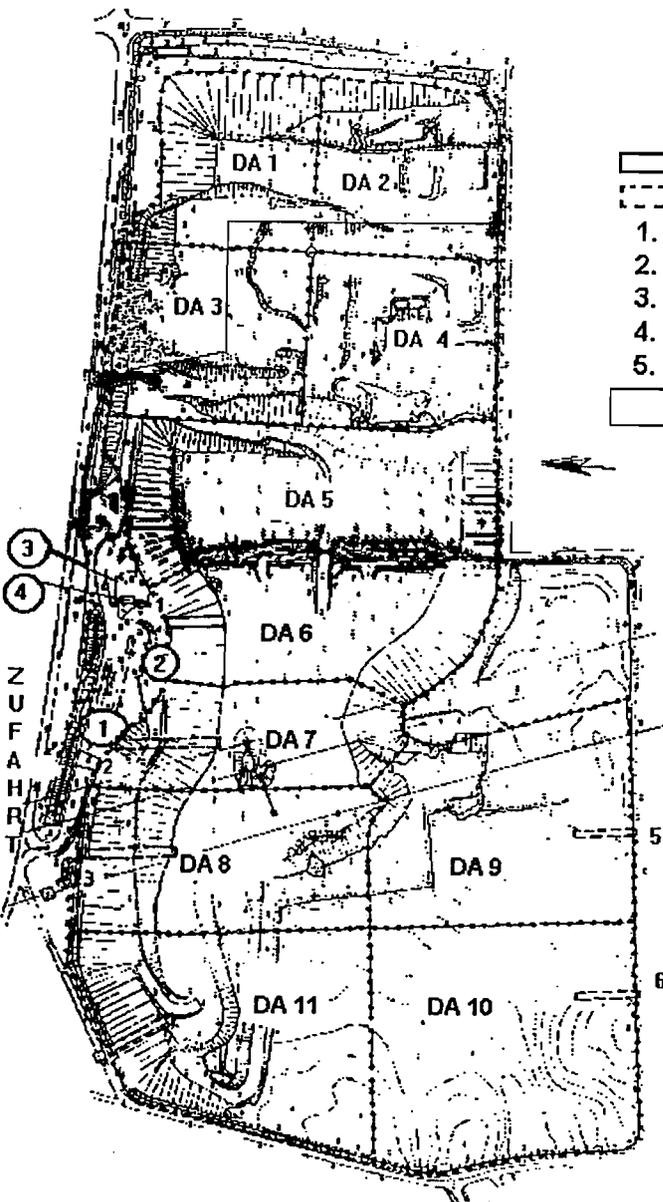
Als Ergebnis bleibt festzuhalten, daß dieser Baustoff nach derzeitigem Kenntnisstand als Tragschicht für eine Deponie eingebaut werden kann. Im nachhinein kann man nicht nur die Empfehlung geben, daß das "güteüberwachte" Material, das in erster Näherung eingesetzt wurde, durchaus mit einem nicht-güteüberwachten Material, das jedenfalls in den chemischen Eigenschaften nicht die Grenzen der Deponieklasse überschreiten sollte, einzusetzen wäre. Auf diese Art und Weise kann meines Erachtens ein Material, welches die Anforderungen des o. g. Güteerlasses nicht einhält, allerdings die bodenmechanischen Eigenschaften hat, als Tragschicht unter einer Oberflächenabdichtung unproblematisch eingesetzt werden, sofern nicht ein zu hoher Kalkanteil, der die Gaswegsamkeit stören würde bzw. dessen Kondensat die Kalkanteile auslaugen würde, angesetzt werden.

Eine Fortschreibung dieser Ergebnisse/Erkenntnisse/Erfahrungen wird von mir vorgenommen.

Darstellung des Ablaufs bis zur Inbetriebnahme mineralischer Abdichtungssysteme von Deponien



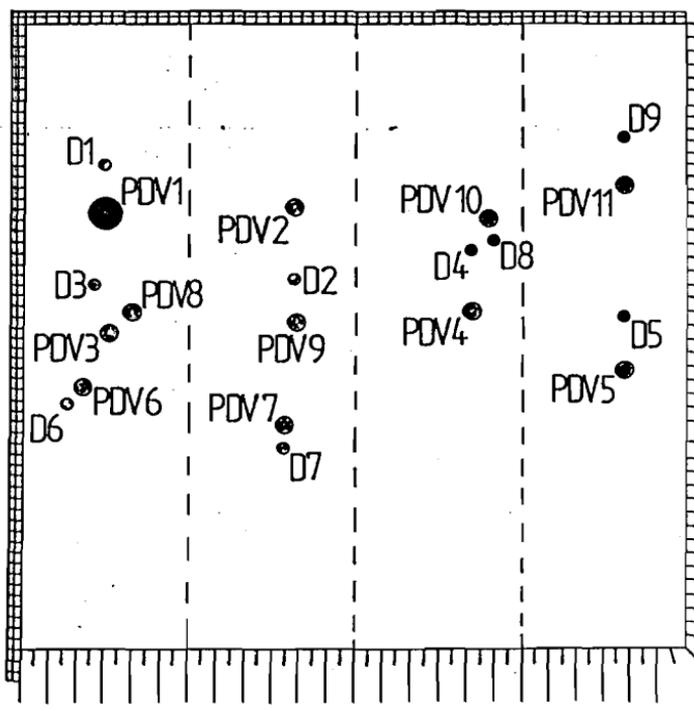
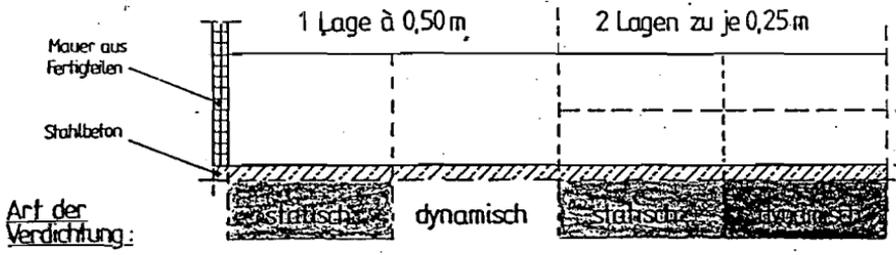
DEPONIE GOHR - Einrichtungs-Schema -



-  Schrägschacht vorhanden
-  Schrägschacht geplant
- 1. Eingangsbereich
- 2. Kleinanlieferer
- 3. SIWA-Sammeltank
- 4. Entgasungsanlage
- 5. SIWA-Vertikalschacht
-  abgedichtete Fläche (Stand 23.2.1994)

Querschnitt

M.=1:100/25

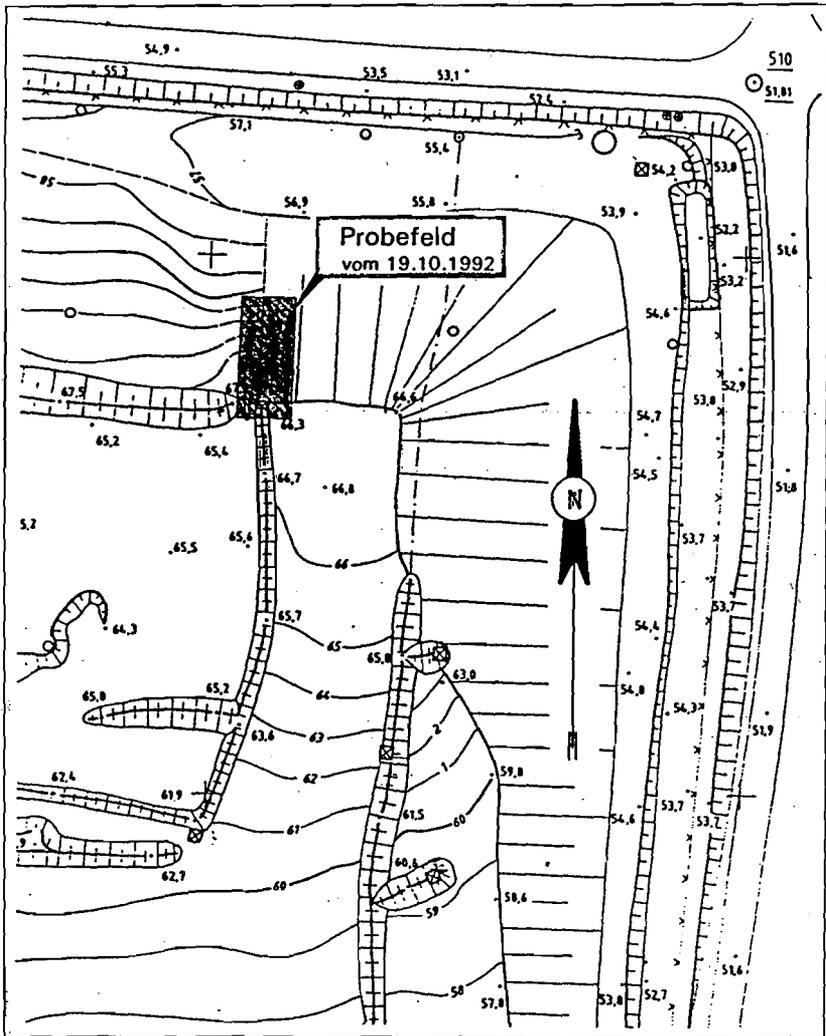


Lageplan mit Eintragung der Meßpunkte

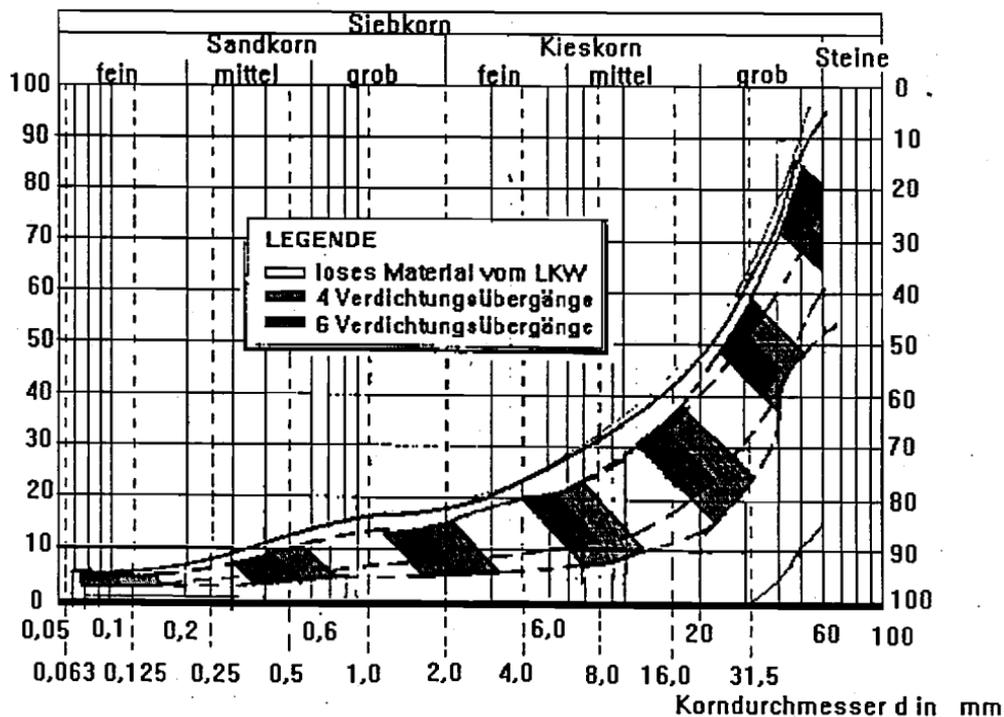
M. = 1:100

Deponie Gohr - Übersichtslageplan

(Auszug aus dem Überfliegungsplan vom 18.03.1992)



M.: 1 : 1000

Massenanteile a der Körner $\leq d$ in % der Gesamtmenge

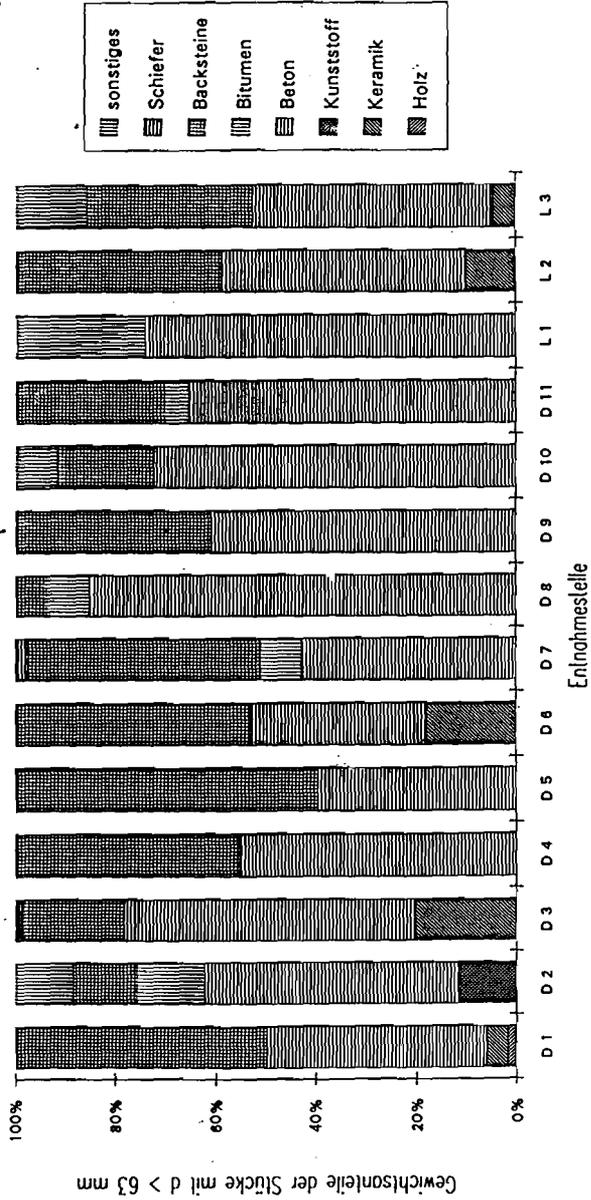


Tabelle 2: Im Rahmen der Güteüberwachung einzuhaltende Grenzwerte für wasserwirtschaftliche Merkmale

| | Parameter | Baustoff | HOS | HS | LDS | ES | SKG | SKP | MVA I | MVA II | WB I | WB II | RCL I | RCL II | Analyse | |
|------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------|-------|-----|-------|-------|--------|------------------|--------|--------|--------|----------------|--|
| Fluoranalyse | pH-Wert ¹⁾ | - | 9-12,5 | 9-12,5 | 10-13 | 10-13 | 8-9 | 8-13 | 7-13 | 7-13 | 5,5-10 | 5,5-10 | 7-12,5 | 7-12,5 | 314244 11,8 | |
| | El. Leitfähigkeit | mS/m | 250 | 100 | 500 | 500 | 20 | 400 | 500 | 100 | 150 | 150 | 250 | 250 | 2170 u.s. | |
| | CSB | mgO ₂ /kg | 2000 ²⁾ | 200 ³⁾ | | | | | | | | | | | | |
| | SO ₄ | mg/kg | 5000 | 1000 | | | | 10000 | 6000 | 1200 | 1500 | 1500 | 6000 | 3000 | 204 | |
| | Cl | mg/kg | | | | | | 300 | 2500 | 300 | 1500 | 1500 | 1500 | 400 | 862 | |
| | As | mg/kg | | | | | | 1 | ') | ') | | | 2 | 0,5 | <0,0088 | |
| | Cd | mg/kg | | | | | | | 0,05 | 0,05 | | | 0,3 | 0,1 | <0,004 | |
| | Cr VI | mg/kg | | | 0,2 | 0,3 | | 3,5 | 0,5 | 0,5 | | | 0,5 | 0,3 | - | |
| | Cu | mg/kg | | | | | | | 3 | 3 | | | 5 | 1 | 0,44 | |
| | Ni | mg/kg | | | | | | | | | | | 0,5 | 0,1 | 0,088 | |
| | Pb | mg/kg | | | | | | | 0,5 | 0,5 | | | 1 | 0,4 | 0,18 | |
| | Zn | mg/kg | | | | | | | 3 | 3 | | | 5 | 2 | 0,18 | |
| | Phenolindex | mg/kg | | | | | | | | | | | 0,5 | 0,2 | 0,18 | |
| Feststoffanalyse | EOX | mg/kg | | | | | | 3 | 3 | | | | 5 | 2 | | |
| | Kohlenwasserstoff | mg/kg | | | | | | | | | 50 ⁴⁾ | | | | | |
| | Ges. organ. C | Gew.-% | | | | | | | 5 | 2,5 | | | | | | |
| | PAK ⁵⁾ | mg/kg | | | | | | | | | 2 | | 8 | 3 | 0,0034 | |
| | PCB + TCBT | mg/kg | | | | | | | | | 0,05 | | | | | |

Erläuterungen:

- HOS = Hochofenstüchschlacke
- HS = Hüttensand
- LDS = LD-Schlacke
- ES = Elektroofenschlacke
- SKG = Schmelzkammergranulat
- SKP = Steinkohlenflugasche (nicht aus Wirbelschichtfeuerung)
- MVA I = Müllverbrennungsrückstände mind. 3. Mon. gelagert
- MVA II = wie MVA I, aber mit Reduzierung der leichtflüchtigen Bestandteile (zur Zeit noch nicht verfügbar)
- WB I = Waschberge mit max. 10 Gew.-% Zusatz an Flotationsbergen
- WB II = Waschberge ohne Flotationsberge
- RCL I = Recycling-Baustoff
- RCL II = Recycling-Baustoff, der durch Auswahl der Rohstoffe oder durch verbesserte Aufbereitung schadstoffärmer ist

¹⁾ kein Grenzwert für Realstoff typischer Bereich²⁾ Wert entspricht Thiohalschwefel³⁾ Summe der in TrinkwVO genannten Einzelverbindungen⁴⁾ Zur Erfahrungssammlung zu bestimmen; Wert wird nicht zur Beurteilung herangezogen⁵⁾ Zur Erfahrungssammlung zusätzlich zu bestimmen; Summe der polaren und unpolaren organischen Verbindungen im nicht mit Al-Oxid behandelten Extrakt

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 | Festigkeit ¹⁾ | | |
| 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 Originalsubstanz ²⁾ | | |
| 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 | Einwirkkriterien | | |
| 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 | NOX | ≤ 0,3 mg/l | ≤ 1,5 mg/l |
| 4.17 | Wasserlöslicher Anteil (Wasserdampfdruckstand) | ≤ 3 Masse-% | ≤ 6 Masse-% |

Analyse
31424111,8
2170

< 0,02

< 0,001

0,02

< 0,0005

< 0,05

< 0,01

< 0,0005

< 0,02

< 0,03

0,02

- 1) 1.02 kann gemeinsam mit 1.03 gleichwertig zu 1.01 angewandt werden. Die Festigkeit ist entsprechend den statischen Erfordernissen für die Deponiestabilität jeweils gesondert festzulegen.
- 1.02 in Verbindung mit 1.03 darf insbesondere bei kohäsiven, feinkörnigen Abfällen nicht unterschritten werden.
- 2) 2.01 kann gleichwertig zu 2.02 angewandt werden; Anforderung gilt nicht für verunreinigten Bodenaushub, der auf einer Monodeponie abgelagert wird.
- 3) Gilt nicht für Aschen und Stäube aus nichtgenehmigungsbedürftigen Kohlefeuerungsanlagen nach dem BImSchG.

Prüfungs-Nr. :
 Bauvorhaben : Deponie Gohr

ausgeführt durch:

Bemerkung :

Bestimmung der Korngrößenverteilung durch

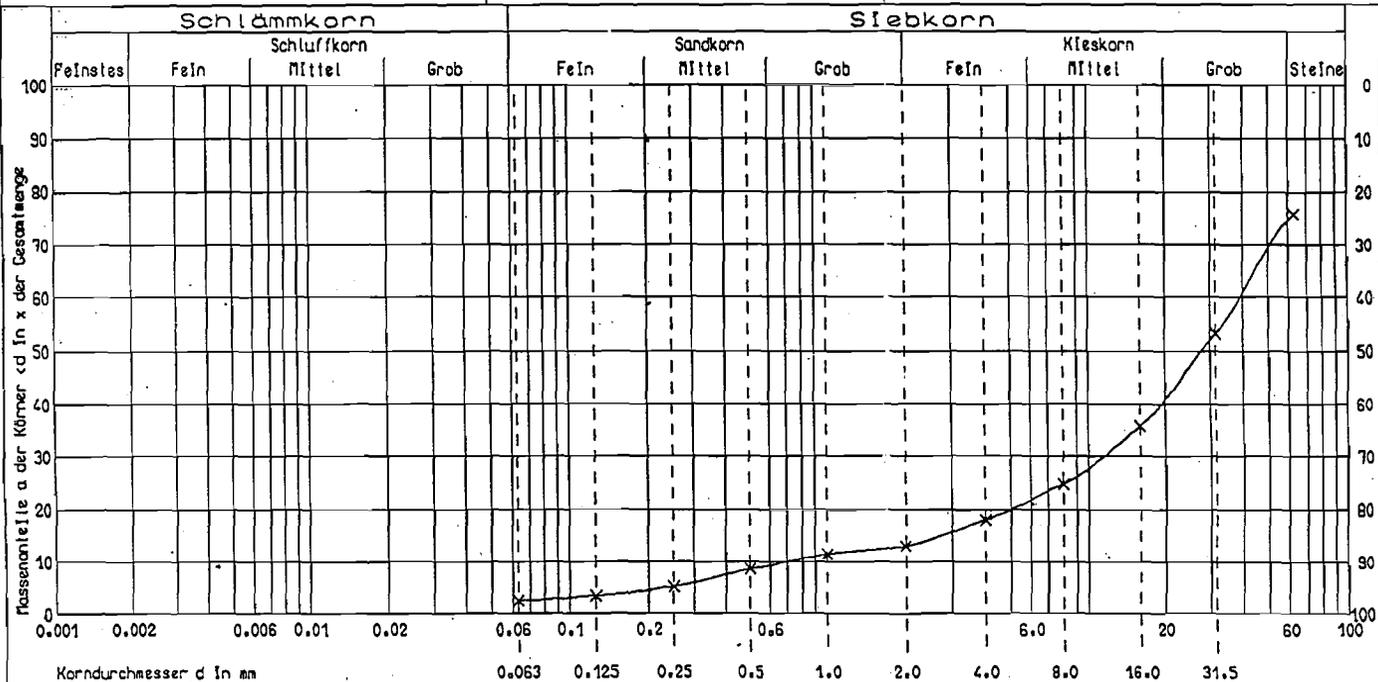
Naß-Trockensiebung

nach DIN 18123

Entnahmestelle :

Entnahmetiefe :
 Bodenart : RCL-Material

Art der Entnahme: gestört
 Entnahme an : durch:



Kurve Nr.: 1

Arbeitsweise:

Trocken- u. Naßsiegung

U = d60/d10

55.0

Bodengruppe (DIN 18196):

GW

Geologische Bezeichnung:

Bemerkungen (z.B. Kornform)

Plattendruckversuch

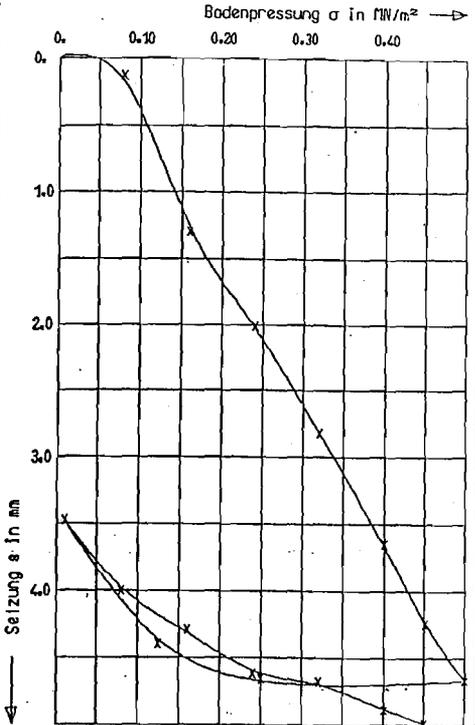
Anlage 10

nach DIN 18134

Prüfungs-Nr. : 1
 Bauvorhaben : Deponie Gohr
 ausgeführt durch: Flewing
 am: 13.07.93
 Bemerkung :

Meßstelle :
 Entnahmetiefe :
 Prüfschicht :
 ausgeführt auf: AC-III 140
 Messung am : durch:

| Normalsp. σ_0 [tN/m ²] | Setzung der Platte s [0.01mm] | | | |
|--|---------------------------------|-------|-------|--------|
| | Uhr 1 | Uhr 2 | Uhr 3 | Mittel |
| Belastung | | | | |
| 080 | | | | 13 |
| 160 | | | | 130 |
| 240 | | | | 201 |
| 320 | | | | 282 |
| 400 | | | | 365 |
| 450 | | | | 424 |
| 500 | | | | 467 |
| Entlastung | | | | |
| 250 | | | | 466 |
| 125 | | | | 440 |
| 010 | | | | 347 |
| Belastung | | | | |
| 080 | | | | 400 |
| 160 | | | | 429 |
| 240 | | | | 462 |
| 320 | | | | 468 |
| 400 | | | | 489 |
| 450 | | | | 499 |



Druckplatte : $D = 300$ mm
 Plattenunterlage :
 Wassergehalt u. der Platte : nicht bestimmt
 Meßarmverhältnis : 1.00

| Tag | Temp. | Witterung |
|--------|-------|-----------|
| | | |
| Vorlag | | |

Ergebnisse nach neuer Norm

| Kurve | σ_1 max | σ_1 [tN/m ²] | σ_2 [tN/m ²] | $E_v = 0.75 \times D / (\sigma_1 + \sigma_2 \times \sigma_1 \text{ max})$ |
|-------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|---|
| 1 | .50 | 12.334 | -2.993 | $E_{v1} = 20.8$ tN/m ² |
| 2 | .50 | 6.134 | -6.356 | $E_{v2} = 76.1$ tN/m ² |
| | | | | $E_{v2} =$ tN/m ² |

$E_{v2}/E_{v1} = 3.67$

Erfahrungen mit dem Einbau eines alternativen Abdichtungssystemes am Beispiel der ZD Bochum-Kornharpen

1. Örtliche Gegebenheiten

Das planfestgestellte Deponiegelände der Zentraldeponie Kornharpen (ZDK) wird im Norden und Süden von Bundesbahntrassen, im Osten von der BAB 43 und im Westen von der 'Kornharpenener Straße' begrenzt.

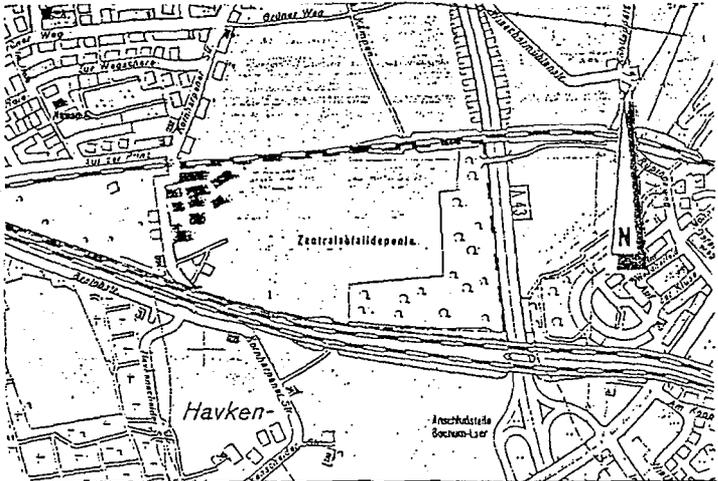


Bild 1: Lageplan der ZD Bochum-Kornharpen

Die ZDK wird seit 1978 als Hausmülldeponie der Stadt Bochum betrieben. Eine Basisabdichtung wurde im Planfeststellungsbescheid nicht gefordert, da der anstehende Untergrund mit einem k -Wert von $< 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ den damaligen Abdichtungsanforderungen genügte.

Im Hinblick auf einen verbesserten Schutz des Untergrundes wurde 1991 in einem Änderungsbescheid vom RP Arnsberg vorgegeben, daß für die noch nicht mit Abfall beaufschlagten Schüttabschnitte der Deponie ein Basisabdichtungssystem entsprechend dem 'Stand der Technik' zu erarbeiten ist.

Auf der ZDK waren 1991 ca. 25% der planfestgestellten Deponiefläche noch nicht mit Abfall beaufschlagt.

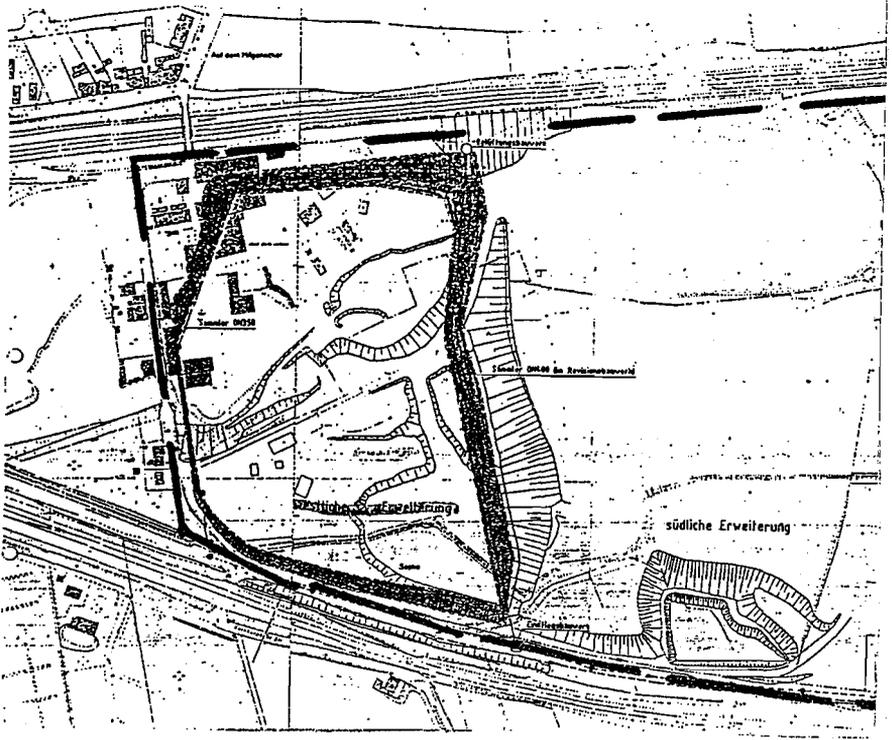


Bild 2: Westliche Erweiterungsfläche

Die westliche Erweiterungsfläche besitzt eine Größe von ca. 90 000 m². Auf der Erweiterungsfläche sind in großen Bereichen "alte Anschließungen" aus sehr unterschiedlichen Stoffen wie Bergematerial, Bauschutt, Lehm, Sand und Verbrennungaschen in einer Mächtigkeit von 2m bis 10m anzutreffen.

Unter den Anschließungen steht ab dem ehemaligen Urgeländeniveau überwiegend Lößlehm in Schichtmächtigkeiten von 2m - 6m an. Unter dem Lößlehm befindet sich eine mehrere Meter mächtige tonige bis stark tonige Schluffschicht. Hierbei handelt es sich um Verwitterungslehm des unterlagernden Ton- und Grünsandmergels. Im Übergangsbereich zwischen Lößlehm und Verwitterungslehm sind teilweise kiesige, sandstreifige, geschiebelehmartige Schluffe eingelagert. Diese Bodenpartien können wasserführend sein.

Grundwasser wurde als Staunässe in den Lößlehmschichten und als Schichtenwasser in den sandstreifigen kiesigen Schluffschichten in unterschiedlichen Tiefenlagen angetroffen.

2. Das Abdichtungssystem

Aufgrund des Änderungsbescheides des RP Arnsberg beauftragte die Stadt Bochum 1993 ein Ingenieur-Büro mit der Planung der Erweiterung der ZDK.

In der Abstimmungsphase wurde vereinbart, daß die Vorgaben der 'TA Siedlungsabfall' (die zu diesem Zeitpunkt noch nicht in Kraft getreten war), welche als allgemeine Verwaltungsvorschrift den 'Stand der Technik' definieren wird, hinsichtlich der Wahl des Deponiebasisabdichtungssystemes bei der Entwerfsaufstellung beachtet werden soll.

Bei beabsichtigter Abweichung von der "Regelausbildung" gem. 'TA Siedlungsabfall' (Kombinationsabdichtung bestehend aus mineralischer Dichtungsschicht und darauf aufliegender Kunststoffdichtungsbahn) muß die Gleichwertigkeit des Alternativsystemes mit der "Regelausbildung" im Hinblick auf den Schutz des Untergrundes bzw. des Grundwassers nachgewiesen werden.

Die Antragsstellerin entschied sich aus bauzeitlichen und wirtschaftlichen Gründen für den Einsatz eines Alternativsystemes.

- Aufgrund der zur Verfügung stehenden geringen Restschüttflächen der ZDK und dem daraus drohenden Entsorgungsengpaß war die frühzeitige Fertigstellung der Erweiterungsflächen der wichtigste Entscheidungspunkt für das Alternativsystem. Der Planer führte aus, daß durch den Wegfall der Kunststoffdichtungsbahn und dem zugehörigen Schutzsystem ein erheblicher Bauzeitvorteil eintritt. Außerdem würde der witterungsbedingte Baustop minimiert, da auch hier hauptsächlich die Kunststoffdichtungsbahn die sensiblere Komponente in der Kombinationsabdichtung ist.
- Eine Kombinationsabdichtung bestehend aus:
 - 75 cm Ton; 3-lagiger Einbau
 - 2,5mm Kunststoffdichtungsbahn
 - Schutzschicht

kostet incl. Einbau ca. 120 DM/m².

Für das Alternativsysteme bestehend aus:

- 75 cm mineralische Abdichtung; 3-lagiger Einbau
- Geotextil
- Infiltrationsboden

hat der Planer kosten von ca. 75 DM/m² veranschlagt.

Als alternatives Basisabdichtungssystem beantragte die Stadt Bochum eine wasserglasvergütete Lößlehmabdichtung mit Bewehrung und aktiver Rißsicherung.

Aufbau der Basisabdichtung

Westliche Erweiterung
M. 1 : 25

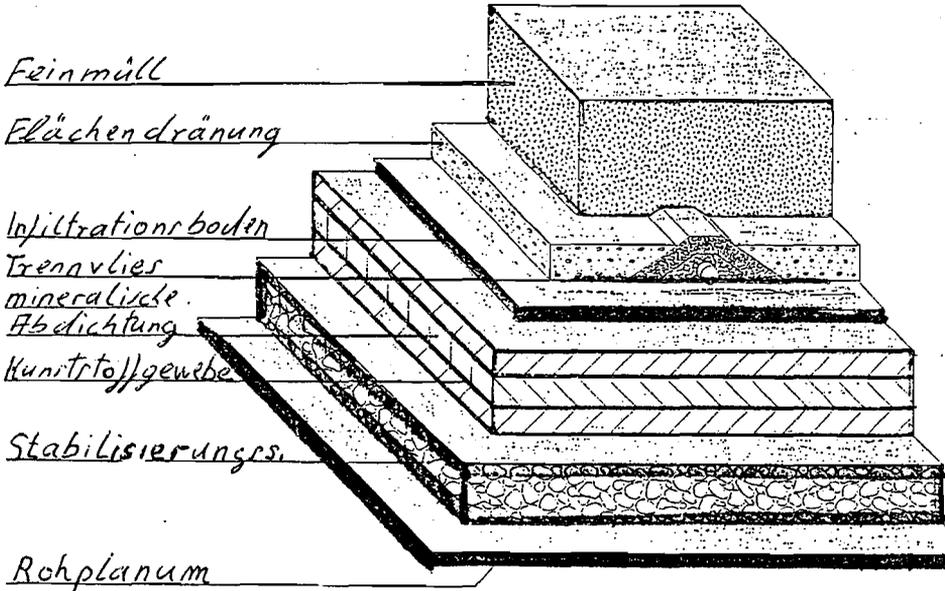


Bild 3: Regelaufbau

Zur Profilierung der Basis und zur Optimierung des Deponievolumens wird im Erweiterungsbereich das Gelände bis zu 13m ausgeschachtet. Der bei dem Aushub anfallende Lehmboden soll als Abdichtungsmaterial verwendet werden.

Der Lößlehm wird zur Verringerung des Durchlässigkeitswertes mit $13,6 \text{ kg/m}^3$ Wasserglaspulver und $10,4 \text{ kg/m}^3$ Gelbildner vermischt.

Durch die Reaktion des Gelbildners und des Wasserglases mit den Bodenwasserinhaltsstoffen entstehen Kieselsäuresole und -gele. Der abdichtende Effekt beruht auf der Umwandlung des Bodenwassers in ein hochabdichtendes Kieselsäuresol- und -gelsystem.

Die Eignungsprüfung ergab bei dieser Vorgehensweise einen Durchlässigkeitsbeiwert $k < 5 \times 10^{-11} \text{ m/s}$ für die mineralische Abdichtung.

Zwischen der 1. und 2. Lage ist als Bewehrung das Einlegen eines Kunststoffgewebes zur aktiven Rißsicherung vorgesehen. Das Gewebe soll gestrafft und ohne Faltenbildung im Preßverbund verlegt werden.

Auf die 3. Lage wird ein Infiltrationsboden mit einer Mächtigkeit von 10 cm aufgetragen.

Bei dem Infiltrationsboden handelt es sich um ein Gemisch aus ca. 50% mittel-sandigen Feinsand und ca. 50% Lößlehm. Dieses Grundgemisch hat eine sehr geringe Kohäsion und wird in einem Stützkorn aus grobkörnigem Material eingemischt.

Durch die vollflächige Überlagerung soll der Infiltrationsboden bei entstehenden Rissen und Zutritt von Sickerwasser die Risse wieder zusetzen. Durch die Lage der Bewehrung im unteren Bereich der Dichtungsschicht wird der mit dem Sickerwasser in die Risse einlaufende Infiltrationsboden aufgehalten. Im Riß bildet sich ein Sediment, welches den Riß verstopft.

3. Bauphase

Der bei der Herrichtung des Deponieplanums anfallende Lößlehm wird auf außerhalb des Baufeldes liegenden Mischplätzen, bei schlechter Witterung in einem ausreichend großen Zelt, mit Gelbildner und Wasserglas vermischt.

Der Lößlehm wird in einer Lagenstärke von ca. 25 cm auf dem Mischplatz ausplaniert. Der Gelbildner wird mittels eines Einstreuers auf den Lößlehm verteilt und anschließend eingefräst.

Dieser Aufstreu- und Fräsvorgang ist zweimal pro Lage durchzuführen.

Der untergefräste Gelbildner im lockeren Haufwerk ist mindestens mit 2 Vibrationswalzgängen zu verdichten.

Der Gelbildner benötigt eine Anlösezeit von 5 Stunden und kann maximal 8 Tage liegen bleiben.

Nach der Anlösezeit wird das Wasserglas auf den Lößlehm gestreut und untergefräst.

Auch dieser Arbeitsgang muß ein zweites Mal durchgeführt werden.

Der so vorbereitete Abdichtungsboden wird im Baufeld eingebaut und muß hier zwischen 0-24 Stunden, je nach Wirksamkeit des Porenwasserüberdruckes aus den ersten Verdichtungsübergängen, liegen bleiben, bis eine abschließende Nachverdichtung erfolgt ist.

Die Liegezeit und die Einbaubarkeit ist also weitestgehend vom Wassergehalt abhängig. Der in der Eignungsprüfung ermittelte Einbauwassergehalt liegt zwischen 16,6% und 21,2%.

Während der Sommermonate funktionierte der Einbau der Dichtungslagen gut, da der warme Wind und die geringe Luftfeuchtigkeit den Porenwasserüberdruck schnell abbaute. Die Oberfläche der einzelnen Dichtungslagen konnte mit durchschnittlichen Wassergehalten von 18,5% eben hergestellt werden.

Durch die Witterungslage seit Oktober 1993 (hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen) nimmt der Porenwasserüberdruck in der Dichtungsschicht nicht mehr ab. Hierdurch wird die Einbaubarkeit der Dichtung erheblich erschwert. Die Oberfläche der einzelnen Dichtungslagen ist bei einem Wassergehalt > 18% nicht mehr eben herzustellen, da durch den fehlenden Abbau des Porenwasserüberdruckes die Abdichtung plastisch wird und die Walze in die Dichtung einsinkt.

Mit den Walzenaußenkanten wird die Oberfläche der Dichtung aufgefräst. Das Ergebnis sind Walzkanten bis 10 cm, Schollenbildung und Wülste zwischen den Walzkanten.

Eine gute Einbaubarkeit hat das Abdichtungsmaterial nur bei einem Wassergehalt zwischen 17% und 18%.

Der verregnete Sommer hat außerdem dazu geführt, daß alle potentiellen Lößlehm Böden mit einem Wassergehalt von über 22% wassergesättigt und damit ohne Vorbehandlung nicht einbaufähig sind.

Um den ohnehin schon vorliegenden Bauzeitverzug in Grenzen zu halten wird der Lößlehm in einem Drehtrommelofen seit Februar 1994 auf einen Wassergehalt von ca. 17% heruntergetrocknet.

Die Ebenheit der Oberfläche der einzelnen Dichtungsschichten ist sehr wichtig, da daß als Bewehrung vorgesehene Kunststoffgewebe gestrafft, ohne Faltenbildung im Pressverbund zu verlegen ist.

Um den Preßverbund sicherzustellen und zu gewährleisten, daß die horizontalen Durchlässigkeiten nicht größer sind als die vertikalen Durchlässigkeiten, wird das Bewehrungsgewebe mit einer Tandemwalze in die Dichtungslage eingebettet.

Der Infiltrationsboden ist in trockenem bis erdfeuchten Zustand einzubauen. Da der Infiltrationsboden eine sehr geringe Kohäsion besitzt, darf er nicht befahren oder mit Raupen geglättet werden.

Der Einbau erfolgt vor Kopf im Vorgang der Drainageschicht mit einem Löffelbagger. Das Arbeitsgerät darf für den Einbau des Infiltrationsbodens und der Drainageschicht nur auf einer mindestens 50 cm mächtigen Drainageschicht fahren.

Zur Verhinderung des Ausfließens des Infiltrationsbodens in die Drainagerohre wird im Bereich der Drainagerohre ein filterstabiles Geotextil zwischen Infiltrationsboden und Drainageschicht verlegt.

Der ordnungsgemäße Einbau der Infiltrationsschicht, des Geotextiles und der Drainageschicht erfordert von der Baufirma eine sehr gute Koordinierung der einzelnen Arbeitsabläufe.

4. Zusammenfassung

Die ca. 9 ha große Erweiterungsfläche der ZD Bochum-Kornharpen erhält eine wasserglasvergütete mineralische Basisabdichtung mit Bewehrung und aktiver Rißsicherung.

Der Einbau dieses Abdichtungssystems vom Ausschachten des Lößlehmes bis zum Auftragen der Drainageschicht erfordert verhältnismäßig viele Arbeitsschritte.

Die Qualitätsanforderungen die der Planfeststellungsbeschluß an das Abdichtungssystem stellt, wurden während der trockenen Jahreszeit erreicht. Jedoch ergaben sich durch den verregneten Sommer und der damit verbundenen Wassersättigung des Lößlehmes erhebliche Einbauschwierigkeiten des wasserglasvergüteten Lößlehmes in der Bauphase ab Oktober 1993. Um überhaupt weiter bauen zu können, muß der Wassergehalt des Lößlehmes mittels eines Drehtrommelofens von ca. 22% auf ca. 17% heruntergetrocknet werden.

STANDORTANGEPASSTE OBERFLÄCHENABDICHTUNG AM BEISPIEL

DER DEPONIE BORNHEIM-HERSEL

Die Deponie Bornheim-Hersel wurde bereits vor Inkrafttreten des Abfallbeseitigungsgesetzes (AbfG) durch die Gemeinde Bornheim als kommunale Abfallentsorgungsanlage genutzt. Durch die Gründung eines Müllbeseitigungszweckverbandes, der als beauftragter Dritter durch den Betrieb der Zentraldeponie in Sankt Augustin die Entsorgung der Haus- und Gewerbeabfälle im Rhein-Sieg-Kreis sicherstellte und dem gleichzeitigen Beitritt der Gemeinde Bornheim zu diesem Verband, wurde der Deponiestandort Bornheim-Hersel als Entsorgungsanlage für die Stadt Bonn interessant. Die Abbildung 1 zeigt die Lage und Ausdehnung der Deponie in ihrem gegenwärtigen Zustand.

Bei dem von der Gemeinde Bornheim genutzten Areal handelt es sich um einen Teilbereich (sog. Altbereich) einer betriebenen Naßauskiesung, für die dem Kiesgrubenbetreiber im Rahmen der wasserrechtlichen Erlaubnis die Verpflichtung zur Wiederverfüllung und Rekultivierung auferlegt worden ist.

Mit dem Wechsel des Betreibers und einer räumlichen Erweiterung der Deponiefläche wurde durch abfallrechtlichen Bescheid des RP Köln im Jahr 1976 die Errichtung einer mineralischen Basis- und Böschungsabdichtung gefordert. Der Dichtungsaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt.

Durch die betriebene Naßauskiesung, die den oberen Grundwasserleiter bis zum Stauer in mehreren Meter Mächtigkeit freigelegt hatte, wurde vor Herstellung der Basisabdichtung die Wiederverfüllung des Grundwassers mit Bodenmassen erforderlich. Auf-

grund des Zeitdruckes für die Bereitstellung von Ablagerungsflächen konnte vor Erstellung der Basisabdichtung lediglich eine Verdichtung des Verfüllkörpers nach Erreichen der Gesamtanschüttungsmächtigkeit mittels Vibrationswalzen vorgenommen werden. Die Abfolge der Grundwasserverfüllung bestimmte dabei zugleich die Erstellung der Basisdichtung in mehreren Abschnitten.

Die Langzeitkonsolidierung der Grundwasserverfüllung und damit verbunden das Planum für das Abdichtungssystem war somit zum Zeitpunkt der Basisdichtungsherstellung und der nachfolgenden Abfallablagerung keineswegs abgeschlossen, so daß die Abdichtung zwangsläufig Setzungen erfahren hat. Da außerdem der Kies- und Sandabbau aufgrund des Oberflächenreliefs im Grundwasserstauer sowie der Abbaumethode in unterschiedlichen Mächtigkeiten erfolgt ist, mußte mit verschiedenen Setzungsmaßen gerechnet werden. Ferner führte die Verschiedenartigkeit der Bodenmassen zu weiteren Setzungsdifferenzen innerhalb einer Ablagerungsfläche. Welche Setzungen rechnerisch erwartet werden konnten zeigt Abbildung 3, wobei der Altbereich keine Basisabdichtung aufweist.

Diese Setzungsproblematik und die damit befürchtete Grundwasserbelastung war behördlicherseits Anlaß dafür, ein über das normale Maß hinausgehendes dichtes Netz von Grundwassermeßstellen unmittelbar am Deponierand sowie weitere Meßstellen in etwa 250 Meter Entfernung im Grundwasserabstrom zu verlangen. Die Grundwasserqualität in diesen Meßstellen als auch die Beschaffenheit des in den einzelnen Deponieabschnitten gefaßten Sickerwassers ist vom Deponiebetreiber vierteljährlich auf weit über 40 Einzelparameter zu analysieren. Die nachstehende Übersicht gibt für einige der untersuchten Parameter die Bandbreite

der ermittelten Analysenwerte im Grundwasserzu- und -abstrom wieder.

| Parameter ¹⁾ | GW - Zustrom | GW - Abstrom | Sickerwasser |
|-------------------------|---------------|---------------|--------------|
| pH -Wert | 6,90 - 7,29 | 7,33 - 7,58 | 7,23 - 7,64 |
| Leitfähigkeit | 122 - 145 | 85 - 98 | 1130 - 1420 |
| Temperatur | 10,9 - 13,7 | 12,1 - 15,3 | 25 - 35 |
| Sulfat | 176 - 183 | 162 - 169 | < 10 - 40 |
| Chlorid | 51 - 54 | 62 - 68 | 1540 - 2060 |
| Nitrat - N | 52,6 - 54,5 | 14,0 - 18,8 | 1,5 - 6,9 |
| Ammonium - N | < 0,03 | < 0,03 | 350 - 760 |
| Eisen | < 0,05 - 0,34 | < 0,05 - 0,33 | 5,9 - 11,8 |
| Nickel | n. b. | n. b. | 0,12 - 0,25 |
| Zink | n. b. | n. b. | 0,04 - 0,10 |
| DOC | < 5 | < 5 | 380 - 530 |
| AOX | < 0,01 - 0,03 | < 0,01 - 0,03 | 1,6 - 2,2 |
| Phenolindex | < 0,01 | < 0,01 | 0,05 - 0,11 |

1) Meßwertangaben in mS/m, °C, mg/l

Die Gegenüberstellung der Meßwerte aus den zurückliegenden 5 Jahren macht mehrere Dinge deutlich:

- 1.) Die gemessene Grundwasserqualität sowohl im Zu- wie auch Abstrom der Deponie zeigt im Vergleich mit den in der Trinkwasserverordnung genannten Werten keine Überschreitungen, die einen unmittelbaren Handlungsbedarf für eine Deponiesanierung erkennen lassen.

Anmerkung:

Der Vergleich mit den Werten der Trinkwasserverordnung ist in diesem Fall zweckmäßig und richtig, da die Deponie teilweise in der Schutzzzone III B des Wvk Urfeld liegt.

2.) Der Anstieg der Wassertemperatur und des Ammoniumgehaltes bei gleichzeitigem Rückgang des Sauerstoffgehaltes und der Nitratkonzentration im Grundwasserabstrom der Deponie belegen den Eintrag von Schadstoffen aus der Abfallablagung. Dabei ist der Belastungsanstieg um so geringer ausgeprägt, je mächtiger der betroffene Grundwasserleiter ausgebildet ist.

Diese Grundwasserbewertung anhand der vorliegenden Analysen wird auch durch die Erstellung von Wasserbilanzen deutlich. Dabei wird die für die einzelnen Deponieabschnitte errechnete Niederschlagsmenge zur jeweils abgefahrenen Sickerwassermenge in Relation gesetzt. Die Abbildungen 4 - 9 geben einen Überblick über den Verlauf der Niederschlagsmengen und der dazugehörigen Sickerwassermengen für die Jahre 1990 - 93 .

Die dort aufgezeigten Kurvenverläufe belegen, daß bei den Deponieflächen 5 und 6 mit etwa 20 bis 22 % des Jahresniederschlags eine auch bei anderen Abfallentsorgungsanlagen bekannte Sickerwasserrate vorliegt, während bei den übrigen Deponieflächen zum Teil extrem geringe Sickerwasserraten vorhanden sind, deren Grund aus der Sicht der Wasserbehörden in Undichtigkeiten der Deponiebasisabdichtung gesehen wird.

Aufgrund der, wenn auch nur schwach ausgeprägten Grundwasserbelastung wurde behördlicherseits die Aufbringung einer Oberflächenabdichtung schon im Jahr 1987 dem Deponiebetreiber gegenüber gefordert. Dabei wurde der damals geltende Stand der Technik für Oberflächenabdichtungen zugrunde gelegt. Die Stadt Bonn beauftragte das Ingenieurbüro Prof. Jessberger & Partner mit der Überprüfung der behördlichen Anordnung einer mineralischen Oberflächenabdichtung. Im Gutachten des Ingenieurbüros

wird die Behördenforderung nach Errichtung einer mineralischen Oberflächenabdichtung in einer Stärke von 60 cm mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s bestätigt.

In der Folgezeit beauftragte der Deponiebetreiber das Ingenieurbüro BFT mit der planerischen Umsetzung der Dichtung, wobei die Forderung des Mindestgefälles von 5% erhebliche Realisierungsprobleme bereitete, da die angrenzenden Flächen nahezu eben ausgebildet sind. Durch die Wahl einer in sich stark gefalteten Oberflächenstruktur war es letztlich möglich, die Geländeüberhöhung gegenüber dem Umland auf ca. 3,50 m zu begrenzen.

Die zwischenzeitlich in Kraft getretene Technische Anleitung Abfall und die bis dahin noch nicht begonnenen Arbeiten an der Oberflächenabdichtung veranlaßten die Stadt Bonn die Behördlichen Anforderungen an das Dichtungssystem unter dem Aspekt der Gleichwertigkeit nach Punkt 2.4 der TA Abfall neu zu überdenken, zumal das erforderliche Dichtungsmaterial über große Entfernungen angeliefert werden mußte.

Als einzige, unter Beachtung der zu erwartenden Gesamtsetzungen auch fachlich zu vertretende Alternative zur mineralischen Abdichtung hat das Ingenieurbüro BFT die Herstellung der Oberflächenabdichtung mittels Bentofixmatte, Typ D der Firma Naue Fasertechnik empfohlen. Hierzu legte die Firma eine Reihe von Nachweisen zur Dichtigkeit, Beständigkeit der Matte unter Temperatur- und Feuchtigkeitswechseln sowie unter mechanischen Beanspruchungen vor. Ergänzt wurden diese Laboruntersuchungen durch Prüfungen an Materialproben, welche aus Oberflächendichtungssystemen entnommen wurden, die bereits mehrere Jahre bestehen.

Aus den von Firmenseite vorgelegten Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Erkenntnisse ableiten:

- 1.) Die Bentofixmatte, Typ D ist in bezug auf die mechanische Beanspruchbarkeit mit PEHD- Kunststoffdichtungsbahnen vergleichbar. Dies gilt auch für die Alterung der Kunststoffkomponente (Vernadelungsmaterial).
- 2.) Durchlässigkeitseiwerte von $k_f > 1 \times 10^{-10}$ m/s treten nur bei ungenügendem Wassergehalt des Tonens auf (vorhandener Wassergehalt unter 50 % der Wassersättigung) sowie bei Frost- und Tauwechseln, die eine Veränderung der Tonstruktur bewirken.
- 3.) Im praktischen Einsatz zeigen sich Verringerungen der Quellfähigkeit der Tonminerale infolge von Ionenaustauschvorgängen (Das durch Soda aktivierte Natriumbentonit wird zum geringer quellfähigen Calciumbentonit umgewandelt).
- 4.) Die Fixierung der Tonpartikel durch die Mattenvernadelung war bei den untersuchten Proben aus der Deponie Grabow / Kreis Lüchow unzureichend, wodurch sich Mineralverlagerungen ergaben, die zu Dicken zwischen 0,6 und 1,3 cm führten. Minderdicken bewirkten zugleich höhere Durchlässigkeiten.

Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde behördlicherseits die Möglichkeit einer Alternativlösung zu bisherigen Forderung nur bei den Bereichen mit Basisabdichtung für akzeptabel angesehen. Für den nicht basisgedichteten Altbereich wurde die bestehende Forderung für die mineralische Oberflächenabdichtung zusätzlich noch dahingehend erweitert, daß nunmehr eine Kombinationsabdichtung nach TA Siedlungsabfall, Klasse II aufzubringen ist.

Für die basisgedichtete Teilfläche 2, bei der die erfaßte Sickerwassermenge nur etwa 3% der Niederschlagsmenge ausmacht, wurde ebenfalls die **Aufbringung der Kombinationsabdichtung nach TA Siedlungsabfall** verlangt.

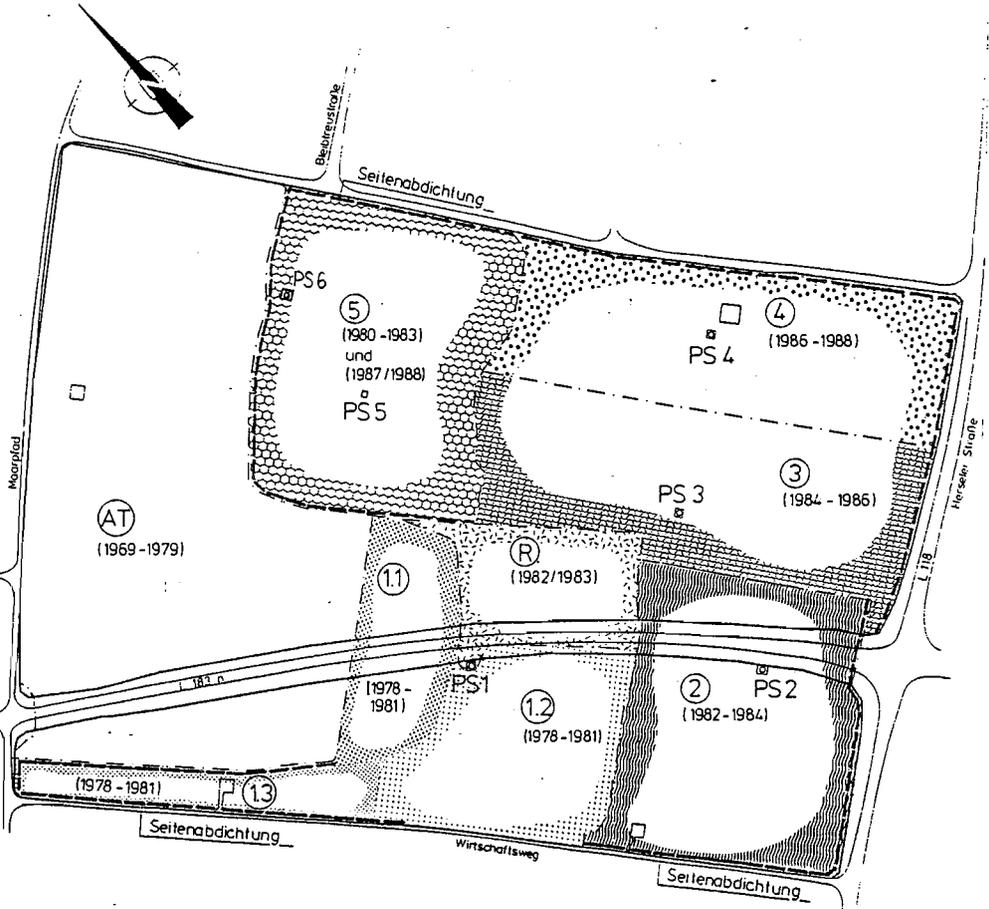
Der Aufbau der Oberflächenabdichtung mittels Bentofixmatte

als alleiniges Dichtungselement wurde als unzureichend angesehen und ergänzend zur Bentofixmatte die Verlegung einer 2,5 mm starken PEHD - Kunststoffdichtungsbahn gefordert. Um dabei ein Austrocknen der Bentofixmatte mit der Folge von größeren Durchlässigkeiten zu vermeiden, wurde die Anordnung von mineralischer Dichtungskomponente und Kunststoffdichtungsbahn gegenüber der Vorgabe gemäß TA Siedlungsabfall umgekehrt.

Den Aufbau der Oberflächenabdichtung mittels Bentofixmatte zeigt Abbildung 10, während Abbildung 10a die ursprüngliche Behördenforderung wiedergibt. Durch die Erhöhung der Rekultivierungsschichtstärke von 1,0 auf 1,5m soll außerdem die Wasserspeicherfähigkeit im Boden und letztlich auch die Evotranspiration der Bepflanzung gesteigert werden.

Mit dem Alternativdichtungssystem wurde für die Deponie Bornheim - Hersel ein Konzept entwickelt, das zunächst lediglich gegenüber den bisherigen behördlichen Vorgaben als gleichwertig betrachtet wird. Eine Gleichwertigkeit zur Oberflächenabdichtung nach TA Siedlungsabfall kann mit dieser Lösung nicht unmittelbar bescheinigt werden. Ob eine derartige Gleichwertigkeit besteht, soll anhand weiterer Untersuchungen festgestellt werden.

Abbildung 1a



02.02.1989

Abbildung 2

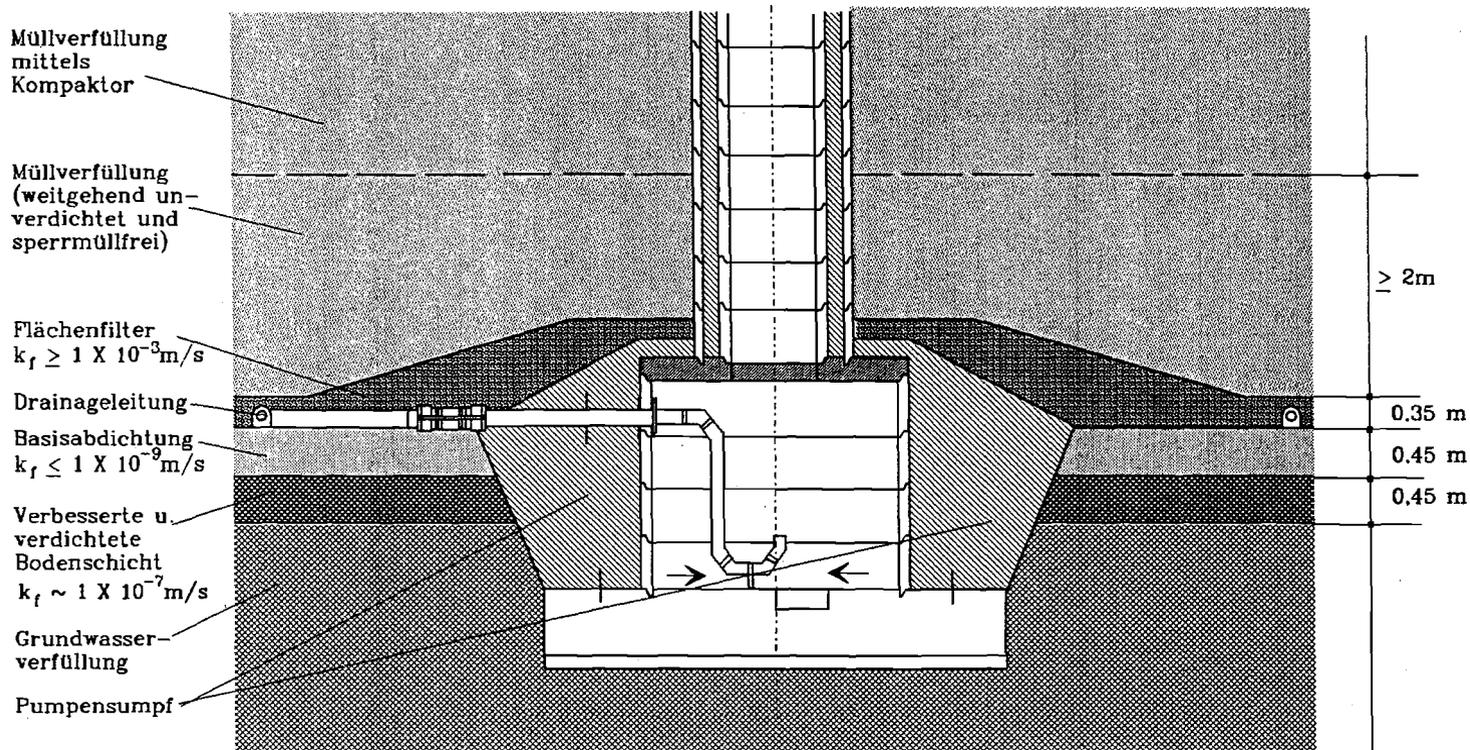
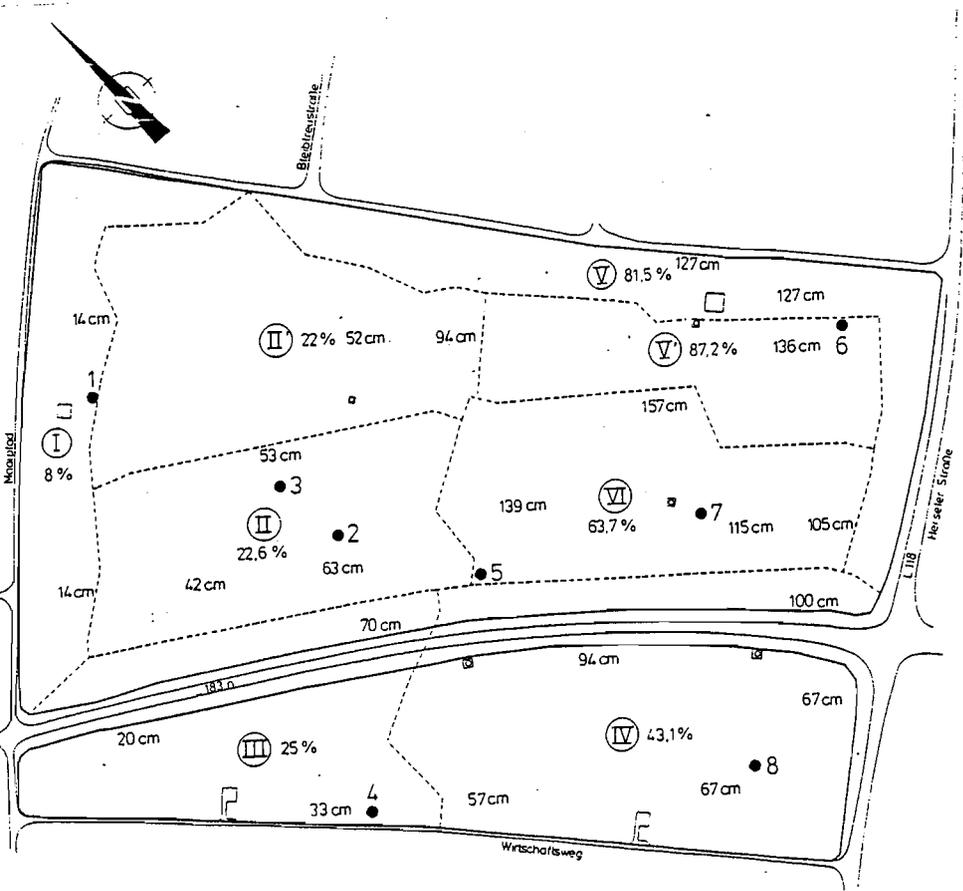


Abbildung 3



Zusammenfassung der Setzungen, ermittelt an 8 auf der
Deponiefläche verteilten Punkten

| | Punkt 1 | | Punkt 2 | | Punkt 3 | | Punkt 4 | | Punkt 5 | | Punkt 6 | | Punkt 7 | | Punkt 8 | |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | d (m) | s (cm) |
| Oberflächen- abdichtung | 4 | 0,7 | 3 | 0,5 | 3 | 0,5 | 2,5 | 0,3 | 2,5 | 0,3 | 2,5 | 0,3 | 2,5 | 0,3 | 2,5 | 0,3 |
| Müllkörper | 9,5 | 84 | 14,5 | 139 | 13 | 117 | 9,5 | 66 | 13 | 109 | 10,5 | 77 | 11,5 | 90 | 10,5 | 77 |
| Basisab- dichtung | - | - | - | - | 1 | 0,5 | 1 | 0,4 | 1 | 0,5 | 1 | 0,4 | 1 | 0,4 | 1 | 0,4 |
| Auffüllung | 6,5 | 13 | 6,5 | 13 | 14 | 13 | 9 | 11 | 9 | 21 | 12,5 | 29 | 14,5 | 36 | 16,5 | 41 |
| Kies, Kies- Sand-Schicht | 5 | 1,7 | 5 | 1,9 | 1 | 0,4 | 1 | 0,3 | 6 | 2,5 | 2 | 0,8 | 6 | 2,8 | 1 | 0,4 |
| Einsetz- maß (cm) | Σ 99,4 | | Σ 154,4 | | Σ 131,4 | | Σ 78 | | Σ 133,3 | | Σ 107,5 | | Σ 129,5 | | Σ 119,1 | |

Tabelle zu Abbildung 3

Abbildung 4a

Deponie Hersel Fläche 1

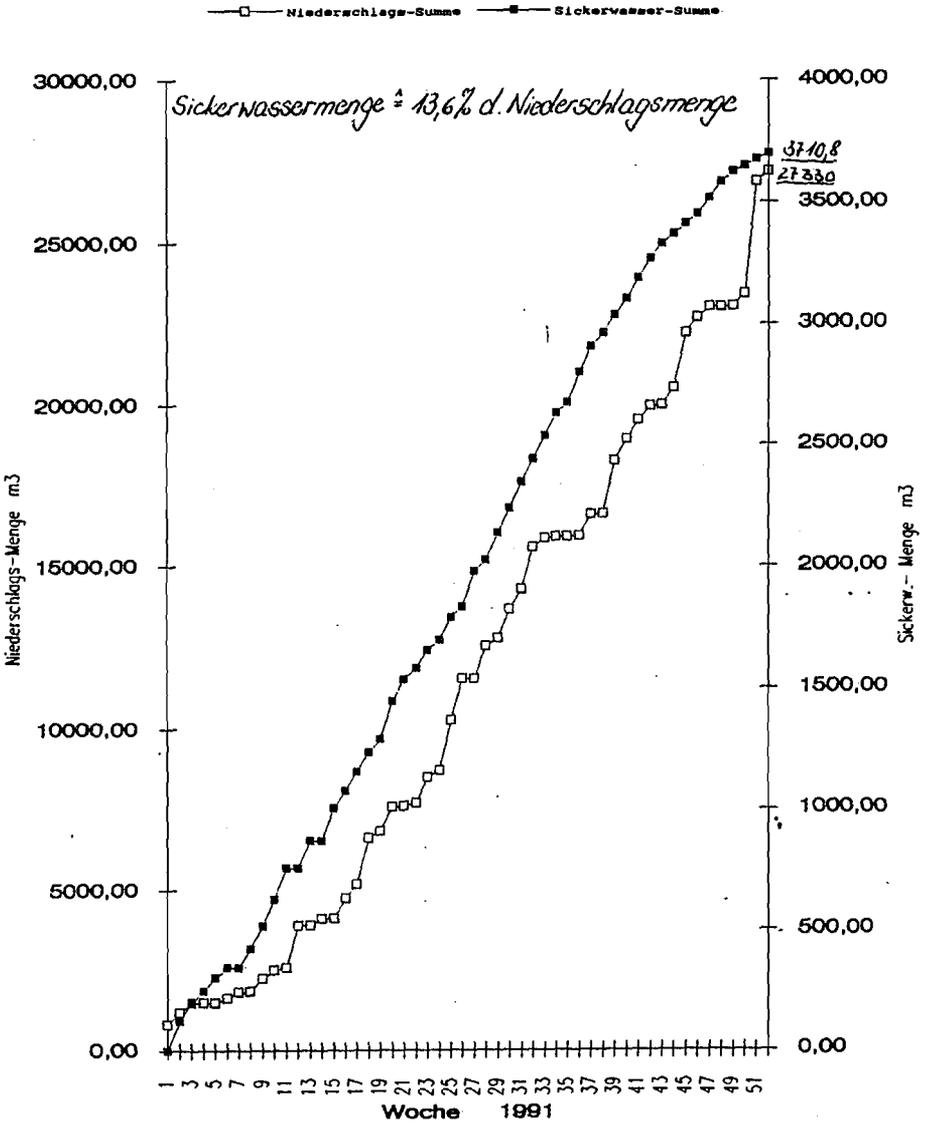
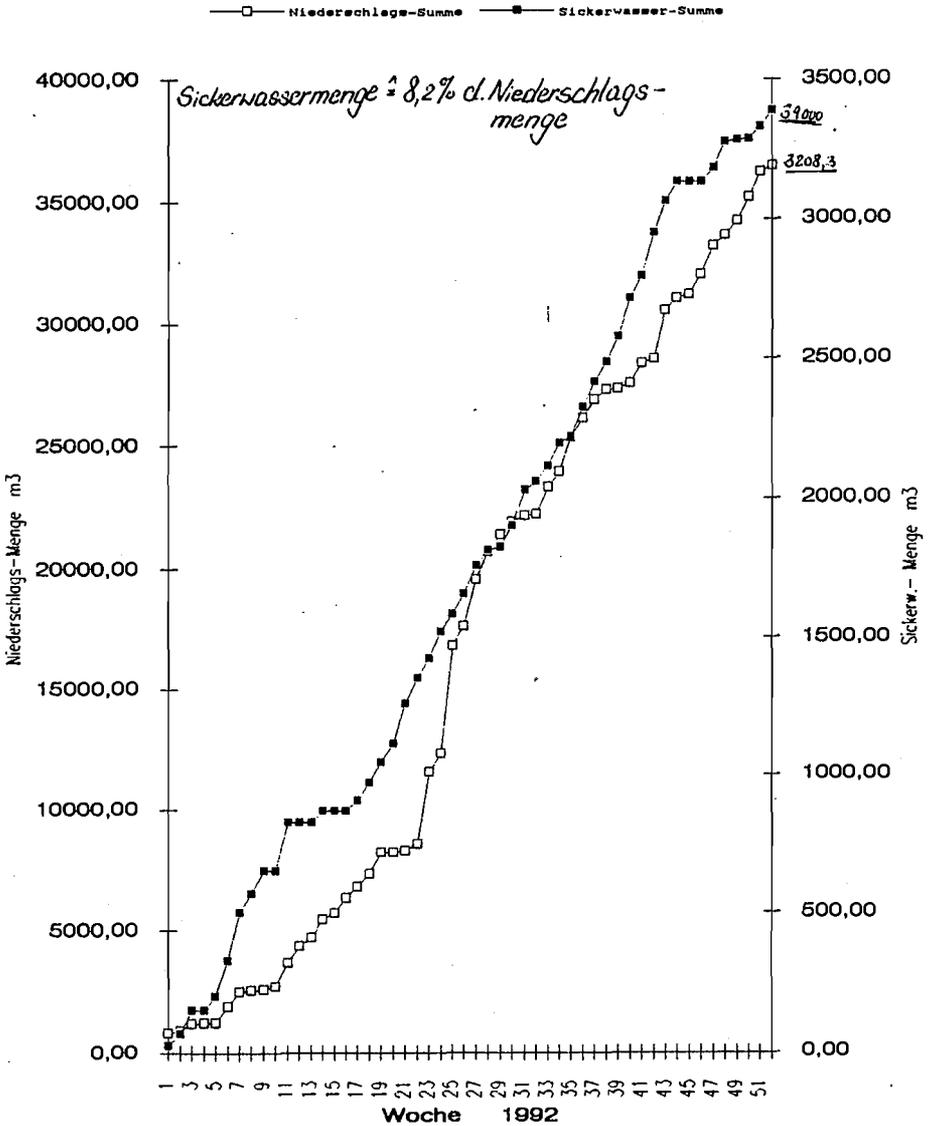


Abbildung 46

Deponie Hersel Fläche 1



Deponie Hersel Fläche 1

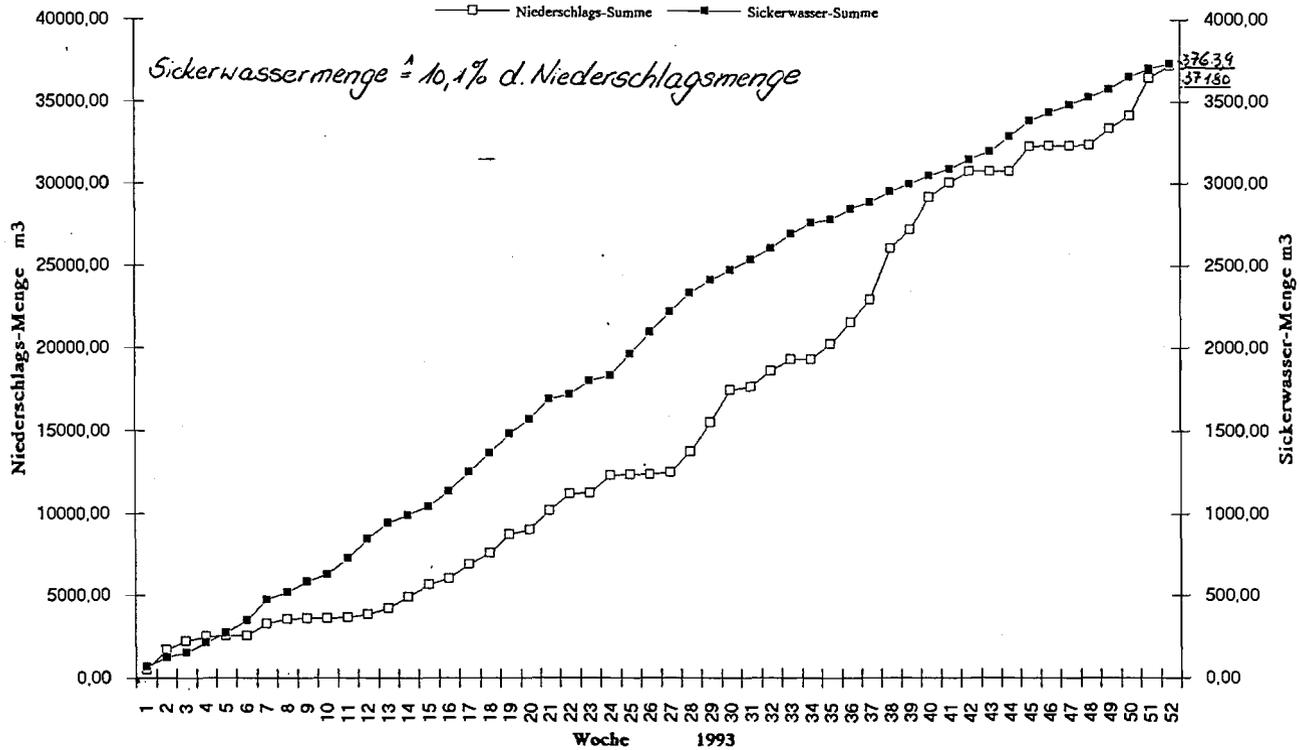


Abbildung 5a

Deponie Hersel Fläche 2

—□— Niederschlags-Summe —■— Sickerwasser-Summe

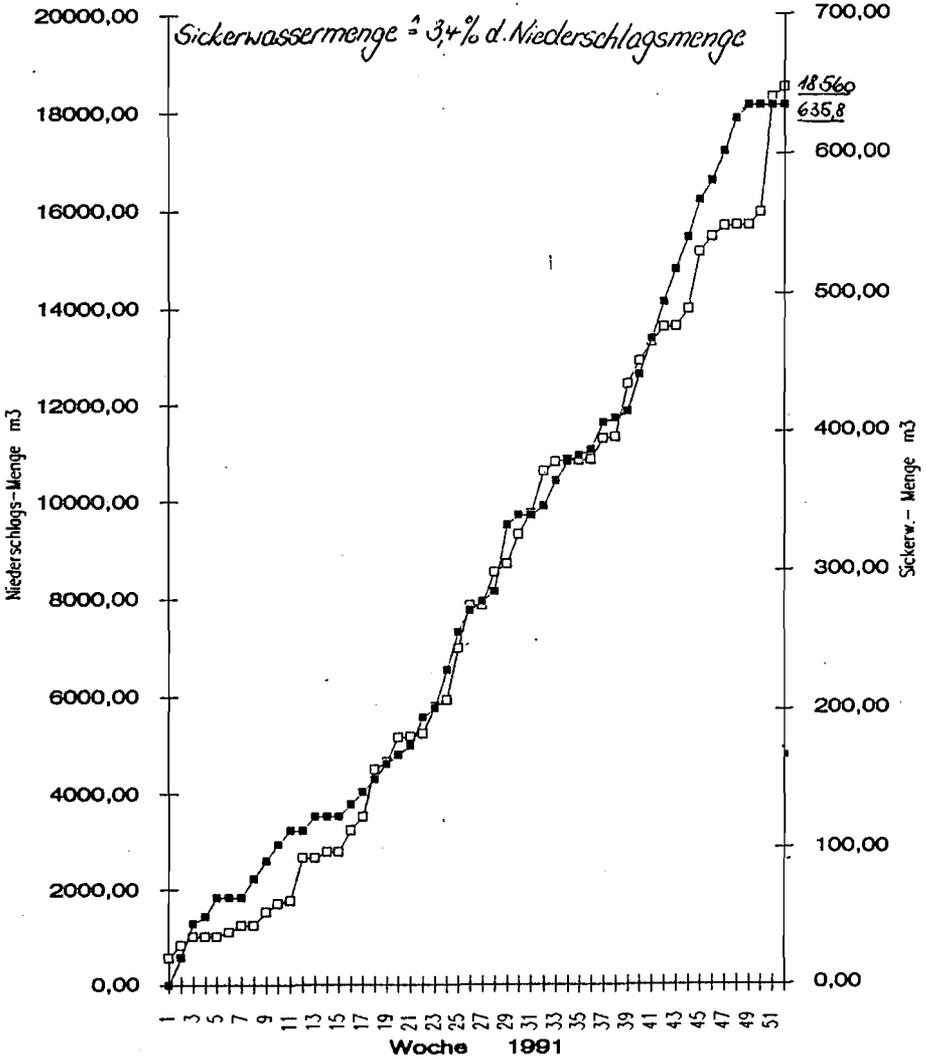


Abbildung 56

Deponie Hersel Fläche 2

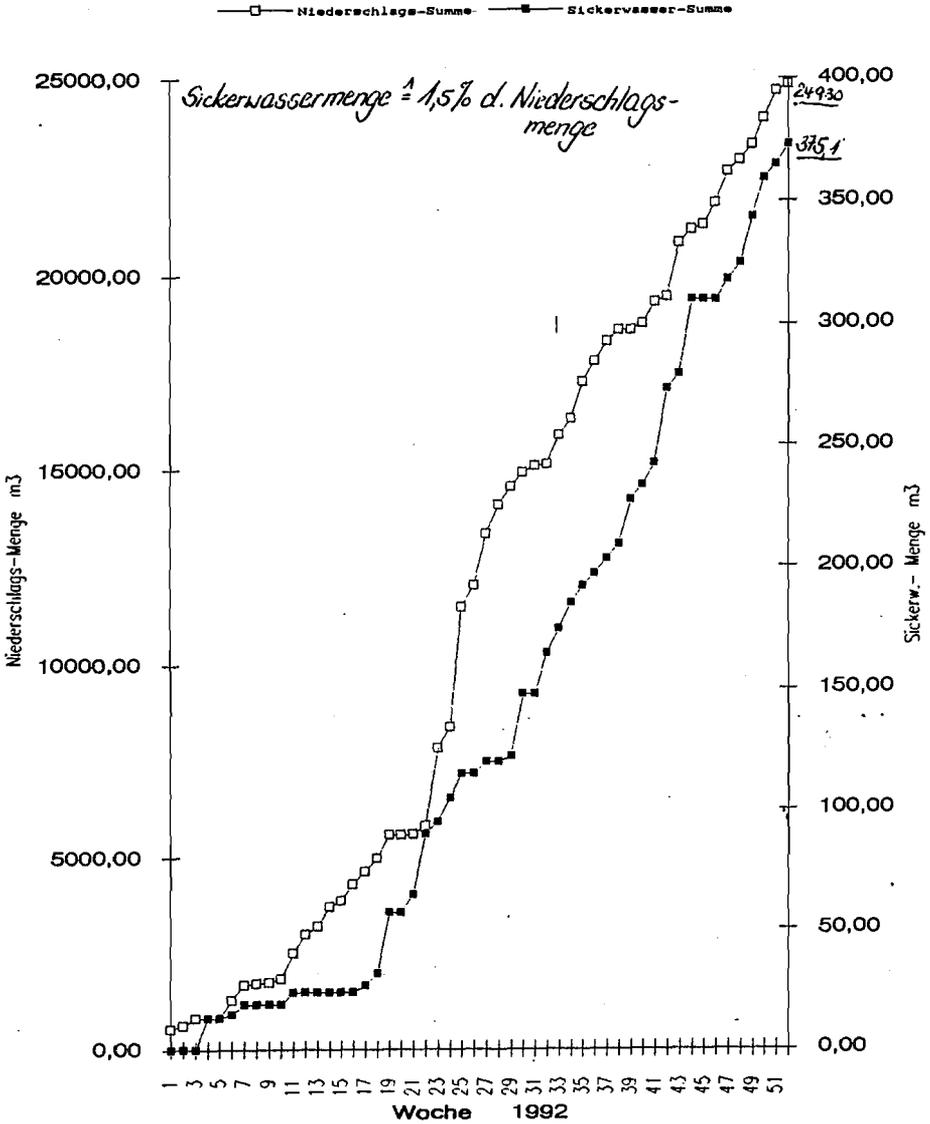


Abbildung 5c

Deponie Hersel Fläche 2

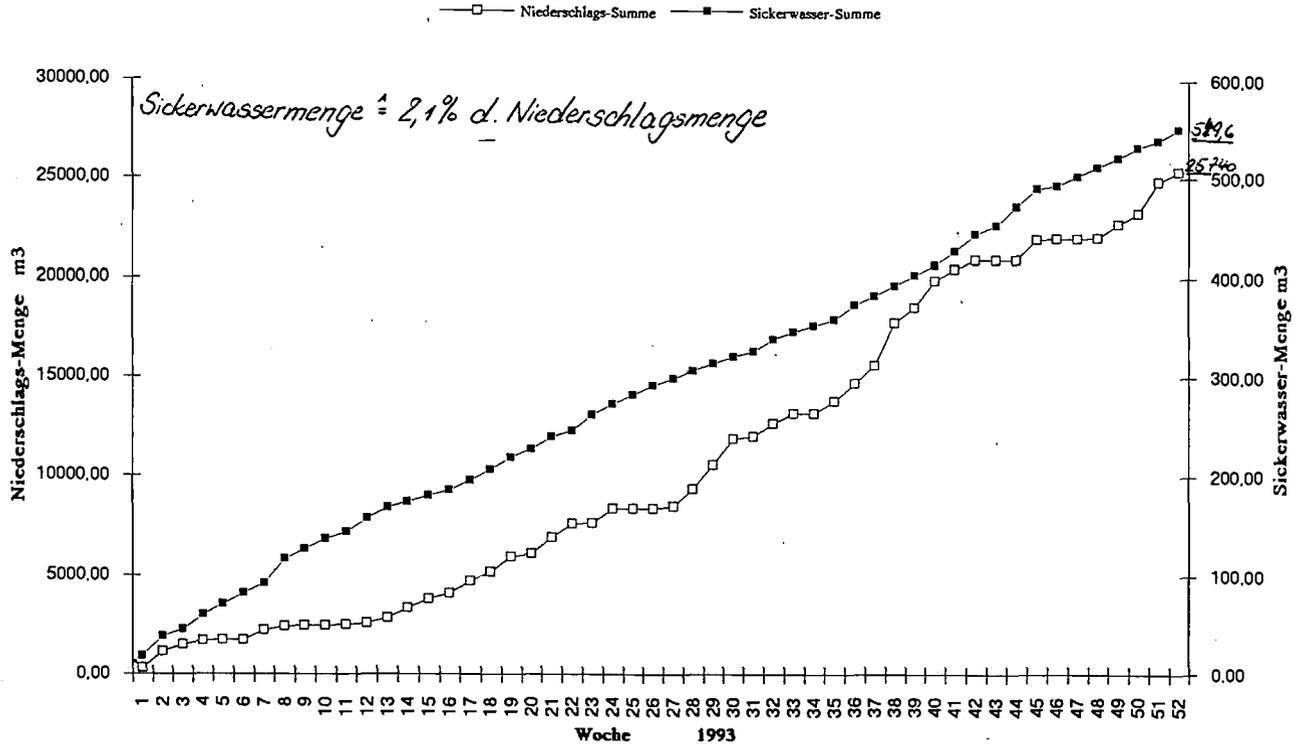


Abbildung 6a

Deponie Hersel Fläche 3

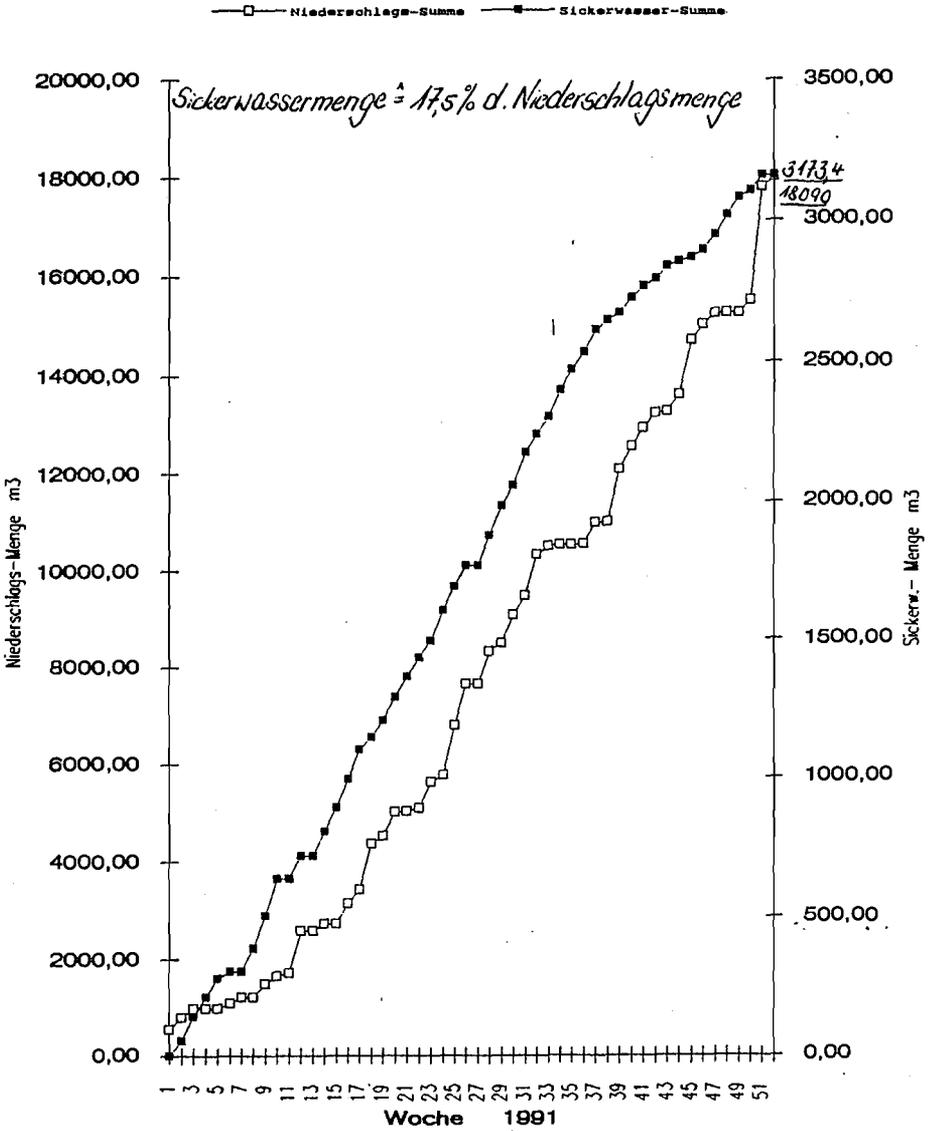


Abbildung 66

Deponie Hersel Fläche 3

—□— Niederschlags-Summe —■— Sickerwasser-Summe

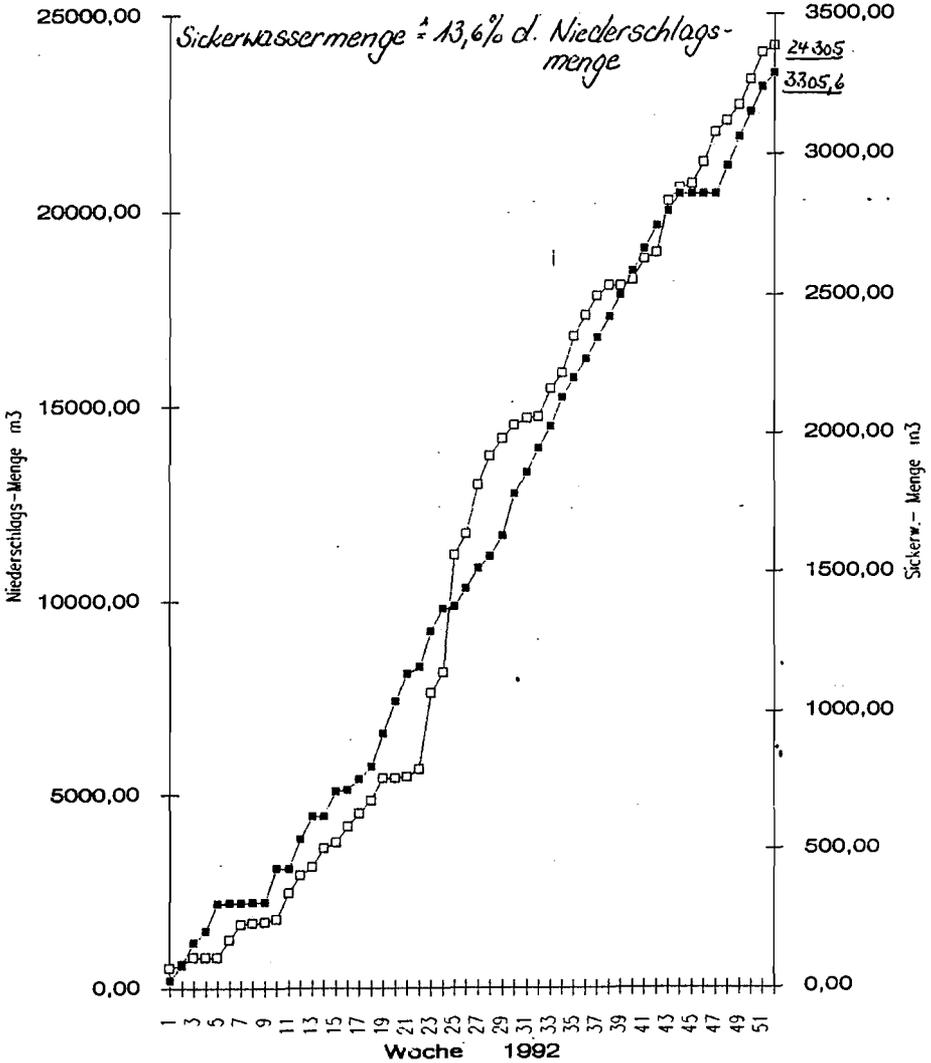
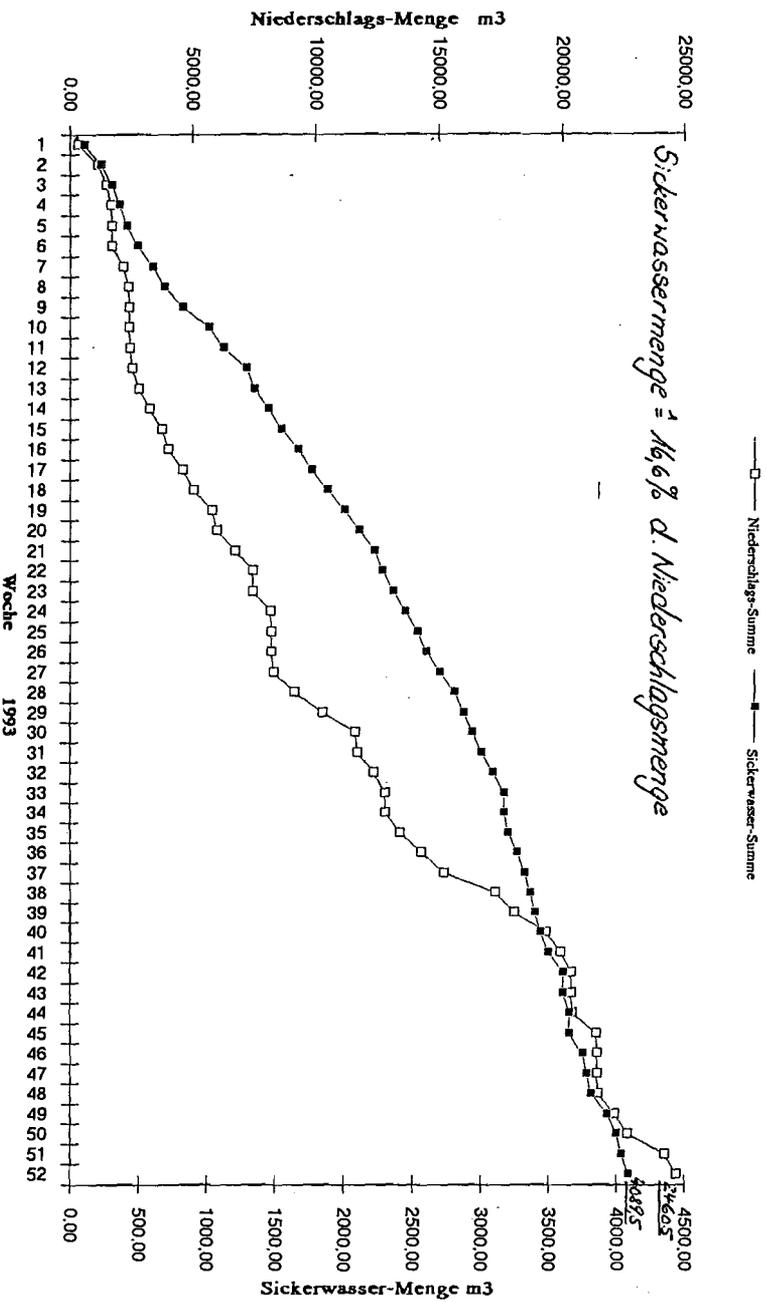


Abbildung 6c

Deponie Hersel Fläche 3



1993

Abbildung 7a

Deponie Hersel Fläche 4

—□— Niederschlags-Summe —■— Sickerwasser-Summe

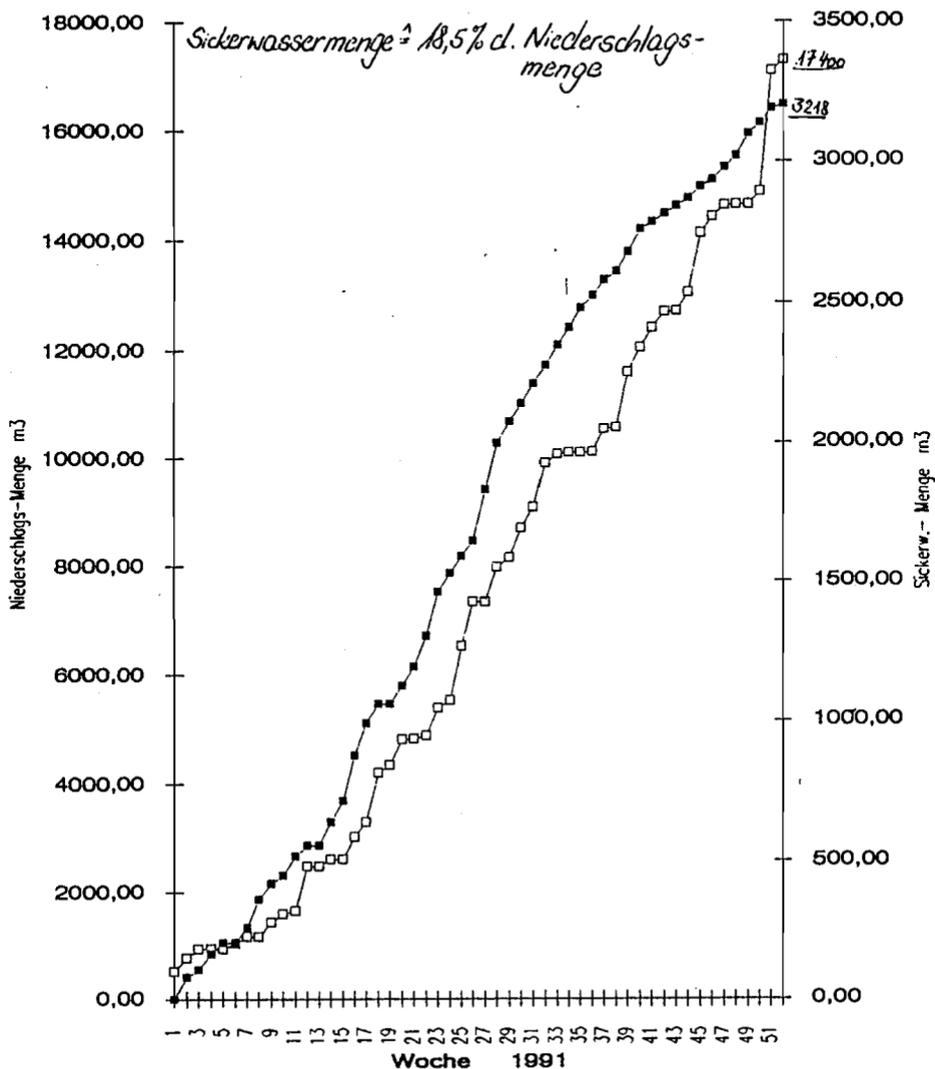
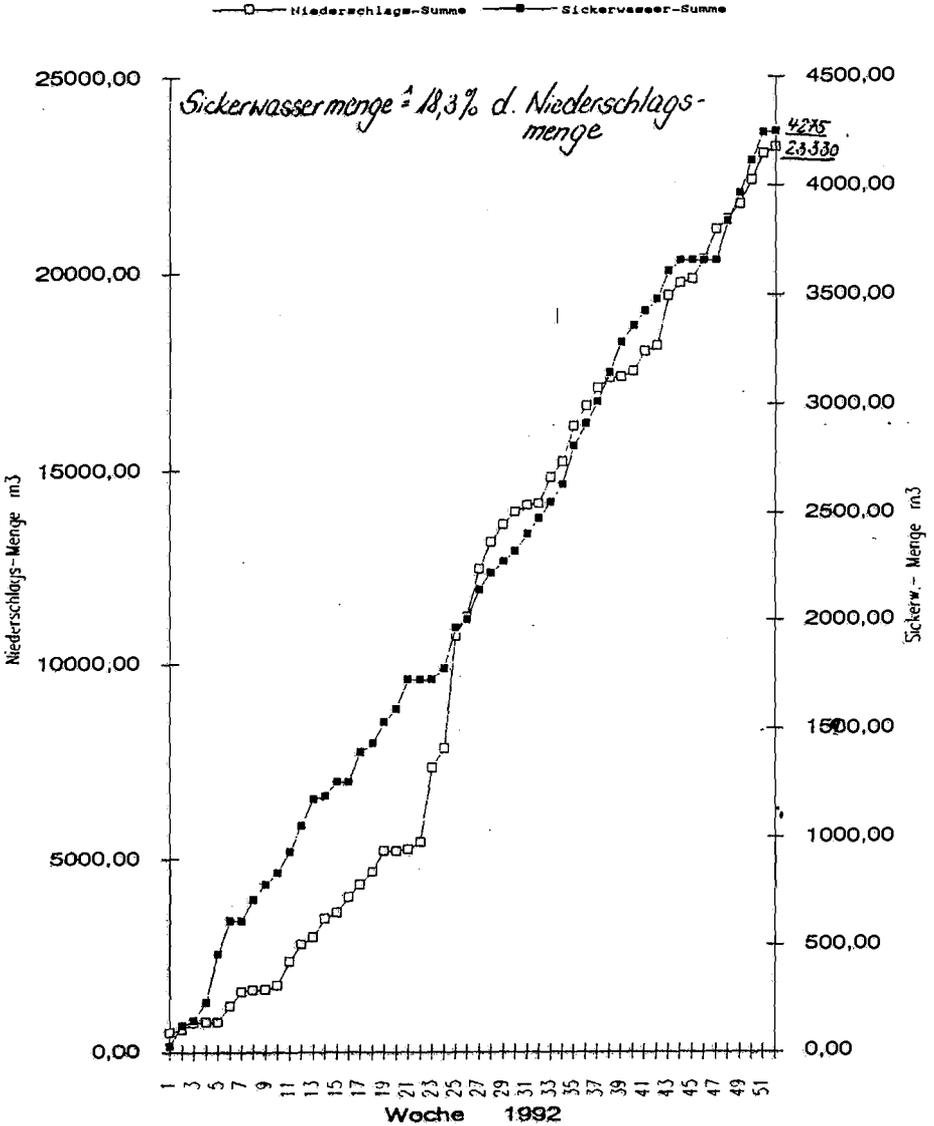


Abbildung 7b

Deponie Hersel Fläche 4



Deponie Hensel Fläche 4

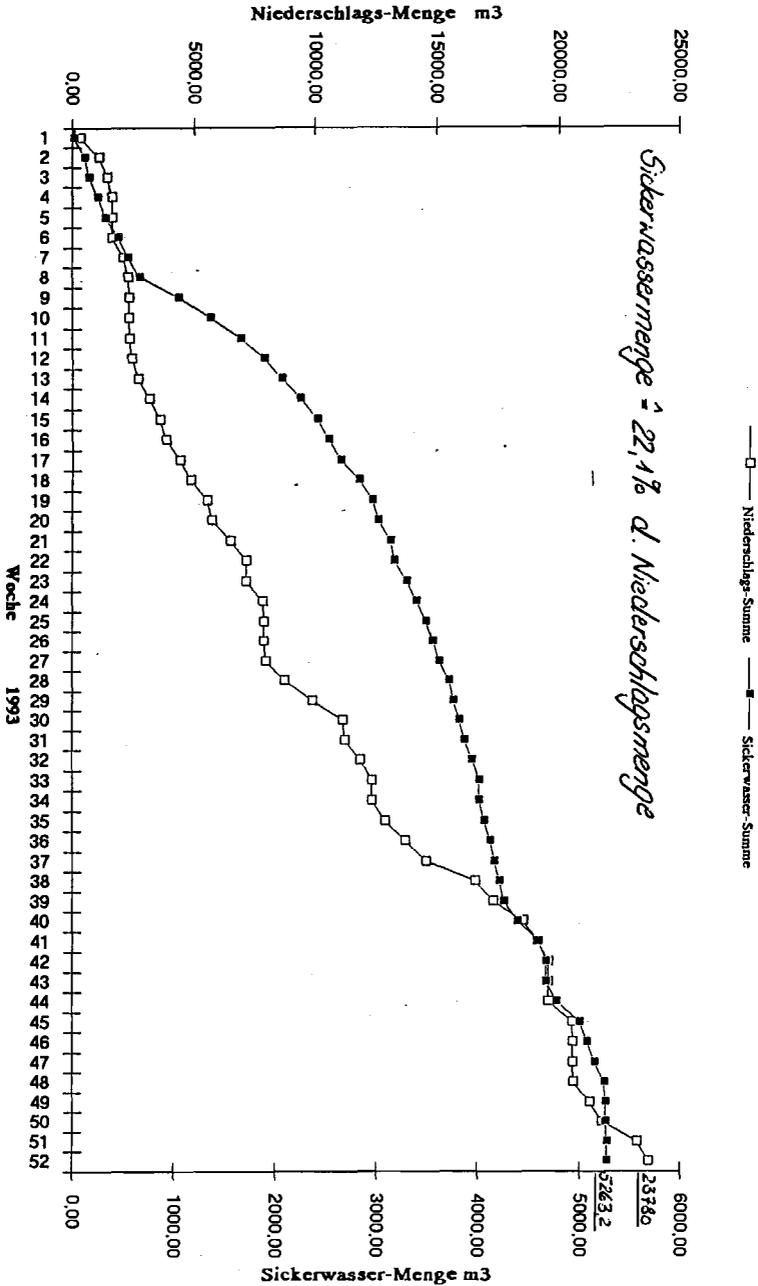


Abbildung 8a

Deponie Hersel Fläche 5 (Teilfl. P5)

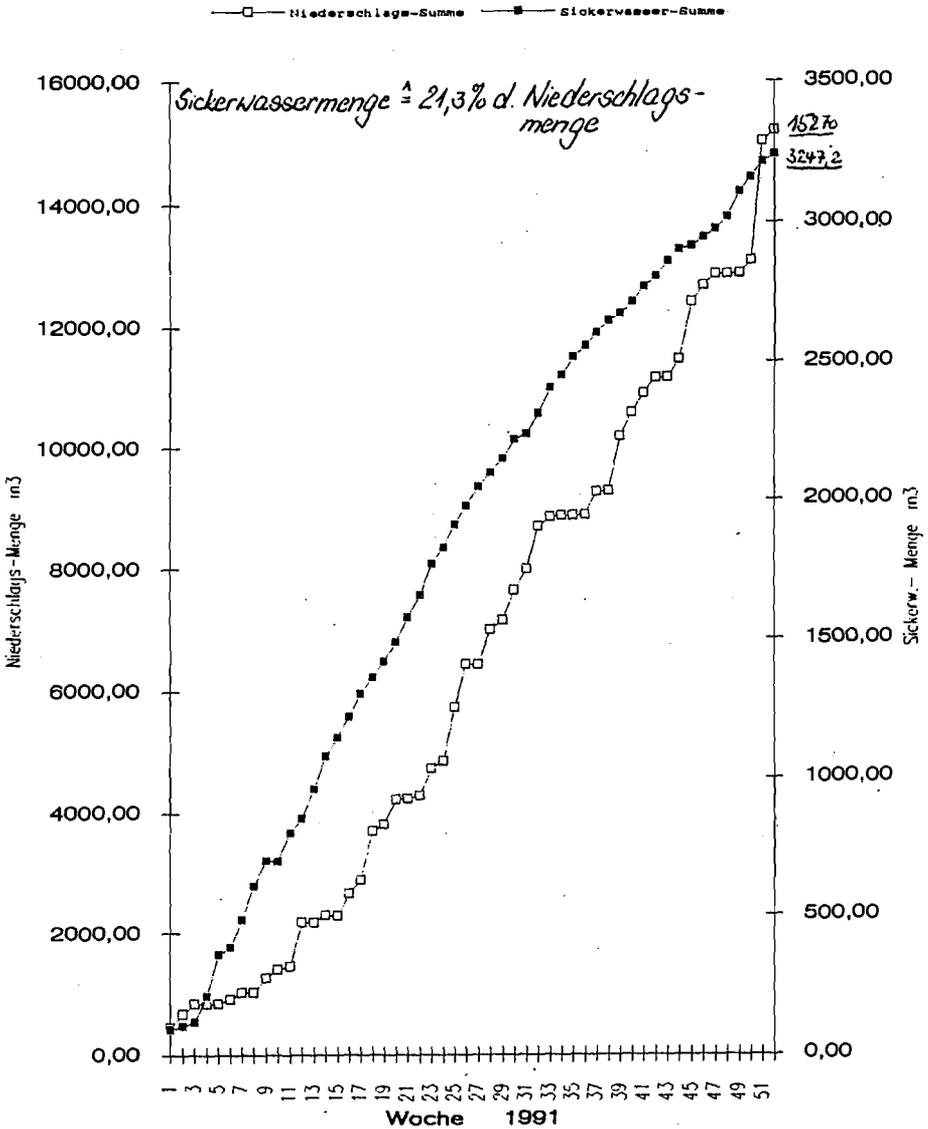


Abbildung 8b

Deponie Hersel Fläche 5 (Teilfl. P5)

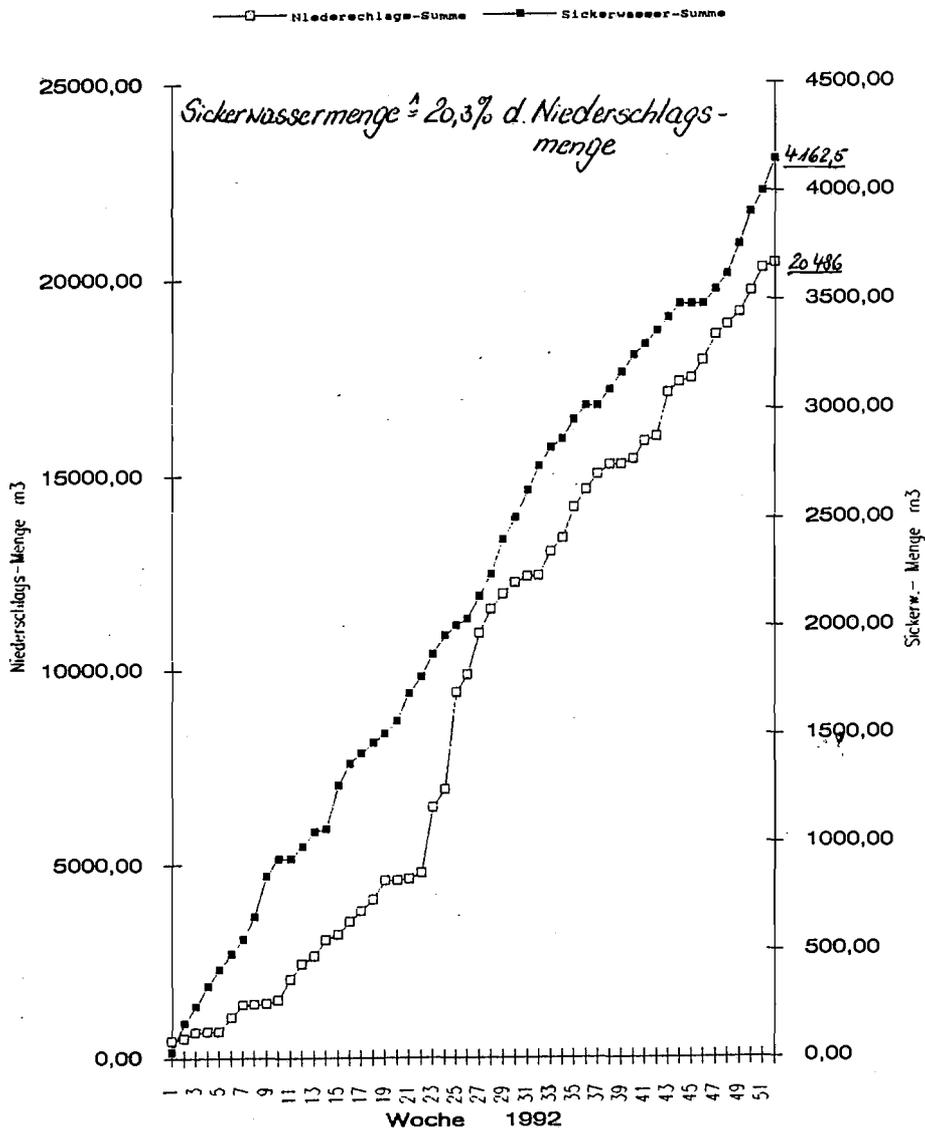


Abbildung 8c

Deponie Hersel Fläche 5 (Teilfl. P5)

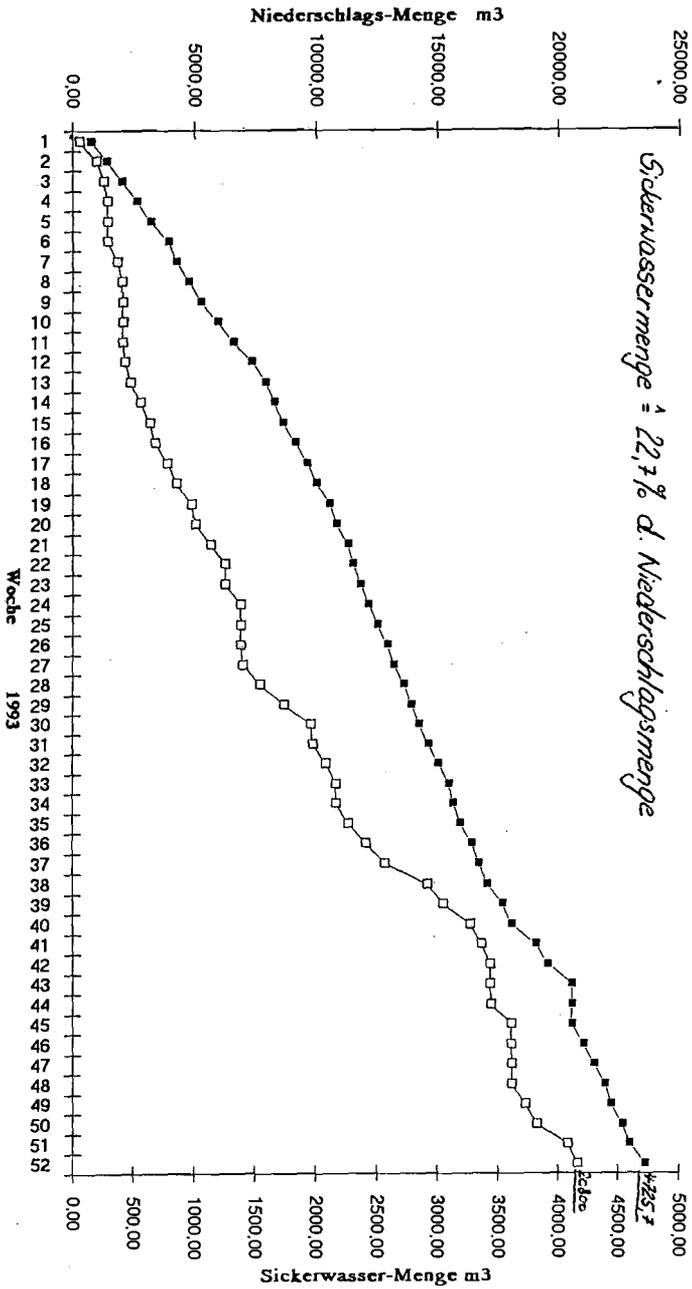


Abbildung 9a

Deponie Hersel Fläche 5 (Teilfl.P6)

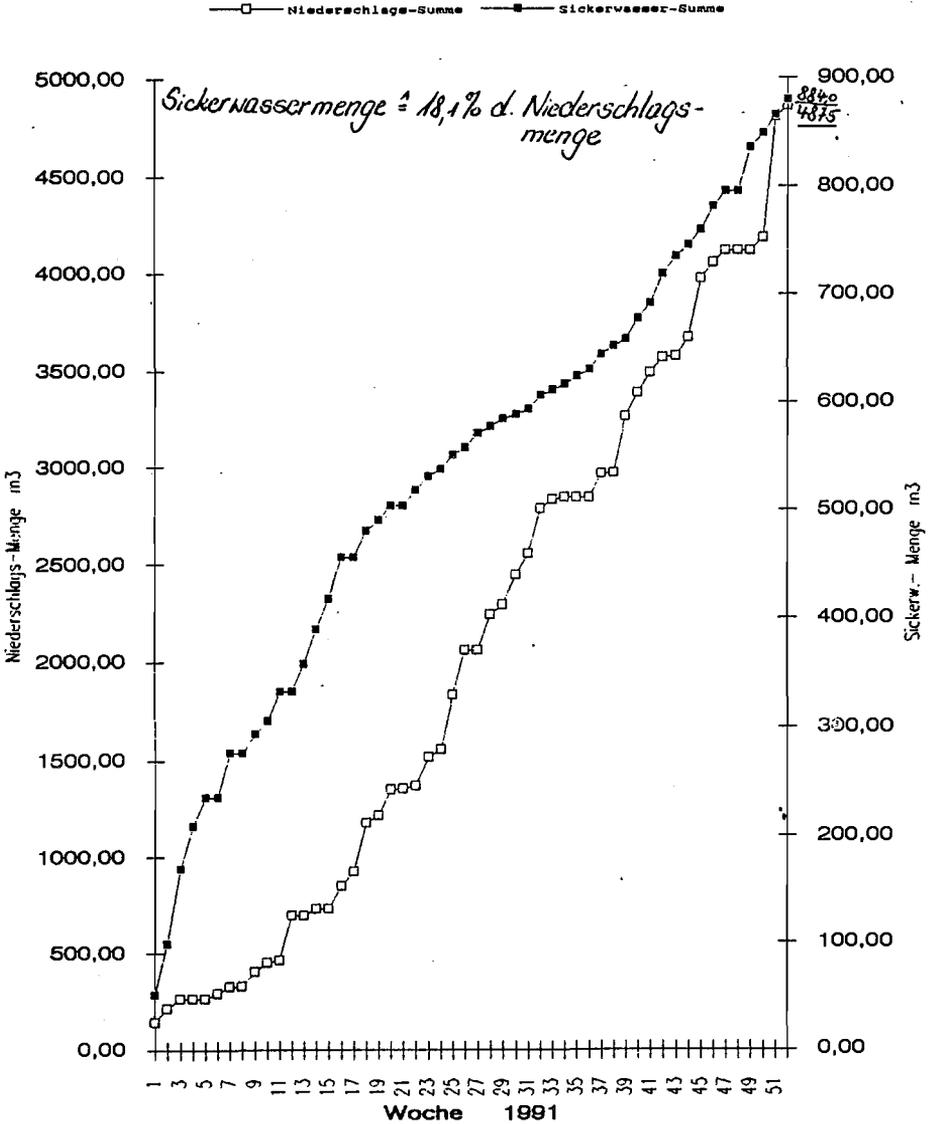


Abbildung 96

Deponie Hersel Fläche 5 (Teilfl. P6)

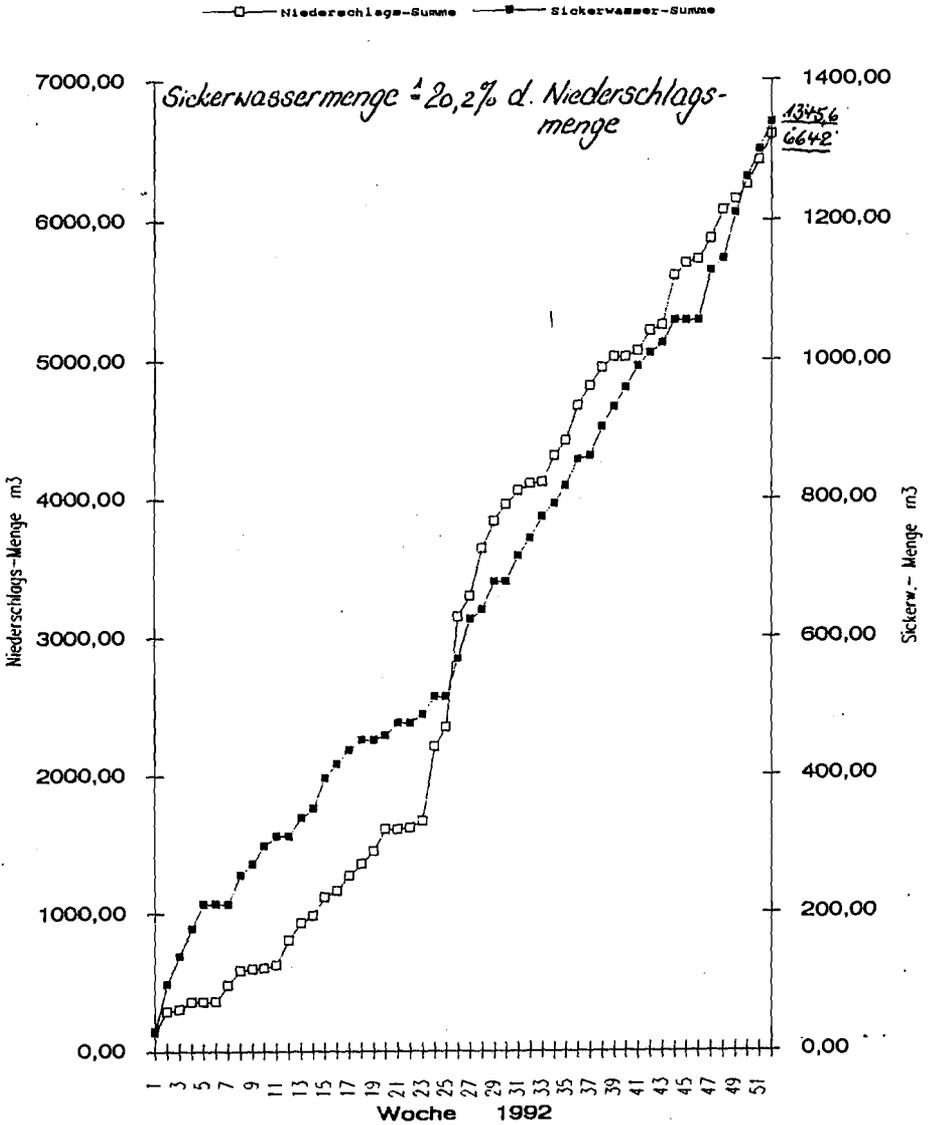


Abbildung 9c

Deponie Hersel Fläche 5 (Teilfl. P6)

□ Niederschlags-Summe ■ Sickerwasser-Summe

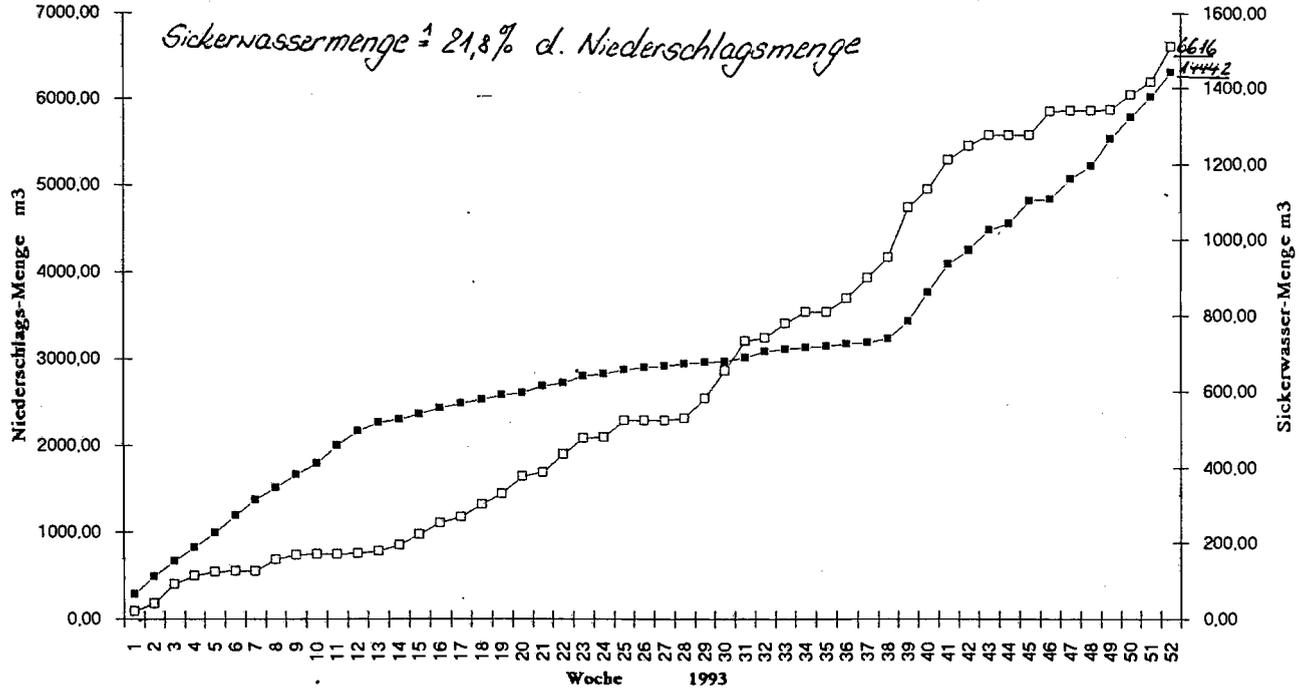


Abbildung 10

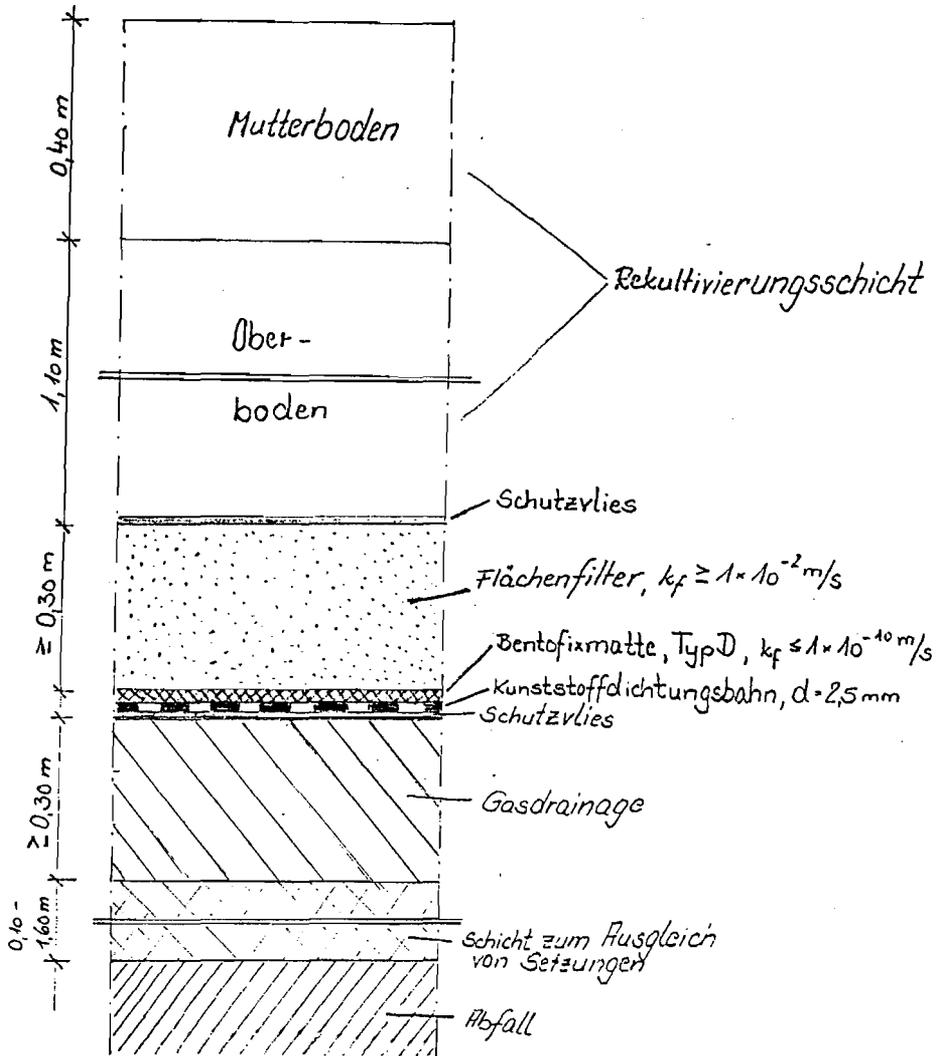
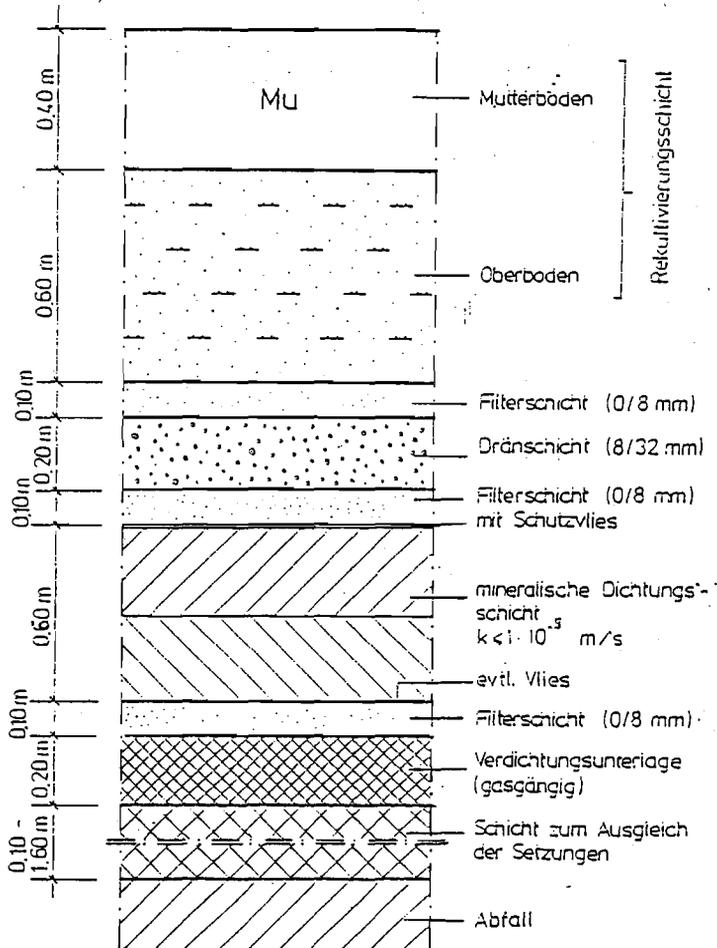


Abbildung 10a



Information über die neue Technische Umweltverwaltung in Nordrhein-Westfalen

Die Technische Umweltverwaltung in Nordrhein-Westfalen wurde neu organisiert und das

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

gegründet. Im Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW), das seit dem 1. April 1994 arbeitet, sind die Vorläuferinstitutionen *Landesamt für Wasser und Abfall*, *Landesanstalt für Immissionschutz*, *Bodenschutzzentrum*, *Bodenschutzabteilung der Landesanstalt für Ökologie* und das *Fachinformationszentrum für gefährliche und umweltrelevante Stoffe* zusammengeführt worden.

Ein ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Schriften des *Landesumweltamtes NRW* und seiner *Vorläufer-Institutionen* ist erhältlich unter der gemeinsamen Postanschrift

Landesumweltamt NRW, Postfach 10 23 63, 45023 Essen
(Hausanschrift: Wallneyer Straße 6, 45133 Essen)

oder direkt beim Schriftenvertrieb des Landesumweltamtes NRW, Dienststelle Düsseldorf

Telefon (02 11) 15 90 - 114 • Telefax (02 11) 15 90 176

Seit 1. April 1994 sind bisher folgende „Materialien“ des neugegründeten Landesumweltamtes NRW erschienen:

- 1 Der Dynamische Daphnientest
– Erfahrungen und praktische Hinweise –
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 44 S. 15,00 DM

- 2 Umsetzung der TA-Siedlungsabfall bei Deponien
2. Abfallwirtschaftliches Fachgespräch
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 99 S. 15,00 DM

- 3 Verwertung von Elektro- und Elektronikgeräten
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 153 S. 20,00 DM

- 4 Einsatz alternativer Baustoffe in Abdichtungssystemen
Essen: Landesumweltamt NRW 1994, 91 S. 15,00 DM