

Zwischenergebnisse der Versuchsfelder der MEAB zu alternativen Oberflächenabdichtungssystemen auf der Deponie Deetz / Brandenburg

Dipl.-Ing. Renate Rettig, MEAB – Märkische Entsorgungsanlagen-
Betriebsgesellschaft mbH, Neu Fahrland

Dipl.-Ing. Steffen Raabe, MEAB – Märkische Entsorgungsanlagen-
Betriebsgesellschaft mbH, Neu Fahrland

Dr. habil. Stefan Melchior, melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft, Hamburg

Dr. Bernd Steinert, melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft, Hamburg

1 Einleitung

Die Märkische Entsorgungsanlagen Betriebsgesellschaft (MEAB) mbH betreibt seit 1974 zwei Siedlungsabfalldeponien, eine Bauschutt- und eine Sonderabfalldeponie sowie diverse Behandlungsanlagen. Die Gesamtoberfläche der im Betrieb befindlichen Deponien beträgt mehrere 100 ha.

Mit der seit dem 01.03.2001 geltenden Verordnung über die „umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen“ (AbfAbIV) und der zum 01.08.2002 in Kraft getretenen „Verordnung über Deponien und Langzeitlager“ (DepV) steht spätestens seit dem 01.07.2005 die geregelte Stilllegung von Deponien bzw. von Teilbereichen mit Schwerpunkt der Aufbringung eines endgültigen Oberflächenabdichtungssystems im Focus der Deponiebetreiber. Mit Wirksamwerden der Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) erfolgt zudem eine Regulierung des Einsatzes von Abfällen bei der Errichtung der Deponiebasis und dem Oberflächenabdichtungssystem.

Für die MEAB stellen die Maßnahmen zum Aufbringen der Oberflächenabdichtung aufgrund der Größe der von ihr betriebenen Deponien angesichts des damit verbundenen Materialbedarfs und der regional beschränkten Verfügbarkeit von geeigneten Materialien aus logistischer und finanzieller Sicht eine besondere Herausforderung dar.

2 Ausgangssituation

Regelsysteme für endgültige Deponieoberflächenabdichtungen sind in der Tabelle 2 des Anhangs 1 der DepV enthalten. Das Dichtsystem für die Deponieklasse I besteht dabei aus einer mineralischen Dichtung und bei der Deponieklasse II aus einer Kombinationsabdichtung aus mineralischer Dichtung und einer Kunststoffdichtungsbahn.

Umfangreiche Untersuchungsergebnisse haben Zweifel an der dauerhaften Wirksamkeit der bindigen mineralischen Dichtung als Langzeitkomponente der Regelsysteme aufgeworfen.

Darüber hinaus erfordert die Herstellung der bindigen mineralischen Komponente des Oberflächenabdichtungssystems erhebliche Mengen an geeigneten natürlichen Materialien, die regional nur begrenzt verfügbar sind. Daher wird in Deutschland verstärkt der Ersatz der

bindigen mineralischen Dichtung durch Alternativlösungen technisch und wissenschaftlich geprüft.

3 Gleichwertigkeit alternativer Oberflächenabdichtungen

Im Anhang 1 der DepV werden ausdrücklich gleichwertige Systemkomponenten oder die gleichwertige Kombinationen von Systemkomponenten für den Einsatz in Oberflächenabdichtungssystemen zugelassen, wobei Hinweise, wie diese Gleichwertigkeit nachzuweisen ist, fehlen. Über eine Zulassung im Einzelfall entscheiden daher die jeweiligen Genehmigungsbehörden der Länder.

Dies gilt ebenso für die Genehmigung der Verwertung von Abfällen im Abdichtungssystem auf der Grundlage der DepVerwV sowie technischer Eignungsnachweise.

In Hinblick auf die Genehmigungspraxis im Land Brandenburg wurde nach Abstimmung mit dem Landesumweltamt (LUA) als zuständige Genehmigungsbehörde entschieden, für ausgewählte Abdichtungssysteme Versuchsfelder zur „In-situ-Untersuchung“ an einem Referenzstandort der MEAB (Bauschuttdeponie Deetz, Bild 1) zu errichten und über einen Zeitraum von bis zu 5 Jahren mit dem Ziel zu betreiben, die Gleichwertigkeit anhand der dabei gewonnenen Untersuchungsergebnisse nachzuweisen.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse basieren auf den ausgewerteten Daten der ersten drei Untersuchungsjahre 2003 bis 2005. Eine abschließende Bewertung bzw. Einschätzung einer langfristigen Eignung ist daraus noch nicht ablesbar. Die Daten zeigen jedoch bereits erste interessante Tendenzen.



Bild 1 Luftbild der Deponie Deetz aus dem Jahr 2002 (im Vordergrund rechts: Herstellung der Versuchsfelder auf der Ostböschung der Deponie)

4 Aufbau und Herstellung der Versuchsfelder

4.1 Untersuchte Systeme und Schichtaufbau

Im Ergebnis der Recherche zu alternativen Materialien bzw. Bauprodukten für den Ersatz der mineralischen Dichtungsschicht des Regelsystems und nach Vorgesprächen mit verschiedenen Systemanbietern kamen neben zwei Aufbauvarianten für „Wasserhaushaltsschichten“ (Felder (1) und (2)), die in Zusammenarbeit mit den Berliner Stadtreinigungsbetrieben (BSR) realisiert wurden, in den Versuchsfeldern zum Einsatz:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| (3) MBA-Dichtung: | Endprodukt der mechanisch-biologischen Vorbehandlung (Intensivrotte) nach Absiebung der Grobfraction, eingebaut bei optimalem Wassergehalt, Schichtdicke 2 x 0,25 m |
| (4) Trisoplast: | Polymervergütetes Bentonit-Sand-Gemisch der Fa. TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Mindestschichtdicke nach Einbau im Versuchsfeld 7 cm |
| (5) Mineralische Dichtungsbahn: | Mineralische Dichtungsbahn (MDB) der Fa. Gebrüder Friedrich GmbH, Bändchengewebematte gefüllt mit Bentonit-Sand-Gemisch, Schichtdicke ca. 2 cm |
| (6) Bentofix B 4000: | Natriumbentonitmatte der Fa. Naue Fasertechnik GmbH & Co. KG, Schichtdicke ca. 1 cm, einlagig (vernadelt) |
| (7) Kapillarsperre: | Klassische Kapillarsperre aus geschütteten mineralischen Materialien regionaler Lagerstätten, Kapillarschicht ca. 0,3 m, Kapillarblock ca. 0,3 m |
| (8) Kapillarblockbahn: | Kapillarsperre mit Kapillarblockbahn der Fa. Gebrüder Friedrich GmbH, Bändchengewebematte gefüllt mit Kies, Schichtdicke ca. 2 cm und Kapillarschicht ca. 0,3 m wie in Feld 7 |
| (9) Temporäre mineralische Dichtung: | Natürliche bindige Materialien, Schichtdicke 2 x 25 cm (k_f im Mittel $\leq 1 \times 10^{-8}$ m/s) |

Bei den „Wasserhaushaltsschichten“ handelt es sich um unterschiedlich dimensionierte Schichten aus aufbereiteten natürlichen Böden, die möglichst viel Bodenwasser pflanzenverfügbar speichern und dem Bewuchs zur Verdunstung bereitstellen können. Voraussetzung für die Wirksamkeit dieses Systems ist der Einsatz von geeigneten und entsprechend eingebauten Böden sowie das Aufbringen einer gut gestaffelten und verdunstungsfördernden Vegetation. Die Schichtdicke der Wasserhaushaltsschicht beträgt in Feld (1) rund 2,3 m und in Feld (2) rund 1,5 m. Gemäß den bei der Herstellung der Felder entnommenen Proben beträgt die nutzbare Feldkapazität der Wasserhaushaltsschichten 277 mm bzw. 197 mm (alle Angaben einschließlich der in beiden Feldern 0,3 m dicken Oberbodenlage). Die Versuchsfelder (1) und (2) wurden im Winterhalbjahr 2002/2003 mit 17 verschiedenen heimischen Laubgehölzen sowie Eiben und Wacholder als immergrüne Nadelgehölze dicht bepflanzt.

Für die Felder (3) bis (8) wurde oberhalb der jeweiligen Dichtungsschichten ein Schichtaufbau entsprechend DepV DK I bzw. DK II gewählt. Auf der Grundlage begleitender Lysimeteruntersuchungen erfolgte der Einsatz einer Rekultivierungsschicht in einer Schichtstärke von 1,0 m, aufgebaut aus Baurestmateriale (sandiger Boden/Bauschutt) unter Zugabe von Klärschlammkompost für den Oberbodenbereich (0,3 m). Die nutzbare Feldkapazität der Rekultivierungsschicht der Felder (3) bis (8) wurde baubegleitend mit im Mittel 122 mm bestimmt. Die Ansaat einer heimischen Gras-Kräuter-Mischung bestehend aus 11 Arten erfolgte im Oktober 2002. Der Bewuchs wird einmal pro Jahr gemäht.

Der Versuchsfeldaufbau (9) entspricht einer temporären Oberflächenabdeckung mit natürlichem, bindigem Dichtungsmaterial gemäß einer Anordnung für die MEAB-Deponie Schöneiche. Die Rekultivierungsschicht ist hier nur 0,5 m dick und besteht aus anderem Material als auf den anderen Feldern (nutzbare Feldkapazität 53 mm). Der Gras-Kraut-Bewuchs ist bisher lichter als auf den Feldern (3) bis (8).

Der Schichtaufbau der Versuchsfelder ist im Bild 2 dargestellt.

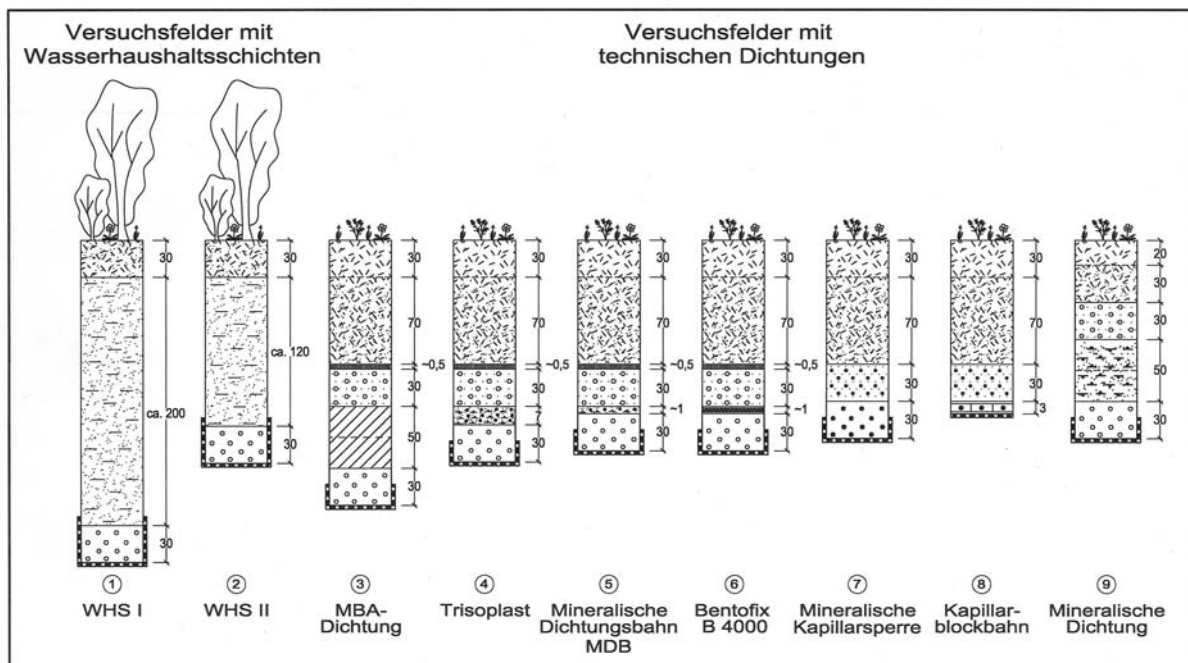


Bild 2 Aufbau der Versuchsfelder

4.2 Lage und Größe der Versuchsfelder

Die neun Versuchsfelder befinden sich an der Ostböschung der Bauschuttdeponie. Die nebeneinander liegenden Felder haben eine einheitliche, durchgehend ebene Oberfläche mit einer Böschungsneigung von ca. 1 : 6,7.

Bild 3 zeigt die Gesamtfläche der Versuchsfelder von 1,42 ha. Sie gliedert sich in einen 9.200 m² großen Bereich mit den beiden Versuchsfeldern mit Wasserhaushaltsschicht und einen 4.400 m² großen Bereich, in dem die sieben Versuchsfelder mit technischen Dichtungen liegen. Zwischen beiden Feldergruppen wurde auf einem 600 m² großen Bereich die zentrale meteorologische Messstation installiert.

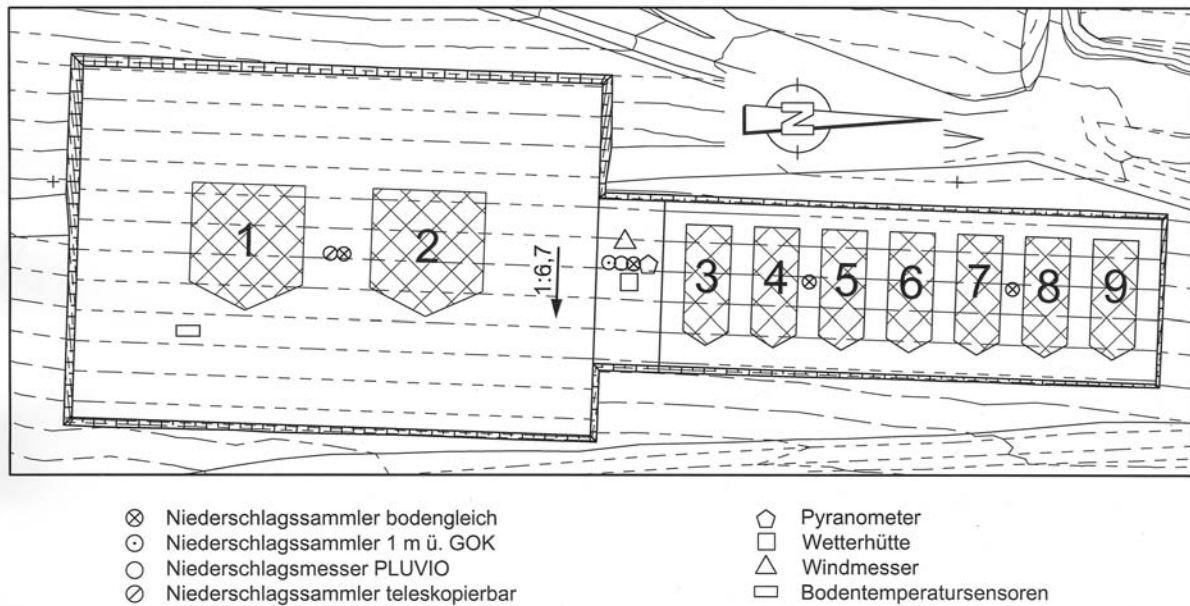


Bild 3 Lage der Versuchsfelder auf der Deponie Deetz, links: Felder (1) und (2) mit Wasserhaushaltsschicht, rechts: Versuchsfelder (3) bis (9) mit „technischen Dichtungen“

Jedes Versuchsfeld weist einen zentralen Messbereich auf, in dem das durch die Wasserhaushaltsschichten bzw. durch die technischen Dichtungen sickernde Wasser in kiesgefüllten Auffangwannen aus PEHD aufgefangen wird. Die zentralen Messbereiche stellen für die jeweiligen Systeme repräsentative Flächen dar. Sie sind konstruktiv so gestaltet, dass keine Durchdringungen der technischen Dichtungen, die potentielle Leckagen dargestellt hätten, erforderlich waren, dass die zu untersuchenden Dichtungssysteme großflächig und ungestört mit der für das jeweilige System üblichen Bau- und Verlegetechnik hergestellt werden konnten und dass keine seitlichen Zuflüsse von Fremdwasser aus den umliegenden Bereichen in die Auffangwannen erfolgen. Damit in den zentralen Messbereichen unter den Feldern (3) bis (9) auch sehr kleine Durchsickerungsmengen der technischen Dichtungen sicher und in ausreichender zeitlicher Auflösung gemessen werden können, beträgt die Größe dieser Messbereiche jeweils ca. 250 m² (Böschungslänge 25 m). Die Größe der zentralen Messbereiche der Felder (1) und (2) beträgt jeweils ca. 625 m², damit die Auswirkung des Gehölzbewuchses der Wasserhaushaltsschichten auf die Sickerwasserbildung repräsentativ erfasst wird.

Der Aufbau von Boden und Vegetation ist vom zentralen Messbereich bis zum äußeren Rand des jeweiligen Versuchsfeldes gleich, damit keine die Messungen störenden Randeffekte auftreten können.

Die Abflüsse aus den Auffangwannen unter den Systemen und aus den Entwässerungs- bzw. Kapillarschichten oberhalb der technischen Dichtungen werden über Rohrleitungen zum Messcontainer geführt, der auf einer der Bermen unterhalb der Versuchsfelder steht.

Auf die aufwändige Fassung und Messung des Oberflächenabflusses wurde verzichtet, da Oberflächenabfluss auf bewachsenen Oberflächenabdichtungssystemen mit nicht überverdichteten Rekultivierungsschichten, von sehr schneereichen Hochlagen

abgesehen, einen vernachlässigbar geringen Anteil an der Jahresbilanz des Wasserhaushalts hat.

4.3 Hydrologisches Messprogramm

Grundlage für die Beschreibung und Bewertung der Funktionstüchtigkeit der alternativen Dichtungen in Hinblick auf eine Gleichwertigkeit bildet die Erfassung der hydrologischen Daten. Hinsichtlich der Wirksamkeit der Systeme sind dabei zwei Bewertungskriterien zu unterscheiden:

- Die Systemwirksamkeit ergibt sich aus dem Vergleich der Durchsickerungen der Dichtungen und dem gemessenen Niederschlagseintrag.
- Die Leistungsfähigkeit der Dichtungen wird durch das Verhältnis von Zusicke- rung zur Dichtung und Durchsickerung der Dichtung beschrieben.

Der Erfassung der erforderlichen Messdaten zur Bewertung der Wirksamkeit und Leistungsfähigkeit liegt folgendes Konzept zugrunde:

- Der Niederschlag als Inputgröße des Wasserhaushalts wird mit insgesamt sieben Messgeräten an der zentralen Wetterstation zwischen den Versuchsfeldgruppen und an mehreren Stellen zwischen den Versuchsfeldern bestimmt. Die Messungen erfolgen in unterschiedlichen Höhen (bodenoberflächengleich, in Höhe der Vegetation auf den Feldern (1) und (2) sowie gemäß DWD-Standard in 1 m Höhe).
- Unterhalb der Versuchsfelder (1) bis (9) werden in den zentralen Auffangwan- nen die Abflüsse aus der Durchsickerung der Wasserhaushaltsschichten (Fel- der 1 und 2), der Dichtungen (Felder 3 bis 6 und 9) sowie die Kapillarblockab- flüsse (Felder 7 und 8) gefasst.
- Zusätzlich wird in den Versuchsfeldern (3) bis (6) und (9) der Abfluss aus den Entwässerungsschichten über den Dichtungen und in den Feldern (7) und (8) der Kapillarschichtabfluss gefasst.
- An der zentralen Wetterstation werden die für die Berechnung der Verdunstung wesentlichen Parameter Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindig- keit, Windrichtung und Globalstrahlung gemessen. Ergänzend wird in verschie- denen Tiefen der Wasserhaushaltsschicht in Feld (1) die Bodentemperatur ge- messen.
- An Sonderterminen wird der Bodenwassergehalt der Rekultivierungs- und Was- serhaushaltsschichten in Tiefenintervallen bestimmt.

Die 16 getrennt in den Messcontainer geleiteten Abflüsse werden mit redundanten Messsystemen automatisch erfasst. Die Daten werden mit einem zentralen Datener- fassungssystem zusammen mit den automatisch erfassten meteorologischen Daten aufbereitet und archiviert. Die automatisch erfassten Messdaten werden durch re- gelmäßige manuelle Messungen kontrolliert und auf Plausibilität geprüft. Betriebsstö- rungen in der Messdatenerfassung werden signalisiert und von der Anlage selbsttätig an die zuständigen Stellen der MEAB gemeldet.

4.4 Bau der Versuchsfelder

Die Versuchsfelder wurden von April bis November 2002 gebaut. Restarbeiten, insbesondere die Bepflanzung der Felder 1 und 2 mit ausgewählter, heimischer Strauchvegetation einschließlich Nachpflanzungen von Winterausfällen zogen sich bis Juni 2003 hin.

Die erdbau- und kunststofftechnischen Arbeiten wurden nach Ausschreibung an ein regional ansässiges mittelständiges Unternehmen vergeben. Teile der Erdarbeiten wurde von der MEAB selbst ausgeführt. Der Einbau der Dichtungselemente in den Feldern (4), (5), (6) sowie die Verlegung der Kapillarmatte im Feld (8) erfolgte durch die Hersteller der Dichtungen selbst.

Die örtliche Bauüberwachung und die Fremdprüfung der mineralischen Baustoffe sowie der Messtechnik wurde durch die melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft, die Fremdüberwachung für die Geokunststoffe durch das Ingenieurbüro Dr. Knipschild durchgeführt.

Die Versuchsfelder haben trotz unterschiedlichen Schichtaufbaus der einzelnen Felder eine einheitlich ebene Oberfläche über die gesamten Felder inklusive der Randbereiche, um Randeffekte zu minimieren (vgl. Bilder 1 und 3). Dafür war ein sehr aufwändiges Planum für die Versuchsfelder herzustellen.

Der Einbau der Schichten wurde nach Möglichkeit großflächig, teilweise über mehrere Felder mit Baugeräten hergestellt, die auch bei der Abdichtung von ganzen Deponieabschnitten zum Einsatz gelangen können. Ziel war es, weitgehend praxisnahe Einbaubedingungen in den Versuchsfeldern zu schaffen. Im Bereich der Auffangwannen der Felder, die mit geringer Bodenüberdeckung mit schweren Baugeräten nicht befahren werden konnten, wurde der Einbau mit Langarmbaggern vom Böschungsfuß bzw. -kopf ausgeführt.

Der Einbau von Materialien für die Entwässerungsschichten, die Wasserhaushaltsschichten und die MBA-Dichtung wurde zuvor jeweils in Probefeldern getestet. Insgesamt wurden für die Herstellung des Schichtaufbaus der Versuchsfelder 17 verschiedene mineralische Baustoffe in 48 Schichten verbaut.

4.5 Überwachung und Qualitätssicherung bei der Herstellung

Die Qualitätssicherung der Maßnahme erfolgte nach einem umfangreichen Qualitätsmanagementplan. Er sah Eigenprüfungen für alle mineralischen Baustoffe und alle Geokunststoffe sowie Fremdprüfungen für mineralische Baustoffe, Geokunststoffe, Messtechnik und Vermessung vor. Der Umfang der Prüfungen war an den Untersuchungszielen der Felder ausgerichtet und überstieg die Qualitätsüberwachung üblicher Baumaßnahmen von Oberflächenabdichtungen in Umfang und Detaillierung. In der Gesamtsumme wurden ca. 700 Proben von der Eigenprüfung und 1700 Proben von der Fremdprüfung untersucht und dokumentiert.

5 Bisherige Ergebnisse der Versuchsfelduntersuchungen

5.1 Messbetrieb, Datenerfassung und Auswertung

Der Betrieb der Versuchsanlage einschließlich der manuellen Messungen und der Betreuung der Datenerfassungsanlage wird von der MEAB in Eigenleistung durchgeführt und von der melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft wissenschaftlich betreut.

Die Abflüsse aus den Versuchsfeldern wurden bereits während der Bauausführung (ab August 2002) zunächst werktäglich manuell und ab Februar 2003 automatisch erfasst. Die Daten aus dem Jahr 2002 geben Auskunft über die Anfangszustände der Dichtungen. Die kontinuierliche automatische Datenerfassung der gesamten Anlage erfolgt seit Februar 2003. Zur Kontrolle der automatischen Aufzeichnung wird weiterhin zusätzlich eine manuelle Erfassung durchgeführt, um evtl. Datenausfälle kompensieren zu können.

Folgende Parameter werden erfasst:

➤ Abflussdaten:

Abflüsse der Versuchsfelder	- Kippwaagen (manuell, autom.)
Behälterabfluss	- Flügelradzähler (manuell, autom.)

➤ Meteorologische Daten:

Niederschlag	- manuelle Niederschlagssammler
	- automatischer Niederschlagsschreiber
Lufttemperatur	- Platin-Widerstandsmessfühler (autom.)
relative Luftfeuchte	- Hygro-Thermogeber-Compact (autom.)
Globalstrahlung	- Pyranometer (autom.)
Windrichtung und -stärke	- kombinierter Windgeber (autom.)

➤ Bodendaten:

Bodentemperatur	- Platin-Widerstandsmessfühler (autom.)
-----------------	---

Die erfassten Daten stehen in unterschiedlichen Verdichtungsstufen (Tages-, Dekaden, Monats- und Jahreswerte) zur Verfügung. Die Auswertung erfolgt durch die melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft im Rahmen von Quartals- und Jahresberichten.

Das erste vollständige Messjahr 2003 war geprägt von abschließenden Arbeiten zur Fertigstellung der Datenerfassungs- und Auswertungssoftware sowie einzelnen Lücken der automatischen Datenerfassung, die weitgehend durch Werte aus der manuellen Erfassung geschlossen werden konnten. Einige Messlücken der Bodentempersensoren aus verschiedenen Tiefen waren jedoch nicht rekonstruierbar.

Die Messdatenerfassungs- und -auswertungssysteme funktionieren insgesamt im laufenden Versuchsbetrieb stabil.

5.2 Klimadaten

5.2.1 Niederschlag

Auf den Versuchsfeldern in Deetz sind insgesamt sieben Niederschlagsmesser installiert, die eine Erfassung in Höhe der Bodenoberfläche und entsprechend den Standardmessbedingungen des DWD in 1 m Höhe ermöglichen.

Das langjährige Mittel (1961 – 1990) der Niederschlagssummen der nahe gelegenen Messstation des DWD in Potsdam liegt bei 590 mm pro Jahr.

Im Ergebnis der Auswertung der Daten der Niederschlagsmesser auf den Versuchsfeldern wurden für die Jahre 2003 und 2004 folgende Niederschlagssummen ermittelt:

2003: **440 mm**
 2004: **590 mm**
 2005: **668 mm**

Das Versuchsjahr 2004 entspricht somit dem langjährigen Niederschlagsmittel, während 2003 mit ca. 25 % geringeren Niederschlägen als trockenes Jahr und 2005 mit etwa 13 % höheren Niederschlägen als feuchtes Jahr zu werten ist. Bild 4 zeigt die Niederschlagsverteilung im Untersuchungszeitraum bis Ende 2005.

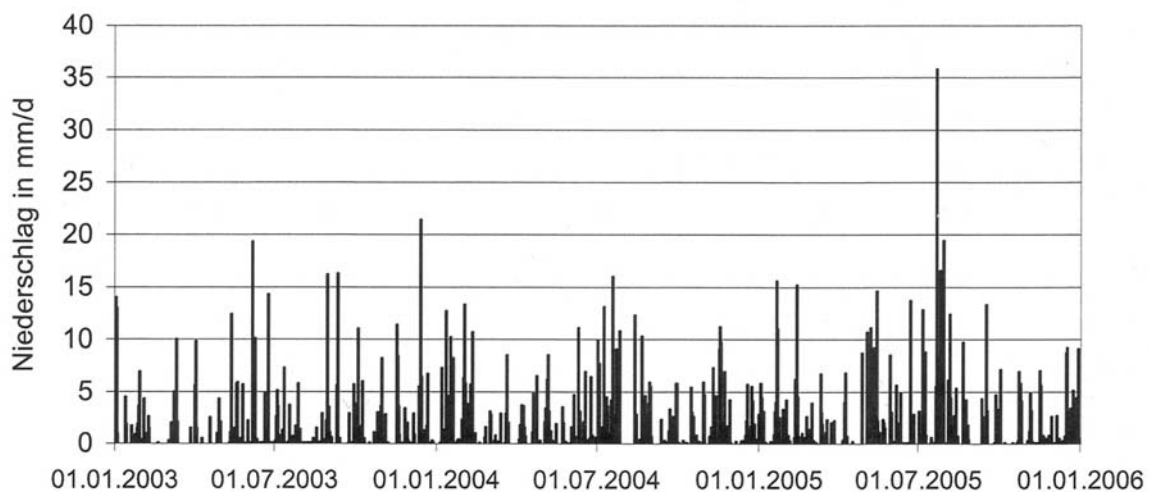


Bild 4 Tagessummen des automatischen Niederschlagsmessers (Pluvio)

Erkennbar ist, dass die höchsten Tagessummenwerte im Bereich zwischen 15 mm und 22 mm liegen. Einzige Ausnahme bildet der Wert für den 21.07.2005 mit einer Tagessumme von knapp über 35 mm.

5.2.2 Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit

Die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit werden in der zentralen Wetterstation in 2 m Höhe zwischen den Versuchsfeldern (2) und (3) automatisch erfasst. In Deetz war es im Jahresmittel im Vergleich mit der gemessenen Lufttemperatur der DWD-Station in Potsdam 2003 und 2005 jeweils ca. 0,9 °C wärmer.

Am Verlauf der erfassten Tageswerte lassen sich die wetterbedingten Schwankungen zwischen den einzelnen Tagen und die jahreszeitlich bedingten Schwankungen mit trockenerer Luft im Sommerhalbjahr und durchschnittlich höheren Luftfeuchtigkeiten im Winterhalbjahr gut erkennen.

5.2.3 Globalstrahlung, Windrichtung und –geschwindigkeit

Die Messgeräte für die Erfassung der Globalstrahlung (Pyranometer) und Winddaten (Messung in 5 m Höhe) befinden sich zwischen den Feldern (2) und (3).

Die erfassten Daten dienen als Grundlage für spätere Auswertungen des Wasserhaushaltes.

5.3 Drainage- bzw. Kapillarschichtabflüsse Felder (3) und (5) bis (9)

Der Einbau der Rekultivierungsschicht erfolgte für die Felder (3) bis (8) einheitlich mittels Einschieben durch eine Raupe. Die Rekultivierungsschicht besteht aus einer 0,7 m starken Unterbodenschicht aus Baurestmaterien und einer 0,3 m starken Oberbodenschicht, die durch Einfräsen von Klärschlammkompost in situ hergestellt wurde.

Im Feld (9) wurde eine geringmächtigere Rekultivierungsschicht bestehend aus einer 0,3 m starken Unterbodenschicht und einer 0,2 m starken Oberbodenschicht aus vegetationsfähigem Lieferboden eingebaut.

Unter der Rekultivierungsschicht folgt in den Feldern (3) bis (6) und (9), getrennt durch ein Vlies, die Entwässerungsschicht aus Kies bzw. in den Feldern (7) und (8) die Kapillarschicht aus Sand.

Im Bild 5 sind die Abflusssummenkurven der Entwässerungs- bzw. Kapillarschichten der Felder (3) und (5) bis (9) dargestellt. Auf Wunsch des Herstellers, dessen Produkt in Feld (4) untersucht wird, werden die bisherigen Ergebnisse dieses Feldes in dieser Publikation nicht dargestellt.

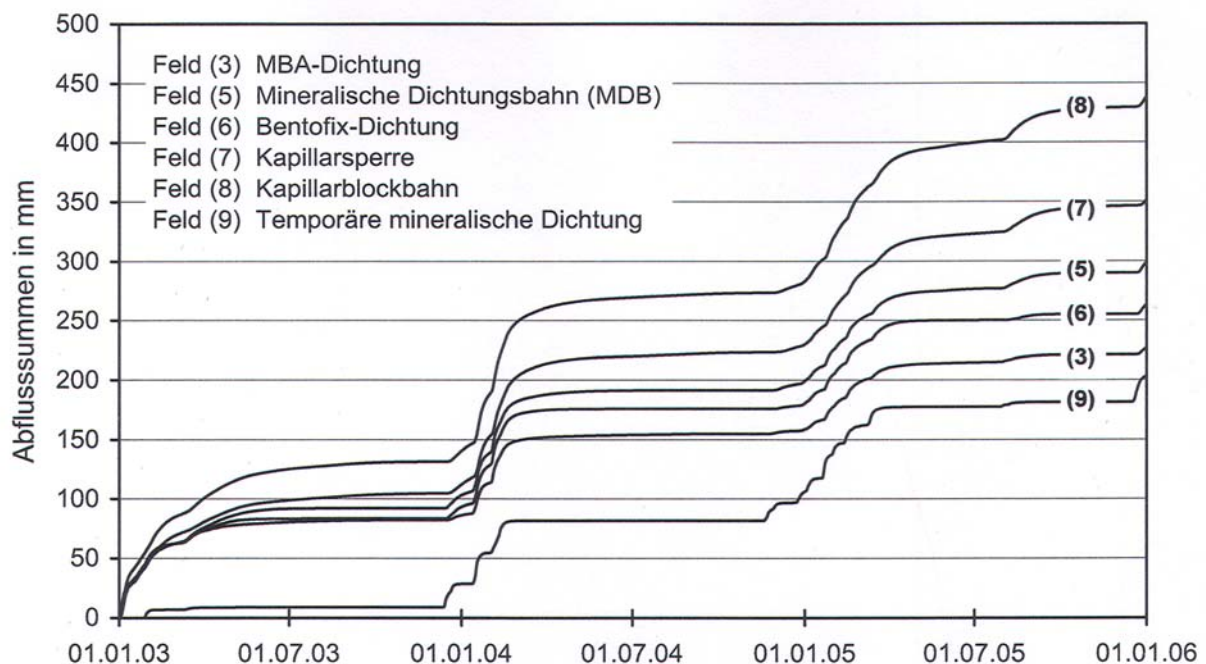


Bild 5 Abflusssummenkurven der Entwässerungsschicht bzw. der Kapillarschichten Versuchsfelder (3) und (5) bis (9)

Bezogen auf den Gesamtniederschlag des bisherigen Versuchszeitraumes vom 01.01.2003 bis 31.12.2005 wird der überwiegende Teil des Wassers durch die Evapotranspiration wieder verdunstet (68 % bis 90 %). Der Anteil der Drainage- bzw. Kapillarschichtabflüsse liegt zwischen 10 % und 32 %.

5.4 Abflüsse unter den Abdichtungssystemen

Die zeitlichen Verläufe der Abflüsse unter den Abdichtungssystemen sind im Bild 6 vergleichend für die Versuchsfelder (1) bis (3) und (5) bis (9) in Monatswerten dargestellt. Auf Wunsch des Herstellers, dessen Produkt in Feld (4) untersucht wird, werden die bisherigen Ergebnisse dieses Feldes in dieser Publikation nicht dargestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Funktionsweise der einzelnen Dichtungselemente wird nachfolgend eine differenzierte Darstellung der bisherigen Versuchsergebnisse vorgenommen.

Die dargestellten Ergebnisse basieren dabei auf den Daten des bisher 3-jährigen Versuchsbetriebes, der für eine umfassende und abschließende Bewertung noch zu kurz ist.

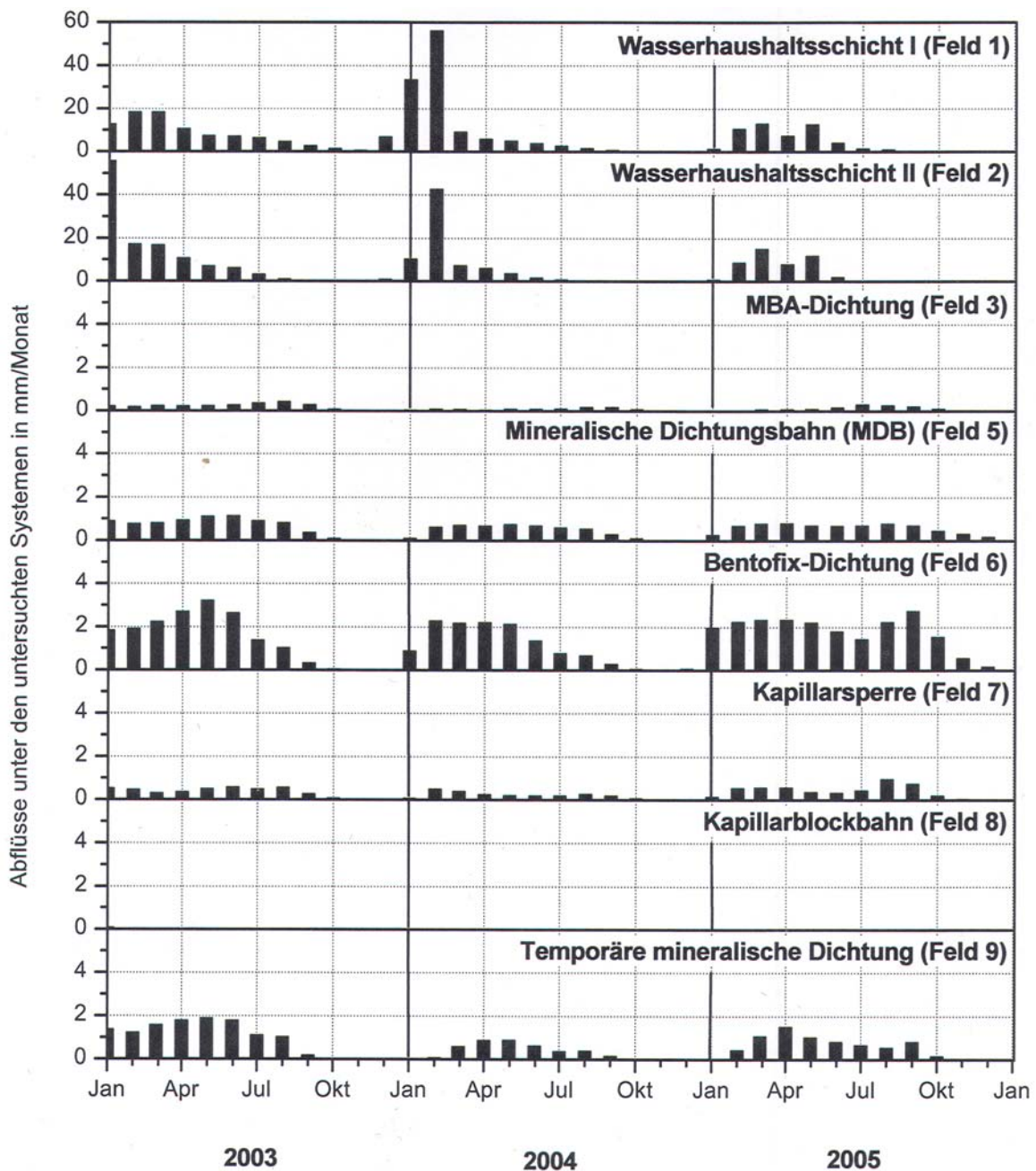


Bild 6 Vergleich der zeitlichen Verläufe der Abflüsse unter den Abdichtungssystemen der Versuchsfelder (1) bis (3) und (5) bis (9)

5.4.1 Wasserhaushaltsschichten – Versuchsfelder (1) und (2)

Die Wasserhaushaltsschichten sind nur unter Berücksichtigung beider Komponenten des Systems (speicherfähiger Boden und verdunstungsfördernde Vegetation) zu bewerten. Dabei sind die Größen Systemwirksamkeit und Leistungsfähigkeit identisch, da auf eine gesonderte Entwässerungsschicht verzichtet wird.

Um kurzfristig günstige Voraussetzungen für eine optimale Verdunstungsleistung auf den Feldern der Wasserhaushaltsschichten zu schaffen, kam Pflanzgut hoher Qualität zum Einsatz. Die Gehölzvegetation wurde auf den Feldern Ende 2002 und Anfang 2003 nach einem festgelegten Pflanzschema angelegt (Pflanzdichte ca. 8 Pflanzen/m²). Aufgrund erheblicher Probleme bei den Pflanzarbeiten, erheblicher Frostausfälle und zeitlicher Verzögerungen bei der Durchführung von Ersatzpflanzungen stabilisierte sich die Vegetation erst im Frühjahr 2004 (vgl. Bild 7). Mit zunehmender Vitalität der Pflanzen wird die verdunstungsfördernde und abflussminimierende Wirkung der Vegetation erkennbar.



Bild 7 Vegetationsbestand Feld (2) im Juni 2003 und im September 2005

Im Bild 8 sind die Abflusssummen im Vergleich der beiden Felder dargestellt. Die relativ hohen Einbauwassergehalte des Bodens und die Vegetationsentwicklung wirkten sich deutlich auf die Abflüsse unterhalb der Wasserhaushaltsschichten aus. Bis einschließlich Frühjahr 2004 waren hohe Abflussraten im Winterzeitraum für beide Felder festzustellen. Die Abflussspitzen erreichten dabei Werte von mehr als 50 mm/Monat (vgl. Bild 6).

Mit zunehmender Durchwurzelung der Bodenschichten und aufgrund zunehmender Reifung des Bodens verringerten sich die Abflussspitzen und die Gesamtabflussmengen pro Jahr. Dabei ist eine signifikante Differenzierung zwischen den unterschiedlich dimensionierten Feldern derzeit noch nicht möglich. Da sich die Vegetation und das Wurzelsystem der Pflanzen auf den Feldern (1) und (2) noch in der Entwicklung befindet, ist für die Felder mit Wasserhaushaltsschichten von einem mindestens 5-jährigen Untersuchungszeitraum auszugehen, bevor verlässliche Aussagen zur Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit gemacht werden können.

Im Bild 9 ist der mittlere Abfluss unter den Wasserhaushaltsschichten der Versuchsfelder (1) und (2) dem mittleren Abfluss unter den Rekultivierungsschichten der Felder (3) bis (8) für das Jahr 2005 gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass im Vergleich zu den Rekultivierungsschichten unter den Wasserhaushaltsschichten bereits im feuchten Jahr 2005 nur etwa die Hälfte der Wassermenge abfließt, obwohl die Gehölzvegetation auf den Feldern bei weitem noch nicht voll entwickelt ist.

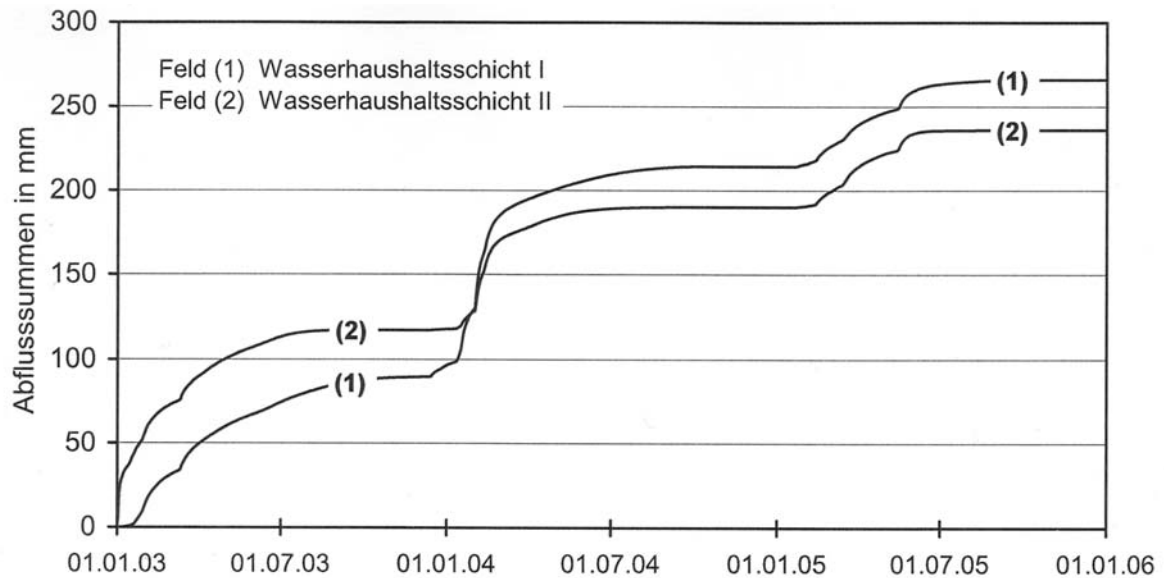


Bild 8 Abflusssummen unterhalb der Wasserhaushaltsschichten Felder (1) und (2)

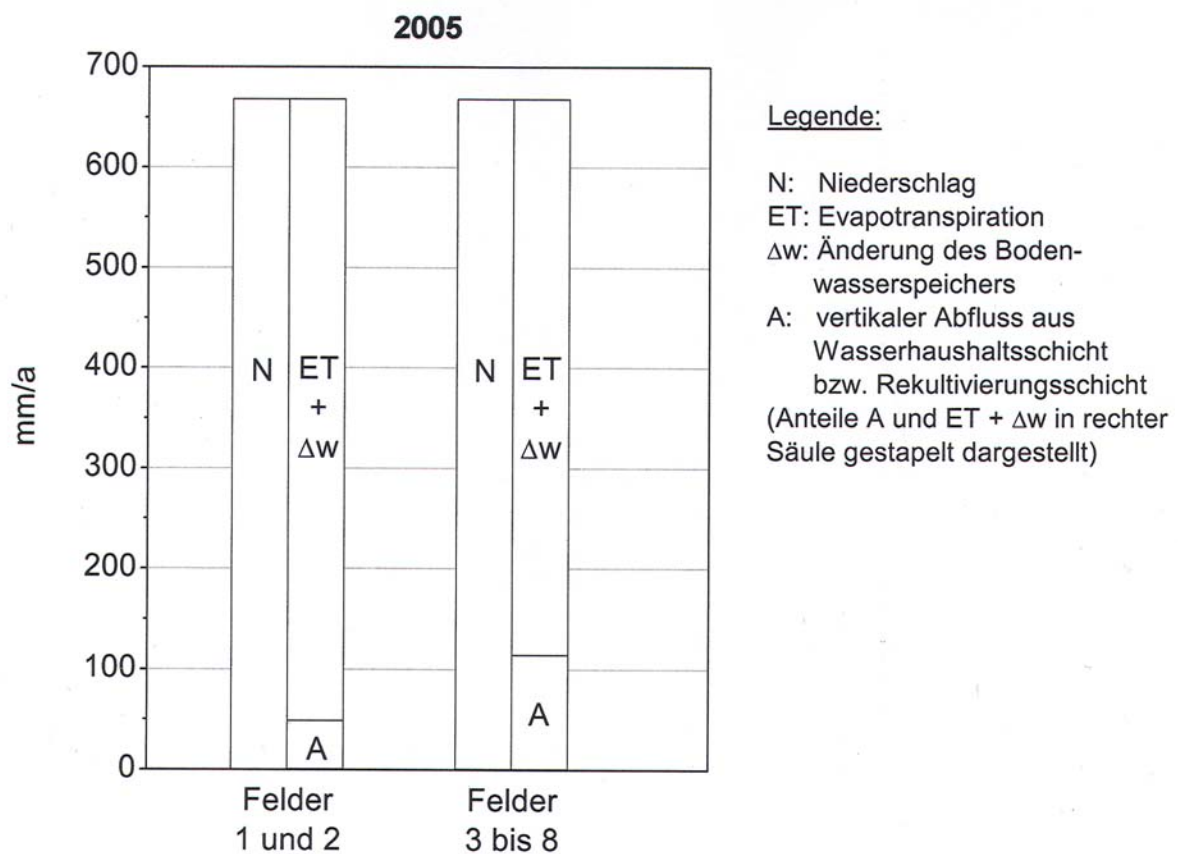


Bild 9 Vergleich des mittleren vertikalen Abflusses aus der Wasserhaushaltsschicht - Felder (1) und (2) und der Rekultivierungsschicht - Felder (3) bis (8)

5.4.2 MBA-Dichtung Versuchsfeld (3)

Für den Einsatz von Abfällen aus Mechanisch-Biologischen-Aufbereitungsanlagen zu Herstellung einer Dichtungsschicht liegen bisher nur wenige Untersuchungen und Erkenntnisse zu Einbauverhalten und Durchlässigkeit des Materials vor.

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden geeignete Aufbereitungsverfahren und Einbautechnologien (Probefelder) getestet. Zielstellung war das Erreichen einer Wasserdurchlässigkeit k_{10} von $\leq 1 \times 10^{-8}$ m/s.

Die durch die Eigen- und Fremdprüfung nach dem Einbau ermittelten Werte lagen zwischen $1,9 \times 10^{-10}$ m/s und $3,2 \times 10^{-10}$ m/s (Einbau auf dem nassen Ast der Proctorkurve mit einem Verdichtungsgrad von unter 95 %). Die tatsächliche Durchlässigkeit der MBA-Dichtung muss sich erst im Versuchsfeld zeigen, da die Proben im Labor aufgrund hydrophober Eigenschaften der organischen Substanz nicht vollständig aufgesättigt werden konnten und sich während der Durchströmung in den Proben Gas gebildet hat, das die Messergebnisse erheblich verfälschen kann.

Die Ergebnisse der Durchsickerung der MBA-Dichtung sind im Bild 6 im Vergleich zu den anderen Dichtungen sowie im Bild 10 als Summenkurve dargestellt.

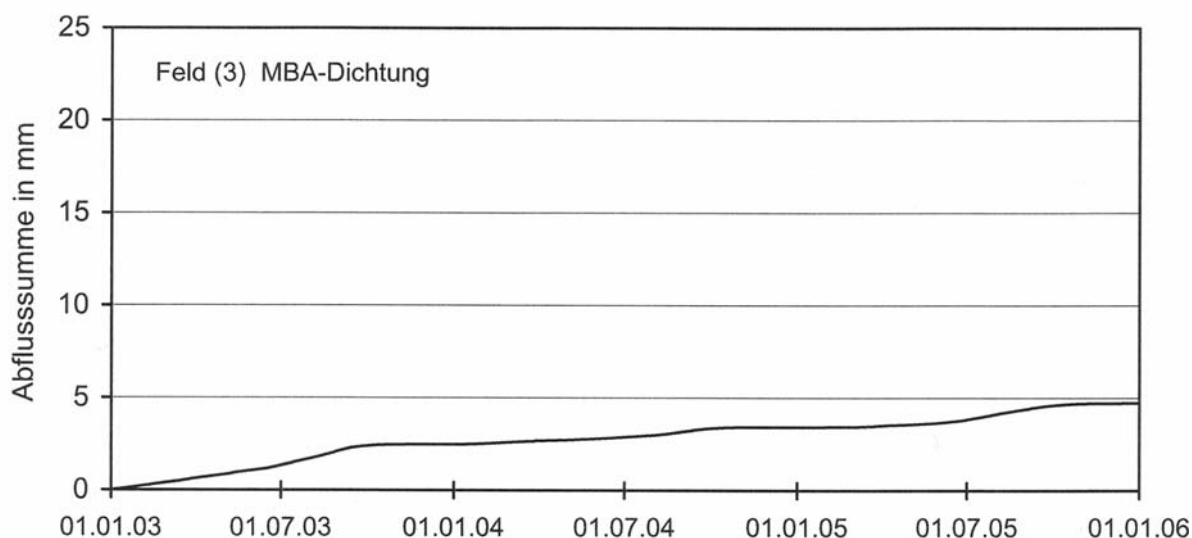


Bild 10 Abflusssummen der Durchsickerung der MBA-Dichtung - Feld (3)

Im Verlauf der Abflüsse unter der Dichtung fällt ein jeweiliges Maximum in den Sommermonaten (Juli bis August) auf. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind diese Abflussmaxima unter der Dichtung auf eine abwärts gerichtete, temperaturindizierte Wasserbewegung zurückzuführen. Diese Effekte sind z.T. auch bei den anderen Versuchsfeldern zu beobachten. Da der Anteil dieses Temperatureffektes nicht von dem Anteil der konvektiven Durchströmung der Dichtung getrennt werden kann, wird bei der Betrachtung der Leistungsfähigkeit der Dichtelemente sowie bei der Systemwirksamkeit die gesamte unter der Dichtung aufgefangene Wassermenge in Ansatz gebracht.

Für das Feld (3) beträgt die über den bisherigen Versuchsverlauf von 3 Jahren aufgefangene Gesamtdurchsickerungsrate 4,7 mm. Dies entspricht einer jährlichen Leistungsfähigkeit der Dichtungsschicht von 97,2 % bis 98,7 %. Die Systemwirksamkeit des Versuchsfeldes beträgt bisher 99,7 %.

5.4.3 Versuchsfelder (4) bis (6) und (9)

In den Versuchsfeldern (4) bis (6) wurden Dichtungselemente von Systemanbietern eingesetzt. Im Feld (9) kam eine temporäre mineralische Dichtung zum Einsatz, für die mit $k \leq 1 \times 10^{-8}$ m/s eine höhere Wasserdurchlässigkeit zugelassen wurde als die DepV sie maximal festlegt.

In Bild 11 sind die Abflusssummenkurven des bisherigen Untersuchungszeitraumes sowie im Bild 6 der Verlauf der Abflüsse im Vergleich zu den anderen Abdichtungssystemen dargestellt. Auf Wunsch des Herstellers, dessen Produkt in Feld (4) untersucht wird, werden die bisherigen Ergebnisse dieses Feldes in dieser Publikation nicht dargestellt.

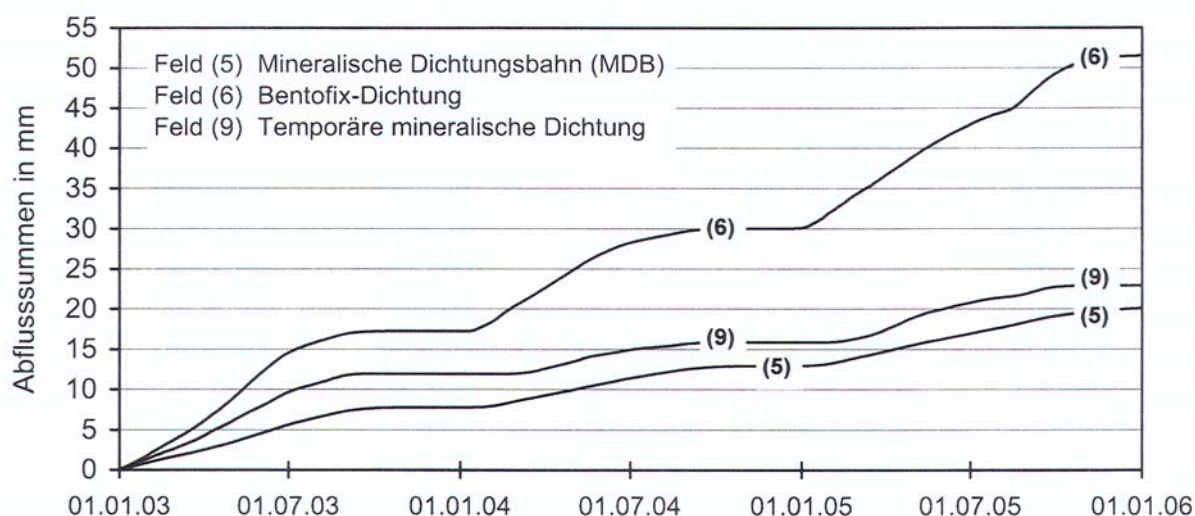


Bild 11 Abflusssummen der Dichtschichtdurchsickerung der Versuchsfelder (5) bis (6) und (9)

Die Abflüsse unter den drei Dichtungen Mineralische Dichtungsbahn, Bentofix und temporäre mineralische Dichtung zeigen jeweils einen deutlichen Jahresverlauf mit höheren Abflüssen in den Frühjahrs- und Sommermonaten als im Herbst. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass in den Monaten Juli, August und September, in denen der Boden am stärksten erwärmt ist, ein Teil der gemessenen Abflüsse unter den Dichtungen durch Temperaturunterschiede im Boden hervorgerufen wird (temperaturinduzierte Wasserbewegung). Die restlichen Abflüsse können auf einen konvektiven Wassertransport durch die Dichtungen zurückgeführt werden, der sich in seiner Höhe und Verteilung zwischen den Dichtungen offensichtlich unterscheidet. Das Verhältnis aus den unter der jeweiligen Dichtung aufgefangenen Abflüssen zu den Zuflüssen zur Dichtung ergibt folgende Leistungsfähigkeiten der Dichtungen in den Jahren 2003 bis 2005:

- Mineralische Dichtungsbahn: 92,9 % bis 94,9 %
- Bentofix-Dichtung: 79,4 % bis 87,1 %
- Temporäre mineralische Dichtung: 70,5 % bis 95,1 %

Bei der Betrachtung der Abflusssummenkurven im Bild 11 fällt vor allem der im Vergleich zu den anderen Dichtungen rund doppelt so hohe Abfluss unter der Bentofix-

Dichtung auf. Im bisherigen Untersuchungszeitraum (2003 bis 2005) haben die Dichtungen im Bezug auf den Niederschlag folgende Systemwirksamkeiten erreicht:

- Mineralische Dichtungsbahn: 98,2 % bis 99,1 %
- Bentofix-Dichtung: 96,1 % bis 97,8 %
- Temporäre mineralische Dichtung: 97,3 % bis 99,3 %

5.4.4 Kapillarsperren - Versuchsfelder (7) und (8)

Die Versuchsfelder (7) und (8) unterscheiden sich in der Art und der Schichtstärke des Kapillarblocks. Im Feld (7) wurde eine ca. 0,3 m starke Schicht aus Kies der Korngröße 2 mm bis 4 mm eingebaut. Der Kapillarblock des Feldes (8) besteht aus einer 2 cm dicken Kapillarblockbahn aus einem Doppelabstandsgewebe, das mit Kies der Körnung 0,5 mm bis 6 mm gefüllt ist. Für den Einbau im Versuchsfeld wurde auf die sonst auf dem Bändchengewebe der Kapillarblockbahn übliche, wasserdichte LDPE-Beschichtung verzichtet, da sie im Produktionsprozess zwar eingesetzt wird, jedoch keine Langzeitfunktion besitzt.

Der Verlauf der Kapillarblockabflüsse der Felder (7) und (8) ist im Bild 12 als Summenkurve sowie im Bild 6 als Verlauf der Monatswerte im Vergleich zu den anderen Dichtungssystemen dargestellt.

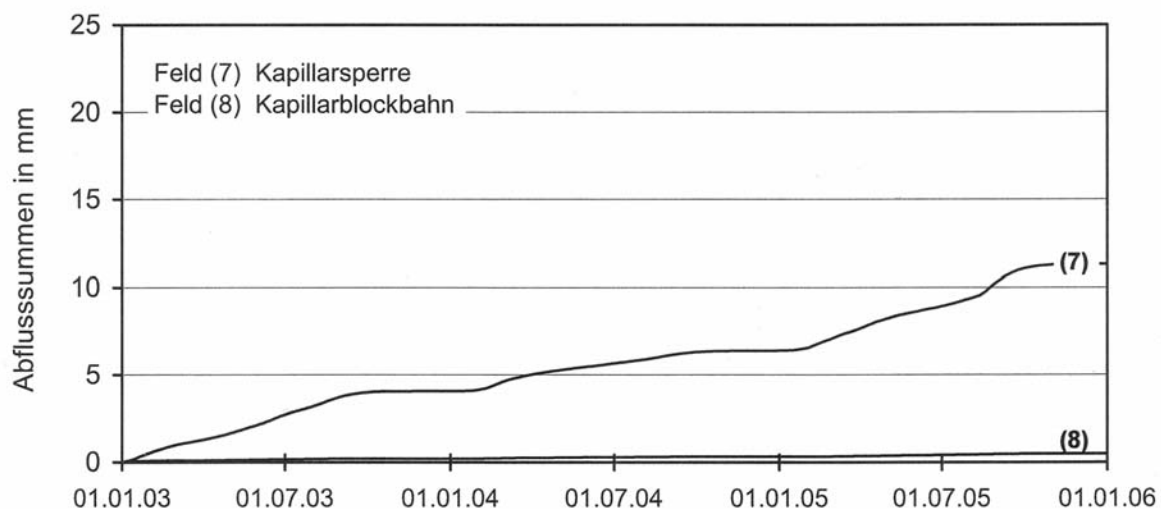


Bild 12 Abflusssummen des Kapillarblocks im Feld (7) bzw. der Kapillarblockbahn in Feld (8)

In keinem der beiden Felder wurde während des bisherigen Untersuchungszeitraumes eine Überlastung der Wasser abführenden Kapillarschicht, ein so genanntes „Durchbruchereignis“, registriert. Das Wasser konnte somit in beiden Systemen weitgehend in der Kapillarschicht oberhalb des Kapillarblocks lateral abgeleitet werden.

Erkennbar sind die im Vergleich mit Feld (7) sehr geringen Kapillarblockabflüsse im Feld (8) mit der Kapillarblockbahn. Zudem zeigt der Verlauf der Abflüsse in der Kapillarblockbahn unter der Schichtgrenze im Gegensatz zu anderen Versuchsfeldern keine Abflussmaxima im Sommer. Es wird daher davon ausgegangen, dass das Bänd-

chengewebe der Kapillarblockbahn trotz einer gewissen Wasserdurchlässigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Abflussbildung der Kapillarsperre hat.

Für das Feld (7) mit der mineralischen Kapillarsperre errechnet sich eine jährliche Leistungsfähigkeit von 96,1 % bis 98,1 %. Die Systemwirksamkeit des Versuchsfeldes über die gesamte Laufzeit von 3 Jahren beträgt 99,3 % des Niederschlags. Für das Feld (8) mit Kapillarblockbahn ergibt sich bisher eine jährliche Leistungsfähigkeit von 99,8 % bis 99,9 % und insgesamt eine Systemwirksamkeit von nahezu 100 %.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das Vorhaben Versuchsfelder zur Untersuchung alternativer Oberflächenabdichtungen bildet die Grundlage für die Suche der MEAB mbH nach alternativen Systemen zur Endabdichtung ihrer Deponien.

Es wird erwartet, dass ein Großteil der untersuchten Systeme einen dauerhaft wirksamen Schutz gewährleistet und der MEAB mbH die Möglichkeit bietet, ihre Deponien mit standortangepassten und kostengünstigen alternativen Oberflächenabdichtsystemen abzudichten.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse aus den ersten drei Jahren der Untersuchung mit Ausnahme von Feld (4) im Bild 13 dargestellt. Die Ergebnisse können zum jetzigen Zeitpunkt unter dem Vorbehalt weiterer Veränderungen in den nächsten Jahren der Untersuchung wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Aufbau der Versuchsfelder und die Messsysteme sorgen für eine kontinuierliche und zuverlässige Datenerhebung.
- Tendenziell ergeben sich nach den ersten drei Jahren deutliche Unterschiede im Systemverhalten der Dichtungssysteme sowie in der Durchsickerung der Dichtungen.
- Die Wasserhaushaltsschichten der Versuchsfelder (1) und (2), deren Funktion von der Verdunstungsleistung der sich noch entwickelnden Vegetation abhängt, zeigen 2005, dem feuchtesten der drei Messjahre, einen deutlichen Rückgang der Abflüsse. Es ist davon auszugehen, dass sich die Vegetation und insbesondere deren Wurzelsystem auf den Feldern (1) und (2) in den nächsten Jahren weiter entwickelt und die Abflüsse unter den Wasserhaushaltsschichten weiter zurückgehen.
- Die MBA-Dichtung im Versuchsfeld (3) weist eine sehr geringe Durchlässigkeit auf, die in den ersten drei Jahren relativ konstant war.
- Die Dichtungen Mineralische Dichtungsbahn und Bentofix sowie die temporäre mineralische Dichtung in den Versuchsfeldern (5), (6) und (9) weisen geringe Abflüsse unter den Dichtungen auf, die sich in ihrer Höhe jedoch unterscheiden (Bentofix weist in den bisherigen drei Jahren jeweils höhere Abflusssummen auf als die beiden anderen Dichtungen).
- In der mineralischen Kapillarsperre und der Kapillarsperre mit Kapillarblockbahn in den Versuchsfeldern (7) und (8) wurde das Wasser fast vollständig in der Kapillarschicht oberhalb der Schichtgrenze zum Kapillarblock lateral abgeführt. Es floss nur wenig Wasser in den Kapillarblock bzw. die Kapillarblockbahn. Eine Überlastung der Kapillarsperren mit kurzzeitig starken Abflüssen im Kapillarblock wurde bisher zu keinem Zeitpunkt festgestellt. Die extrem geringen Abflüsse in der Kapillarblockbahn werden auch auf einen Effekt des PEHD-Bändchengewebes zurückgeführt, der offensichtlich die Wirksamkeit der Kapillarsperre erhöht.

Insgesamt wird erwartet, dass im Ergebnis des 5-jährigen Untersuchungszeitraumes die langfristige Wirksamkeit der Systemvarianten der Versuchsfelder wesentlich genauer abgeschätzt und interpretiert werden kann. Die bisherigen Ergebnisse lassen erwarten, dass der Einsatz geeigneter und an die Standorte der MEAB-Deponien angepasster Oberflächenabdichtungssysteme möglich sein wird.

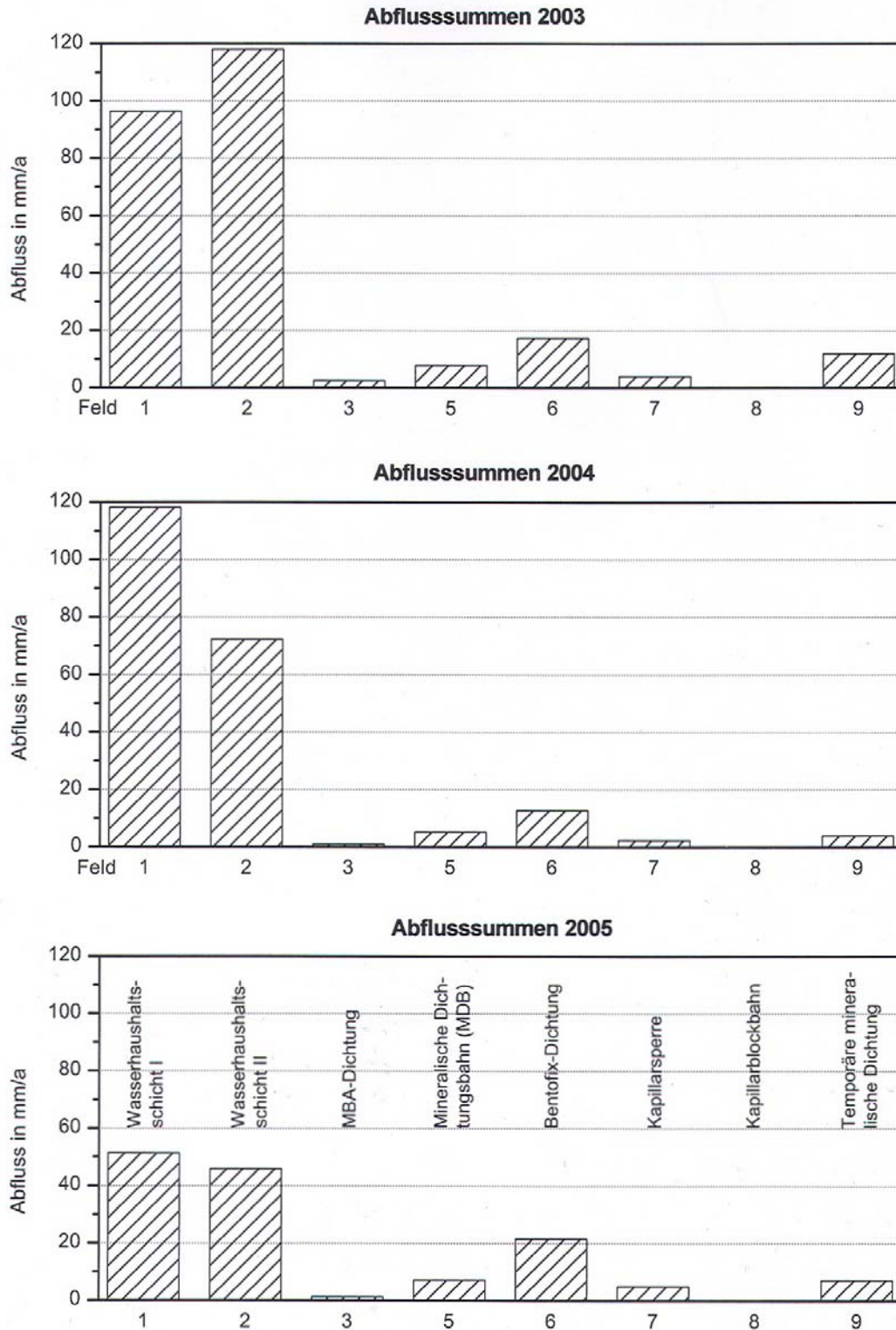


Bild 13 Zusammenstellung der Jahresabflusssummen unter den in den Versuchsfeldern (1) bis (3) und (5) bis (9) untersuchten Systemen in den ersten drei Untersuchungsjahren 2003 bis 2005

Anschriften der Verfasser:

Dipl.-Ing. Renate Rettig & Dipl.-Ing. Steffen Raabe



Märkische Entsorgungsanlagen- Betriebsgesellschaft mbH
Tschudistraße 3, 14476 Potsdam
T.: 033208 / 60-0 E-Mail: meab@meab.de www.meab.de

Dr. habil. Stefan Melchior & Dr. Bernd Steinert



melchior + wittpohl

Ingenieurgesellschaft
Karolinenstraße 6, 20144 Hamburg
T.: 040 / 430 950 - 10 E-Mail: info@mplusw.de www.mplusw.de