

Erste Ergebnisse der Effizienzkontrolle eines Kapillarsperrensystems am Beispiel der Deponie Grix in Offenbach

Dr.-Ing. Joh. Weiß, Dipl.-Ing. A. Witzsche
CDM Consult GmbH, Alsbach

1. Zusammenfassung

Die Kapillarsperre besteht aus zwei scharf abgegrenzten Materialien. Diese beiden Materialien werden zum einen in einer Schicht aus Feinsand als Kapillarschicht zum anderen einer Schicht aus Feinkies als Kapillarblock angeordnet. Bei ungesättigten Randbedingungen in der Kapillarschicht und der korrekten Planung der Parameter der beiden Schichten und der korrekten Herstellung der Grenze zwischen beiden Schichten reduziert dieses System die Durchsickerung in den Kapillarblock und somit in die darunter liegende Deponie.

Im folgenden Bericht wird für die Deponie Grix in Offenbach (Hessen), die eine Ausdehnung von 12,5 ha hat, die Planung, der Bau und die Überprüfung der Effizienz des dort eingesetzten Kapillardichtungssystems berichtet. Um die Effektivität des Dichtungssystem in der Nachsorge zu überprüfen, wurde ein Kontrollfeld in die Oberflächenabdichtung integriert. Erste im Dichtungskontrollfeld gewonnene Ergebnisse werden beschrieben.

2. Einleitung

Bedeutend für die effektive Wirkungsweise der Kapillarsperre als Oberflächenabdichtungssystem sind die ausgeprägten bodenphysikalischen Unterschiede zwischen den beiden Schichten. Bei ungesättigten Randbedingungen in der Kapillarschicht und der korrekten Planung der Parameter der beiden Schichten und der korrekten Herstellung der Grenze zwischen beiden Schichten reduziert dieses System die Durchsickerung in den Kapillarblock und somit in die darunter liegende Deponie.

Zu Beginn der 90-iger Jahre wurde die Kapillarsperre in einer Vielzahl von wissenschaftlichen Experimenten als Abdichtungssystem entwickelt. Im Labormaßstab hat man die grundlegenden Parameter und Planungsgrundsätze untersucht. Später wurden unter anderem in Hessen Versuchsfelder auf Deponien angelegt, um die Effektivität dieses Dichtungssystem unter natürlichen klimatischen Randbedingungen nachzuweisen. Bei den Untersuchungen in Hessen hat man zwei Materialkombinationen getestet, bei denen in der Kapillarschicht einerseits ein Maximum an lateralem Wasserabfluss gewährleistet und andererseits ein ausreichendes Wasserrückhaltevermögen in dieser Schicht vorhanden ist, das nur eine minimalen Durchsickerung in den Kapillarblock und damit in die Deponie zulässt.

Dieses war für die Deponie „Am Stempel“ in Marburg eine Materialkombination aus Natürlichem Sand aus dem Lahntal und einem in einer gewünschten Körnung abgeseibten Basaltsplitt und für die Deponie „Monte Scherbelino in Frankfurt ein Sand aus dem Oberrheingraben als Kapillarschicht und dem abgeseibten Schmelzkammergranulat eines nahegelegenen Steinkohlekraftwerks für den Kapillarblock. Die positiven Ergebnissen dieser Feldtests führten zu einer Akzeptanz der Kapillarsperre als alternative Oberflächenabdichtung. Auf der Basis dieser Untersuchungsergebnisse war es auch möglich die Oberflächenabdichtung der Deponie Grix in Offenbach mit einer Kapillarsperre aus der Materialvariante des Monte Scherbelino Testfeldes als alleiniges Abdichtungssystem genehmigt zu bekommen und umzusetzen.

Zur Kontrolle dieses Abdichtungssystems wurde schon während der Bauzeit ein Kontrollfeld angelegt über das die Effizienz des Dichtungssystems überprüft wird. Die Ergebnisse der ersten drei Messjahre werden hier vorgestellt.

3. Planung und Bau der Kapillarsperre auf der Deponie „Grix“

3.1 Planung der Abdichtungssystem der Deponie „Grix“

Zu Beginn der 90-iger Jahre war geplant die Altdeponie Grix mit einer herkömmlichen mineralischen Abdichtung aus Ton, den die Stadt sich im Rahmen anderer städtischer Baumaßnahmen bereits auf Halde gelegt hatte zu sichern. Die Topografie der ungeordnet geschlossenen Deponie Grix wies zu dem Zeitpunkt sehr steile Böschungen mit Neigungen von 1 : 1,7 bis 1 : 2 auf. Mit dem vorhandenen Rubelton aus Offenbach wäre eine standsichere Herstellung des Abdichtungssystem nur mit einer Generalneigung von 1 : 3 möglich gewesen. Die Herstellung der deutlich flacheren Böschungen hätte einen erheblichen Eingriff in den die Deponie umgebenden Wald erforderlich gemacht. Des weiteren war zu diesem Zeitpunkt die Langzeitbeständigkeit reiner mineralischer Oberflächenabdichtungen in der Diskussion. Die Behörde ließ daher ein Untersuchung mit Modellrechnungen mit dem HELP-Modell durchführen, die belegten, dass bei der exponierten Lage der Deponie Grix eine Austrocknung einer Tondichtung und die damit einhergehende Verminderung ihrer Dichtigkeit nicht ausgeschlossen werden konnte.

Aus den vorgenannten Gründen wurde als alternatives Abdichtungssystem eine Kapillarsperre vorgeschlagen. Einerseits besteht bei dieser Art der Abdichtung keine Gefahr, dass die Abdichtungswirkung durch Austrocknung vermindert wird und andererseits können für dieses System deutlich steilere Böschungen realisiert werden. Aufgrund der steileren Böschungen konnte an der Deponie Grix der Einschlag von 1,5 ha wertvollen Waldes verhindert werden, der für die Herstellung der Böschungsausläufe bei einer tonmineralischen Dichtung hätte gerodet werden müssen.

Der Aufbau des Abdichtungssystem der Deponie Grix ist in Bild 1 dargestellt. Dort sind auch die geforderten bodenmechanischen Randbedingungen für die einzelnen Schichten angegeben.

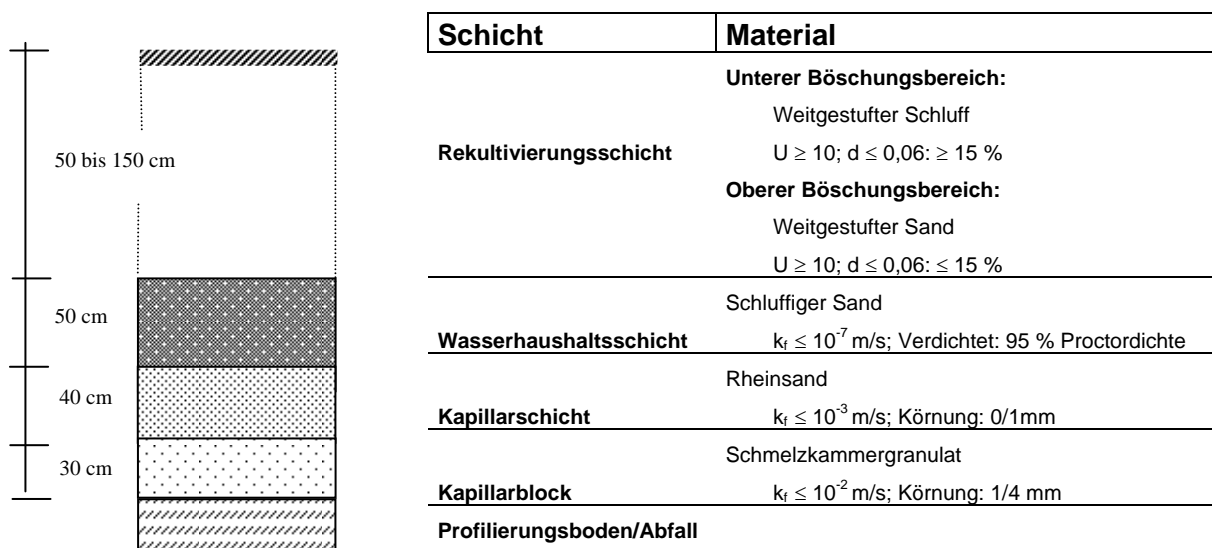


Bild 1: Aufbau der Oberflächenabdichtung der Deponie Grix

Zum Aufbringen des Abdichtungssystem war zunächst die Profilierung der Deponieoberfläche erforderlich. Mit kontaminierten Böden wurden Senken aufgefüllt und die Oberfläche der

Deponie vergleichmäßig. Die dabei erzielten Böschungsneigungen liegen zwischen 1 : 2,5 bis 1 : 2,7.

Auf den profilierten Böschungen wurde der Kapillarblock in einer Dicke von 30 cm aufgebracht. Diese Stärke wurde bautechnisch gewählt, obwohl für die Wirkungsweise der Kapillarsperre wenige Zentimeter ausreichend sind. Eine glatte Oberfläche des Kapillarblockes ist für die Wirkungsweise des System von hoher Bedeutung. Daher wurde die gesamte Oberfläche einer besonderen visuellen Kontrolle unterzogen bevor die Kapillarschicht sorgfältig ohne Störung der Kapillarblockoberfläche aufgebracht wurde.

Über dem eigentlichen Dichtungssystem der Kapillarsperre wurde eine sog. Wasserhaushaltsschicht eingebracht, die zu einer Vergleichmäßigung der absickernden Niederschläge beitragen soll.

Für das Einbringen dieser drei Schichten wurden auf der Deponie Grix Langarmbagger eingesetzt, die das beige stellte Material in der gewünschten Stärke auflegten und abzogen. Der Einsatz von Pistenraupen wäre für diesen Einbau auch möglich gewesen.

Oberhalb der Wasserhaushaltsschicht wurde eine Rekultivierungsschicht aufgebracht. Im unteren Böschungsbereich bis zur ersten Berme, in dem buschartigem Bewuchs vorgesehen ist, wurde diese Schicht in einer Dicke von 150 cm und im oberen Böschungsbereich, in dem Magerrasen eingesät wird, in einer Dicke von 50 cm eingebaut.

Zur Fassung des Dränagewassers in der Kapillarschicht ist am Ende der berechneten Halblängung eine mit mineralischer Dichtung und Kunststoffdichtungsbahn gesicherte Dränageleitung eingebaut. Die Entwässerung sowohl dieses Dränagewassers als auch des Oberflächenwassers erfolgt längst der über die Deponie verteilten Bermen. Das Dränage- und Oberflächenwasser wird in rd. 500 m Entfernung zur Deponie in einem Freigelände in das Grundwasser versickert.

3.2 Planung des Kontrollfeldes

Zur Kontrolle des Dichtungssystems in der Nachsorgephase wurde ein Kontrollfeld in die Oberflächenabdichtung der Deponie Grix integriert. Dieses Feld liegt am Nordhang der Deponie, der der Sonnenexposition nicht so stark ausgesetzt ist. Mit dieser Lage des Kontrollfeldes wurden ungünstigere Randbedingungen (geringere Evapotranspiration und damit höherer Niederschlagseintrag) als auf der restlichen Deponie gewählt, wodurch die Ergebnisse aus diesem Feld auf der sicheren Seite liegen. Ferner wurde das Kontrollfeld in den Bereich mit nur 50 cm sandiger Rekultivierungsschicht gelegt, was ebenfalls eine ungünstigere Situation als bei der 150 cm schluffigen Rekultivierungsschicht darstellt. Das Ergebnis ist eine größere Durchsickerungsmenge in die Kapillarschicht.

Das Kontrollfeld ist rd. 370 m² groß. Unterhalb des Kontrollfeldes befindet sich ein Messschacht. Auf dem Messschacht werden die relevanten Klimadaten und im Inneren des Schachtes die abgesickerten Wassermengen getrennt für die Kapillarschicht und den Kapillarblock erfasst.

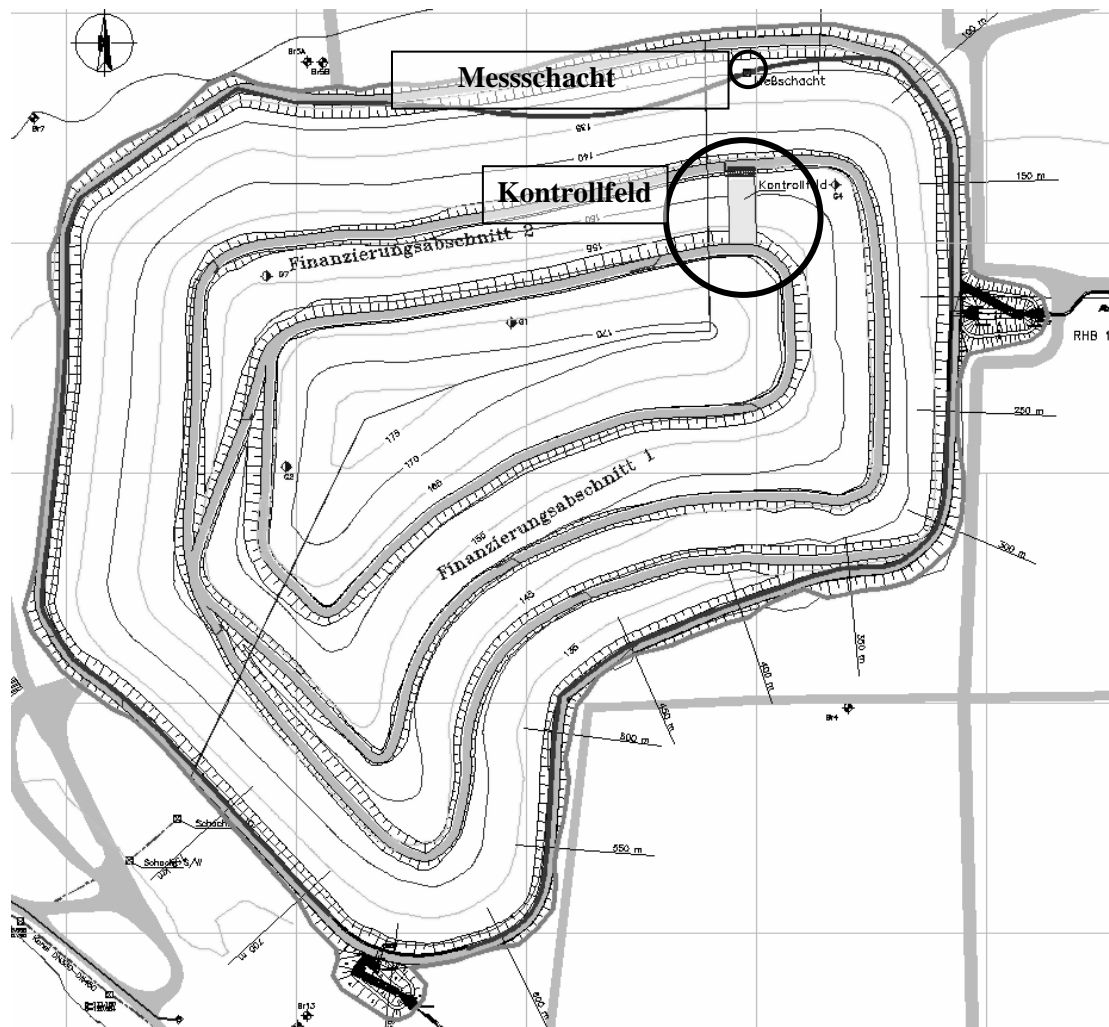


Bild 2. Lage des Kontrollfeldes und des Messschachtes

Der Schichtenaufbau des Kontrollfeldes ist identisch mit dem der restlichen Deponie. Um das absickernde Wasser aus den einzelnen Schichten des Kontrollfeldes separat zu erfassen, wurde das Feld durch einen Holzrahmen von der restlichen Deponie abgetrennt. Die so eingerahmte Fläche wurde mit einer Kunststoffdichtungsbahn ausgekleidet bevor der Kapillarblock und die Kapillarschicht sowie die restlichen Schichten eingebracht wurden. Am unteren Ende ist eine getrennte Fassung des in der Kapillarschicht und im Kapillarblock abfließende Wasser eingebaut. Die beiden Wässer werden über Rohrleitungen dem Messschacht zugeführt. Dort werden sie in getrennten Messbehältern gefasst.

Über den Anstieg des Wassers in den Behältern kann die in der jeweiligen Schicht abfließende Wassermenge über ihre zeitliche Entwicklung erfasst werden. Neben der elektronischen Messung des Wasseranstieges in den Behältern wird auch die Anzahl der Entleerungen mechanisch gezählt, so dass eine redundante Mengenerfassung möglich ist.

Auf dem Messschacht werden der gefallene Niederschlag und die weiteren zur Berechnung der potentiellen Verdunstung nach Haude erforderlichen Klimadaten elektronisch registriert.

Der gemessene Abfluss im Kapillarblock dient als Nachweisgröße welche Wassermenge in die Deponie durch die Kapillarsperre gelangt. Sie wird aus dem Kontrollfeld auf die gesamte Deponie hochgerechnet.

3.2.1 Messungen im Kontrollfeld – Ablesemessungen

Während der Bauphase der Oberflächenabdichtung auf der Deponie Grix gab es unterschiedliche Phasen der Datenerfassung an dem bereits im Sommer 2002 fertiggestellten Dichtungskontrollfeldes. Die ersten Messungen wurden im September 2002 gestartet. Zunächst wurden die mechanisch registrierten Leerungen der Behälter für das Wasser aus der Kapillarschicht und dem Kapillarblock abgelesen. Die Klimadaten wurden zu diesem Zeitpunkt von der Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes auf dem Frankfurter Flughafen (Entfernung rd. 15 km) auf die Deponie übertragen.

3.2.2 Messungen im Kontrollfeld – elektronische Registrierung aller Daten

Die digitale Aufzeichnung aller erforderlichen Messdaten im Kontrollfeld auf der Deponie Grix begann im September 2003. Die mechanische Zählung der Entleerungen der Wasserbehälter wurde ergänzt durch die elektronische Registrierung der Wasserstände in den Behältern, die Messung des Niederschlages, der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit auf dem Messschacht. Über den angeschlossenen Datalogger wird automatisch die potentielle Evaporation nach Haude berechnet.

Auf die Messung des Oberflächenabflusses, des Interflows in der Wasserhaushaltsschicht und dem Rekultivierungsboden, der aktuellen Verdunstung sowie der Wassergehaltsänderung in den Bodenschichten des Kontrollfeldes wird verzichtet. Die Kenntnisse des Anteils des Niederschlages, der in die Deponie gelangt, wird zur Bewertung der Effizienz des Abdichtungssystem als ausreichend erachtet.

4. Messungen und Auswertungen

4.1 Hydrologische Jahre 2003 bis 2005

Im hydrologischen Jahr 2003 erfolgte die Datenerfassung der Abflussdaten hauptsächlich mechanisch. Die Niederschläge wurden mit Ausnahme der letzten beiden Monate von der Klimastation des Frankfurter Flughafens übertragen. Mit einem Jahresniederschlag von 430 mm/a handelt es sich um ein sehr trockenes Jahr, da der mittlere Jahresniederschlag für die Deponie Grix bei rd. 650 mm liegt.

Im Folgejahr 2004 war die Digitaldatenerfassung implementiert und funktionsfähig. Der Jahresniederschlag mit 672,5 mm liegt im Bereich des langjährigen Mittels.

In den beiden Jahren 2003 und 2004 waren im Umfeld des Kontrollfeldes noch Bauaktivitäten, die bereichs- und zeitweise den Abfluss auf dem Kontrollfeld beeinflussten.

Im hydrologischen Jahr 2005 waren alle Bauaktivitäten in der Nähe des Kontrollfeldes beendet. Der Jahresniederschlag lag mit 526,6 mm wieder deutlich unter dem langjährigen Mittel. Durch Ausfall der Messanlage fehlen im Juni 2005 zehn Messtage, die den Gesamtjahresniederschlag allerdings nur geringfügig beeinträchtigen.

Die Datenerfassung ist so ausgelegt, dass sie eine kontinuierliche Datenauswertung ermöglicht. Zur besseren Übersicht ist jedoch sinnvoll die Daten in Monatsintervalle zusammenzufassen und auszuwerten.

4.2 Funktion einer Kapillarsperre am Beispiel von Dezember 2003

Zur Erläuterung der Funktionsweise des Kontrollsystems sollen exemplarisch für die Auswertung der Messungen die Daten des Dezember 2003 vorgestellt werden. Diese geben eine sehr gute Übersicht über die Wirkungsweise des Kapillarsperrensystem.

Die Niederschläge der vorangegangenen Monaten Oktober und November haben hier eine Vorbelastung (Aufsättigung des Bodenwasserspeichers) bewirkt, die den aktuellen Monat beeinflusst. Die klimatischen Bedingungen während dieser Monate sind somit mitverantwortlich für die Verhaltensweise des Kapillarsperrensystems im Dezember.

Im Oktober 2003 und November 2003 betrug die Niederschläge rd. 80 mm. Dies ergab eine Kapillarschichtentwässerung, die ununterbrochen bis zum 11. Dezember andauert auch ohne dass in diesem Zeitraum weiterer Niederschlag fällt. Diese Entwässerung ist im dritten Diagramm in Bild 3 durch die Sägezahnkurve zu erkennen. Aufgetragen ist hier das Füllen und Entleeren des Kontrollbehälters für den Abfluss aus der Kapillarschicht.

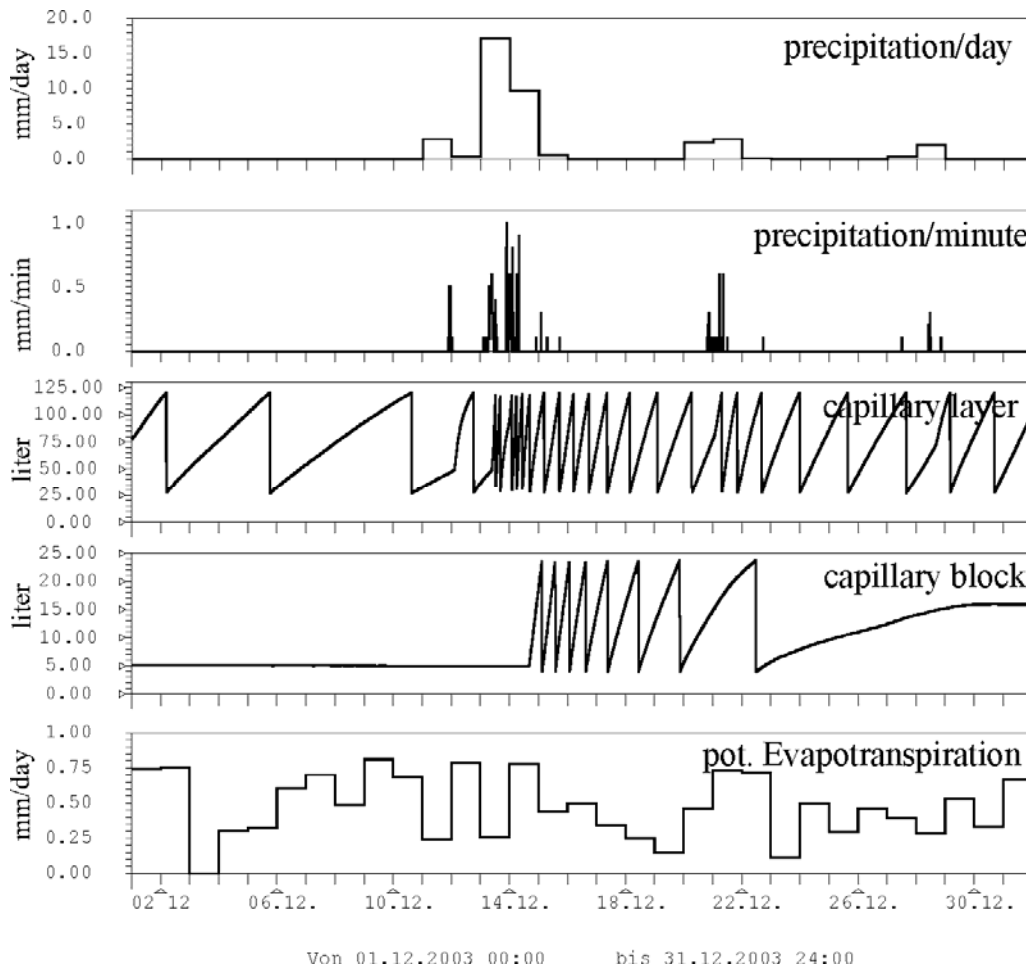


Bild 3: Datenerfassung im Kontrollfeld im Dezember 2003 auf der Deponie "Grix".

Der Niederschlag vom 11. Dezember führte zu einem Anstieg der Kapillarschichtentwässerung, erkennbar durch die Erhöhung der Frequenz der Füll- und Entleervorgänge. Am 13. und 14. Dezember fielen rd. 27 mm Niederschlag (2. Diagramm in Bild 3). Dies führte zu einem weiteren Anstieg der Kapillarschichtentwässerung und schließlich zu einem ersten Durchbruch in den Kapillarblock (Füll- und Entleerungsvorgänge im Diagramm für den Kapillarblock). Bei der Betrachtung der Füll- und Entleerungsvorgänge für die Kapillarschicht und den Kapillarblock in Bild 3 sind die unterschiedlichen Skalenmaßstäbe zu beachten. Die Entleerung des Kapillarschichtbehälters hat ein Entwässerungsvolumen von 86,6 Liter. Der Kapillarblockbehälter nur 18,9 Liter.

In der Summenkurve in Bild 4 werden die Größenverhältnisse zwischen Niederschlag, Kapillarschicht- und Kapillarblockabfluss - alle drei Größen angegeben in mm bezogen auf die Kontrollfeldfläche - deutlich. Während der Kapillarschichtabfluss in diesem Monat mit 6,1 mm bei rd. 16 % des Niederschlages liegt ist der Kapillarblockabfluss in der Grafik kaum darstellbar und erreicht mit 0,4 mm nur rd. 1 % des Niederschlages.

Die im Kapillarblock registrierte Wassermenge ist die Menge, die bei diesem Regenereignis und mit der vorhandenen Vorgeschichte in die Deponie abgesickert wäre. Einige Tage nach Ende des Starkregenereignisses geht der Abfluss im Kapillarblock wieder zurück (längeres Füllungsintervall) und ist am Ende des Monats wieder bei Null angelangt (erkennbar durch den horizontalen Verlauf der Füllkurve). Die Abdichtungsfunktion der Kapillarsperre ist wieder voll erreicht. Der Niederschlag vom 20 bis 21 Dezember verursachte lediglich einen Anstieg der Kapillarschichtentwässerung, aber keinen Durchbruch in den Kapillarblock.

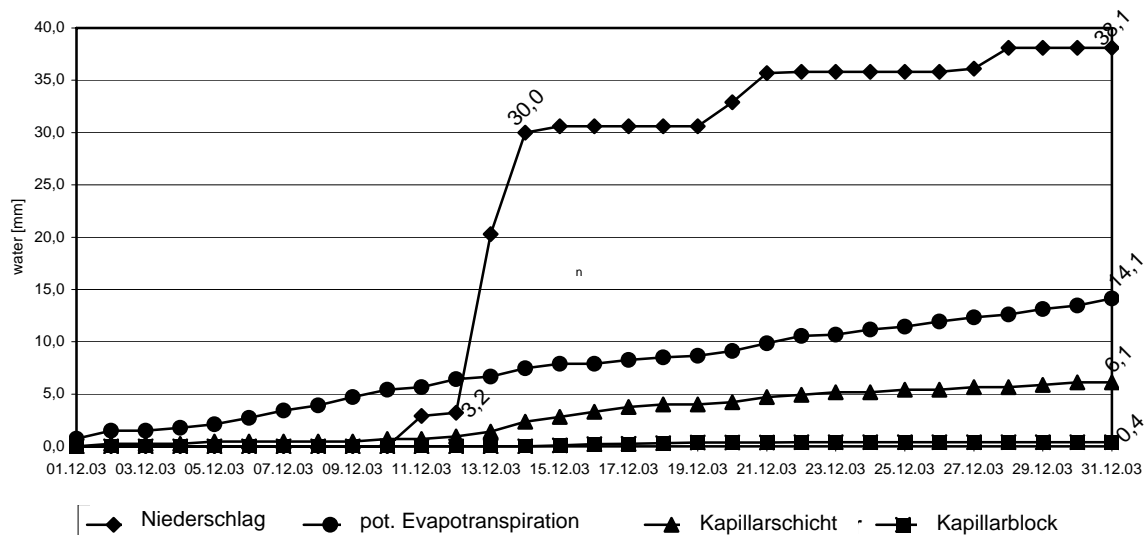


Bild. 4. Summe der erfassten Daten im Kontrollfeld im Dezember 2003 an der Deponie "Grix".

5. Ergebnisse und Diskussion

Der Prozentsatz zwischen dem Niederschlag auf dem Kontrollfeld (input) und dem gemessenen Kapillarblockabfluss zeigt die Effizienz des gesamten Barriersystems. Grundsätzlich soll das Abdichtungssystem vermeiden, dass Niederschlagswasser in die Deponie durchsickert. Die generelle Prognose für die Durchsickerung durch ein reines Kapillarsperrensystem liegt bei maximal 3 % des Niederschlages.

Hydrologisches Jahr 2003

In Tabelle 2 ist für das hydrologische Jahr 2003 zu erkennen, dass dieser Wert bezogen auf Monatswerte nur einmal im Januar 2003 mit 7,4 % überschritten wird. In diesem Monat fand ein größeres Durchbruchereignis statt. Im gesamten Jahr gab es in 5 Monaten kleinere Durchbruchereignisse. Insgesamt lag der in die Deponie durch die Kapillarsperre abgesickerte Anteil des Jahresniederschlages bei rd. 1,79 % und somit deutlich unter 3%.

| | Niederschlag (mm) | Potentielle Evapotranspiration (n. Haude) (mm) | Kapillarschichtabfluss (mm) | Kapillarblockabfluss (mm) | - Durchsickerung - Kapillarblockabfluss/Niederschlag (%) |
|---------------|----------------------|--|--------------------------------|------------------------------|--|
| November '02 | 95* | | 32,7 | 1,1 | 1,13% |
| Dezember '02 | 11* | | 9,2 | 0,1 | 0,47% |
| Januar '03 | 85* | | 41,4 | 6,3 | 7,46% |
| Februar '03 | 10* | | 6,8 | 0,0 | 0,00% |
| März '03 | 10* | | 7,1 | 0,0 | 0,00% |
| April '03 | 16* | | 3,8 | 0,0 | 0,00% |
| Mai '03 | 64* | | 4,7 | 0,0 | 0,00% |
| Juni '03 | 26* | | 2,8 | 0,1 | 0,20% |
| Juli '03 | 28* | | 3,5 | 0,0 | 0,00% |
| August '03 | 13* | | 1,4 | 0,1 | 0,39% |
| September '03 | 34,4 | 97,92 | 3,1 | 0,0 | 0,00% |
| Oktober '03 | 37,7 | 34,37 | 3,8 | 0,0 | 0,00% |
| Summe | 430,1 | - | 120,3 | 7,7 | 1,79% |

*Messungen vom Frankfurter Flughafen übertragen

Tab.1: Monatswerte des Niederschlags, des Kapillarschicht- und -blockabfluss für das hydrologische Jahr 2003

Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass das Jahr 2003 mit nur 430 mm ein sehr trockenes Jahr (Mittlerer Niederschlag in Offenbach bei rd. 650 mm/a). Andererseits konnte es durch noch laufende Baumaßnahmen im Umfeld des Kontrollfeldes nicht vollständig verhindert werden, dass aus Nachbarbereichen Wasser auf das Kontrollfeld und damit dort zur Versickerung gelangten. Ferner war im ersten Jahr unmittelbar nach Fertigstellung des Kontrollfeldes der Bewuchs auf dem Feld noch sehr spärlich und die Evapotranspiration somit deutlich geringer als auf der später vollbewachsenen Fläche.

Hydrologisches Jahr 2004

Das hydrologische Jahr 2004 kann mit einem Jahresniederschlag von 670 mm für den Standort als Normaljahr bezeichnet werden. In diesem Jahr wurden wie durchaus zu erwarten in den Wintermonaten Durchbruchereignisse mit bis zu einem Prozent des Monatsniederschlags festgestellt. Aber auch in den Frühjahrs- und Sommermonaten insbesondere Mai bis Juli wurden teilweise hohe Durchbruchereignisse bis nahezu 7 % des Monatsniederschlag registriert. Dies ist auf die Bauaktivitäten in unmittelbarer Nachbarschaft zum Kontrollfeld zurückzuführen. Hierdurch gelangten unkontrolliert insbesondere bei Starknieder-

| | Niederschlag (mm) | Potentielle Evapotranspiration (n. Haude) (mm) | Kapillarschichtabfluss (mm) | Kapillarblockabfluss (mm) | - Durchsickerung - Kapillarblockabfluss/Niederschlag (%) |
|---------------|----------------------|--|--------------------------------|------------------------------|--|
| November '03 | 40,7 | 18,94 | 4,0 | 0,0 | 0,00% |
| Dezember '03 | 38,1 | 14,65 | 6,1 | 0,4 | 1,08% |
| Januar '04 | 70,6 | 11,17 | 21,7 | 0,4 | 0,51% |
| Februar '04 | 19,0 | 19,39 | 12,7 | 0,0 | 0,00% |
| März '04 | 27,2 | 34,43 | 7,5 | 0,1 | 0,38% |
| April '04 | 23,0 | 83,67 | 5,4 | 0,1 | 0,22%* |
| Mai '04 | 84,0 | 88,43 | 20,5 | 5,6 | 6,71%* |
| Juni '04 | 32,0 | 111,87 | 3,5 | 0,5 | 1,44%* |
| Juli '04 | 114,4 | 109,66 | 2,6 | 1,6 | 1,39%* |
| August '04 | 95,0 | 118,33 | 1,6 | 0,4 | 0,43%* |
| September '04 | 76,9 | 74,77 | 3,3 | 0,9 | 1,20%* |
| Oktober '04 | 51,6 | 36,96 | 5,4 | 0,1 | 0,20% |
| Summe | 672,5 | - | 94,3 | 10,1 | 1,50% |

*Einflüsse durch Bautätigkeit

Tab.2: Monatswerte des Niederschlags, des Kapillarschicht- und -blockabfluss für das hydrologische Jahr 2004

schlagen größere Abflussmengen unterhalb der Wasserhaushaltsschicht in die Kapillarschicht und den Kapillarblock des Kontrollfeldes. Das außergewöhnliche Ereignis im Mai verfälscht die Ergebnisse für dieses hydrologische Jahr.

Selbst bei Einrechnung dieser Wassermengen sickerten auf dem Kontrollfeld über das gesamte Jahr nur 1,5 % des Niederschlages in den Kapillarblock und damit in die Deponie ab.

Hydrologisches Jahr 2005

Im hydrologisch Jahr 2005 waren alle Bauaktivitäten im Umfeld des Kontrollfeldes abgeschlossen und der Bewuchs war intensiver als im Vorjahr, hatte aber noch nicht die gewünschte Dichte erreicht. Die Summe des Niederschlages lag in diesem Jahr mit 526,6 mm/a wieder deutlich unter dem langjährigen Mittelwert von 650 mm.

In diesem Jahr kam es erst am Ende der Winterperiode im April zum ersten Durchbruchereignis. Aber auch über die gesamten Sommermonate wurden geringe Abflüsse im Kapillarblock registriert.

| | Niederschlag (mm) | Potentielle Eva- potranspiration (n. Haude) (mm) | Kapillar- schichtab- fluss (mm) | Kapillar- blockab- fluss (mm) | - Durchsickerung - Kapillarblockab- fluss/Niederschlag (%) |
|---------------|----------------------|---|--|--|---|
| November '04 | 37,6 | 12,2 | 10,1 | 0,20 | 0,53% |
| Dezember '04 | 22,3 | 6,4 | 8,5 | 0,00 | 0,00% |
| Januar '05 | 34,1 | 15,0 | 12,4 | 0,00 | 0,00% |
| Februar '05 | 62,9 | 28,6 | 22,0 | 0,00 | 0,00% |
| März '05 | 25,5 | 38,6 | 7,1 | 0,00 | 0,00% |
| April '05 | 85,7 | 80,3 | 10,8 | 2,94 | 3,43% |
| Mai '05 | 71,0 | 99,7 | 16,0 | 0,35 | 0,49% |
| Juni '05 | 32,1* | 68,3* | 6,0* | 0,05* | 0,16%* |
| Juli '05 | 45,7 | 125,2 | 3,4 | 0,30 | 0,66% |
| August '05 | 53,5 | 89,3 | 2,5 | 0,10 | 0,19% |
| September '05 | 47,3 | 82,2 | 2,1 | 0,05 | 0,11% |
| Oktober '05 | 9,0 | 41,3 | 4,4 | 0,10 | 1,11% |
| Summe | 526,6 | - | 105,2 | 4,09 | 0,78% |

* Ausfall der Messanlage über 10 Tage

Tab.3: Monatswerte des Niederschlags, des Kapillarschicht- und -blockabfluss für das hydrologische Jahr 2005

Bezogen auf den Jahresniederschlag sind in dem Jahr 2005 rd. 0,78 % dieses Niederschla- ges auf dem Kontrollfeld in den Kapillarblock abgesickert. Dieser Wert liegt deutlich unter dem gewünschten Zielwert von maximal 3 %.

1. Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse der ersten drei Jahre der Kontrollmessungen auf der Deponie Grix, die mit einer Kapillarsperre als alleiniges Oberflächenabdichtungssystem gesichert wurde, zeigen, dass durch das System deutlich mehr als 97 % des Jahresniederschlags zurückgehalten werden können und somit nicht in die Deponie gelangen. In Tab. 4 sind die Jahresnieder- schlagsmengen den über das Kontrollfeld ermittelten abgesickerten prozentualen Anteile

| Hydrologisches Jahr | Niederschlag mm | Absickerungsmenge in Pro- zent des Niederschla- ges (%) |
|------------------------|--------------------|--|
| 2003 | 430,1 | 1,79 |
| 2004 | 672,5 | 1,5 |
| 2005 | 526,6 | 0,78 |

Tab.4 : Niederschlag und in die Deponie abgesickerte prozentualer Anteil gegenübergestellt. Trotz der sehr unterschiedlichen Niederschlagsmengen in den bisher vorliegenden drei Beobachtungsjahren ist eine abnehmende Tendenz des die Kapillarsperre durchsickernden Niederschlags festzustellen. Dies ist einerseits bedingt durch die im dritten Jahr abgeschlossenen Bauleistungen im Umfeld des Kontrollfeldes und andererseits durch die zunehmende Bewuchsdeckung auf dem Kontrollfeld.

Generell kann festgestellt werden, dass die Kapillarsperre unter Beachtung der maßgeblichen Randbedingungen:

- Richtige Materialwahl für Kapillarschicht und Kapillarblock mit ausreichender Trennstufe
- Qualifizierte Wasserhaushaltsschicht mit ausreichender Leistung zur Vergleichmäßigung des absickernden Niederschlages
- Geeignete Wahl der Böschungsneigungen und Haltungslängen in Abhängigkeit von der gewählten Materialkombination für Kapillarschicht und –block
- Qualitative Herstellung der Schichtabfolgen und insbesondere des Trennhorizontes zwischen Kapillarschicht und –block

ein effektives alternatives Oberflächenabdichtungssystem darstellt. Sie erfüllt auch als alleiniges Abdichtungssystem die hohen Anforderung an die Fernhaltung des Niederschlages vom Deponiekörper.