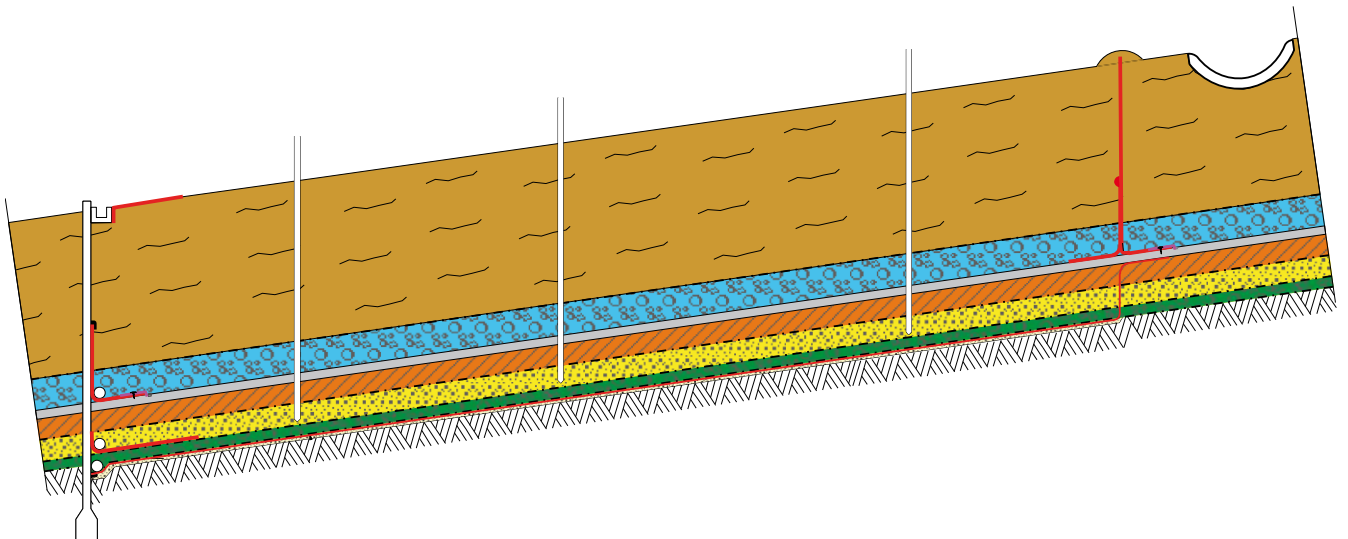


Stadt Pforzheim
Hausmülldeponie Hohberg
- Oberflächenabdichtung -
LYSIMETER - TESTFELD

Jahresabschlussbericht 2012

ZUR
messtechnischen Bauwerksüberwachung mittels Lysimeter

erstellt für die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
76231 Karlsruhe



| | |
|------------------------------|------------|
| Inhaltsverzeichnis | I |
| Abbildungsverzeichnis | II |
| Tabellenverzeichnis | II |
| Anhangverzeichnis | III |

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung und Aufgabenstellung | 1 |
| 1.1. | Standort Hohberg..... | 2 |
| 2 | Beschreibung des Lysimeters | 4 |
| 2.1. | Messprinzip..... | 4 |
| 2.2. | Lysimeteraufbau | 4 |
| 3 | Lysimeterabflussverhalten für das Untersuchungsjahr 2012 | 7 |
| 3.1. | Messung meteorologischer Eingangsdaten..... | 7 |
| 3.2. | Niederschlag | 8 |
| 3.3. | Abflussregime..... | 11 |
| 3.3.1. | Oberflächenabfluss (Q_{surf}) | 11 |
| 3.3.2. | Oberer Kiesflächenfilter (OKF)..... | 12 |
| 3.3.3. | Kapillarschicht (KS) | 13 |
| 3.3.4. | Kapillarbrechende Schicht (KBS)..... | 14 |
| 3.3.5. | Evapotranspiration ET_a | 15 |
| 4 | Bewertung der Oberflächenabdichtung | 16 |
| 4.1. | Lysimeter-Wasserhaushaltsbilanz für das Untersuchungsjahr 2012 | 16 |
| 4.2. | Kf-Werte 2012 und Wirkungsgrad W_{ges} des Gesamtsystems für den Untersuchungszeitraum 2003 – 2012 | 17 |
| 4.3. | Wirkungsgrad..... | 18 |
| 5 | Neutronensondenmessung zur Bestimmung der Bodenfeuchte | 20 |
| 6 | Zusammenfassende Schlussfolgerungen | 21 |
| 7 | Literatur und bisherige Berichte | 23 |
| 8 | Anhang | 26 |

Abbildungsverzeichnis (z.T. gekürzt)

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Geographische Lage der HMD Hohberg | 3 |
| Abb. 2: Skizze des Lysimeters | 5 |
| Abb. 3: Schematischer Querschnitt des Lysimeters mit Neutronensondenmessstellen..... | 6 |
| Abb. 4: Niederschlagsmesser | 7 |
| Abb. 5: Monatsniederschläge an der DWD-Station Ispringen.. | 8 |
| Abb. 6: Verteilung der täglichen Luftfeuchte und Temperatur | 9 |
| Abb. 7: Vergleich der Niederschlagsdaten Hohberg und Ispringen. | 10 |
| Abb. 8: Differenzen der Tagesniederschläge Ispringen - Hohberg | 11 |
| Abb. 9: Vergleich der Oberflächenabflüsse der Jahre 2011/2012 und Niederschlag 2012. | 12 |
| Abb. 10: Vergleich der Abflussregime des OKF für die Jahre 2011/2012. | 13 |
| Abb. 11: Vergleich der Abflussregime des OKF für die Jahre 2011/2012. | 13 |
| Abb. 12: Monatliches Abflussregime der Komponente KBS für die Messjahre 2011 und 2012. 15 | 15 |
| Abb. 13: Lysimeterbilanz 2012 der Schichtabflüsse | 17 |
| Abb. 14: Vergleich der k_f -Werte der Asphaltabdichtungsschicht für die Jahre 2011/2012. | 18 |
| Abb. 15: Grafik über die Wirkungsgrade aus dem Messungszeitraum 2003 - 2012..... | 19 |
| Abb. 16: Darstellung der Bodenfeuchteprofile für die Messstellen Po , Pm und Pu | 20 |

Tabellenverzeichnis (z.T. gekürzt)

| | |
|--|----|
| Tab. 1: Monatliche Abflusswerte der Abdichtungskomponenten. | 16 |
| Tab. 2: Monatliche Abflüsse der KS, KBS und Gesamtabfluss (Ges) der Kapillarsperre sowie deren Jahressummen () und die daraus resultierenden monatlichen $k_{f,As}$ -Werte der Asphaltsschicht und der Jahresschnitt ($\bar{}$)..... | 17 |

Anhänge (z.T. gekürzt)

| | |
|--|----|
| Anhang 1: Darstellung der Wasserstände der einzelnen Lysimeterabflüsse über das Messjahr 2012..... | 26 |
| Anhang 2: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und der Bodenfeuchte 2003. | 27 |
| Anhang 3: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse der Bodenfeuchte 2004. | 27 |
| Anhang 4: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse der Bodenfeuchte 2005 | 27 |
| Anhang 5: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2006. | 27 |
| Anhang 6: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2007 | 28 |
| Anhang 7: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2008 | 28 |
| Anhang 8: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2009 | 28 |
| Anhang 9: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2010. | 28 |
| Anhang 10: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2011. | 28 |
| Anhang 11: Bodenwasserbilanz der monatlichen Abflüsse und Bodenfeuchte + ET_a 2012. | 29 |
| Anhang 12: Gesamtwirkungsgrad W_{ges} 2003 ó2012..... | 30 |
| Anhang 13: beigelegt als CD | 32 |

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Das Amt für Stadtentsorgung (Technische Dienste) der Stadt Pforzheim unterhält auf dem Hohberg nördlich der Stadt Pforzheim im Rahmen der Sicherung und Sanierung der Hausmülldeponie eine zur TA-Si alternative Oberflächenabdichtung.

Zur Ausführung der Deponie-Oberflächenabdichtung im Bauabschnitt I wurde ein Abdichtungssystem, bestehend aus einer Asphaltabdichtung mit unterliegender Kapillarsperre, realisiert. Auf Veranlassung des Regierungspräsidiums Karlsruhe, der zuständigen Genehmigungsbehörde für den Bau der Oberflächenabdichtung auf der Hausmülldeponie Pforzheim-Hohberg, wurde von der Stadt Pforzheim parallel zum Bau des ersten Abdichtungsabschnitts von September 2002 bis Dezember 2003 ein Großlysimeter auf der Deponie errichtet.

Die derzeitigen Untersuchungen umfassen eine Bauwerksüberwachung des Abdichtungssystems durch die kontinuierliche und lückenlose Erfassung aller Abflüsse innerhalb der einzelnen Schichten der Abdichtung. Ein Schwerpunkt liegt auf präzisen Neutronensondenmessungen, die nötig sind, um Bodenfeuchtevariationen zu bestimmen, welche wiederum für das Erstellen der Lysimeter-Wasserhaushaltsbilanz erforderlich sind. Jährlich abgeschlossene Messzyklen mit kontinuierlichen Untersuchungen und fortlaufende Auswertungen und Jahresberichte ermöglichen es, belastbare Aussagen über die Wirkungsgrade und eine Bewertung des hier eingesetzten, alternativen Oberflächenabdichtungssystems zu gewinnen.

Dem Lehrstuhl für Angewandte Geologie (AGK) der Universität Karlsruhe (Prof. Dr. Heinz Hötzl (i.R.), jetzt: Karlsruher Institut für Technologie, KIT, Institut für Angewandte Geowissenschaften, AGW \pm Abteilung Hydrogeologie unter Leitung von Herrn Prof. Dr. N. Goldscheider), kam während der Planung und des Bauablaufes eine beratende und gutachterliche Tätigkeit zu. Das AGW wurde seitens der Stadt Pforzheim mit der messtechnischen Lysimeterbetreuung und der Auswertung der am Lysimeter gewonnenen Daten zur Erstellung von Bodenwasserbilanzen und zur Berechnung von Wirkungsgraden beauftragt.

Als begleitende Maßnahme zur Bauwerksüberwachung des Lysimeters betreute das AGW bis zum Messjahr 2006 die Klimastation, die sich in unmittelbarer Nähe zum Lysimeter befindet. Der durch einen Blitzeinschlag im Juli 2006 beschädigte UGT-Datenlogger wurde vom Auftraggeber durch einen neuen Datenlogger der Firma LUFFT ersetzt. Die weitere meteorologische Datenerfassung erfolgte nach dem Umbau durch die Stadt Pforzheim. Die meteorologischen Kenndaten für den Bearbeitungszeitraum 2008 - 2012 wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Da der UGT Logger der Abflussregistrierung einen separaten Anschluss hat, wurde dieser durch den Ausfall nicht beeinträchtigt. Jedoch wurde das AGW im Jahr 2007 nicht mit der Wartung und Pflege des Lysimeterstestfeldes und der Messeinrichtung beauftragt. Somit konnte, nach einer Nachbeauftragung 2008, im Jahr 2007 und zum Teil auch 2008, nur auf qualitativ weniger hochwertige Daten zurückgegriffen werden. Im Sommer 2008 wurde die Lysimeterstation wieder in Stand gesetzt. Die Datenreihen weisen z.T. Effekte aus nicht behobenen Störungen im Messsystem auf und mussten daher unter Anwendung von umfangreichen Korrekturverfahren angepasst werden.

Nicht behobene Störungen im Messsystem bedurften einer Behandlung der Datenreihen mit umfangreichen Korrekturverfahren (Augenstein, 2009).

Beispielsweise sind durch nicht gewartete Ventile die Abflüsse nur zum Teil korrekt aufgezeichnet worden und die folgenden Abflussspitzen sind als zu niedrig registriert worden. Zur Fehlerkorrektur wurde für 2007/2008 daher ein Korrekturmodul entwickelt, um die fehlenden Abflüsse zu ermitteln (Augenstein, 2009). Mit diesem Modul wird abgeschätzt, wie groß die Frequenz des Öffnens und Schließens des Ventils ist und dann die daraus entstehende Differenz des Abflusses summiert. Je nachdem wie man diese wählt, wird mehr oder weniger Abfluss dazu addiert. Dieser wiederum kann als Fehler angesehen und durch das beschriebene Verfahren eliminiert werden. Für die Daten 2008 wurde zusätzlich das Wasserbilanzmodell HELP[®] (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance; dt.: hydrologische Bewertung des Deponieverhaltens) angewandt. Dabei wurde anhand der korrekten Abflüsse des OKF das Modell kalibriert und die fehlenden Daten durch Faktorenbestimmung ermittelt.

Nach der Sichtung und Überprüfung der Daten für 2008 wurde festgestellt, dass etwa ab Juli 2008 wieder signifikanter Abfluss im Behälter der Kapillarbrechenden Schicht registriert wurde. Dabei liegt die Vermu-

tung nahe, dass es sich dabei nicht um eine Leckage im Abdichtungssystem handelt, sondern um eine bauwerksseitige Ursache. Durch ungleiche Setzungserscheinungen neigte sich das Haus mit den angeschlossenen Abfluss-Messrohren derart nach hinten, dass die Rohre durch die resultierende Biegung das Wasser nicht mehr direkt in die Behälter abführen konnten. Erst wenn die entstandene Mulde gefüllt und der Neigungswinkel ausgeglichen ist und überläuft, steigt der Wasserstand in den entsprechenden Behältern.

Trotz der oben beschriebenen Fehlerquellen und notwendigen Korrekturen konnte im Messjahr 2008 eine plausible Auswertung durchgeführt werden. Diese wiederum ließ eine Bewertung des Dichtsystems anhand einer Lysimeter-Abflussbilanzierung zu.

Im anschließenden Messzeitraum 2009 konnte H L Cornales³ Abflussverhalten der Kapillarbrechenden Schicht beobachtet werden. Erwartungsgemäß nahm der Abfluss im ersten Halbjahr verglichen mit dem des Vorjahres zu, da die Normalisierung des Abflusses im Sommer stattfand. Die zweiten Jahreshälften weisen dahingegen keine großen Abweichungen mehr auf, was darauf schließen lässt, dass sich das Abflussverhalten in diesem Schema einpendeln wird.

Das Jahr 2012 konnte, trotz einiger Messlücken durch vorzeitig entleerte Behälter aufgrund defekter Ventile und alternativen meteorologischen Daten, eine ordentliche Auswertung der Daten durchgeführt werden. Die Ergebnisse sollen im Folgenden vorgestellt werden.

1.1. Standort Hohberg

Die Deponie der Klasse DK II befindet sich am nördlichen Rand des Stadtgebietes von Pforzheim und liegt teilweise im anschließenden Enzkreis (Abb. 1). Der Standort der Deponie weist eine Höhendifferenz von 34 m auf (331 ± 365 müNN). Die Lage des Eingangsbereichs ist in Gauß-Krüger-Koordinaten: R: ³⁴78359 H: ⁵⁴20780. Die Deponie hat eine Gesamtfläche (rekultivierter und noch aktiver Bereich) von ca. 16,12 ha, wobei 13,6 ha die genehmigte Deponiefläche einnehmen (Stand 2006). Im Süden liegen forstwirtschaftlich genutzte Flächen, sowie das Stadtgebiet von Pforzheim. Nördlich befinden sich überwiegend landwirtschaftlich genutzte Bereiche, welche teilweise der Wasserschutzzone IIIB und IIIA (in letzterer liegt auch die Deponie) zugewiesen sind.

Morphologisch betrachtet liegt die Deponie am Südrand der Katharinentalerhof Senke, die mit bis zu 30 m mächtigem Lösslehm gefüllt ist. Unmittelbar darunter befindet sich die Einheit des Oberen Muschelkalks. Hierbei handelt es sich um einen Karstgrundwasserleiter, der in der näheren Umgebung durch typische Karsterscheinungen wie Senken und Dolinen charakterisiert ist (z.B. dem Eisinger Loch). Über die Mächtigkeit der Lösslehmschicht direkt unterhalb der Deponie, kann keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Das anfallende Oberflächenwasser der Deponie, der angrenzenden Erd- und Altdeponie, sowie der Zufahrtsstraße und das Niederschlagswasser des Einzugsgebiets Katharinentalerhof Senke, werden der Fuchslochdoline zugeleitet. Dies beinhaltet das Oberflächenwasser der rekultivierten Abschnitte, Straßen, Dachflächenwasser und Sickerwasser des Oberen Kiesflächenfilters (OKF). Deponiesickerwasser wird über verschiedene Dränagesysteme einem Speicherbecken zugeführt und von dort in die Sickerwasserbehandlungsanlage vor Ort geleitet.

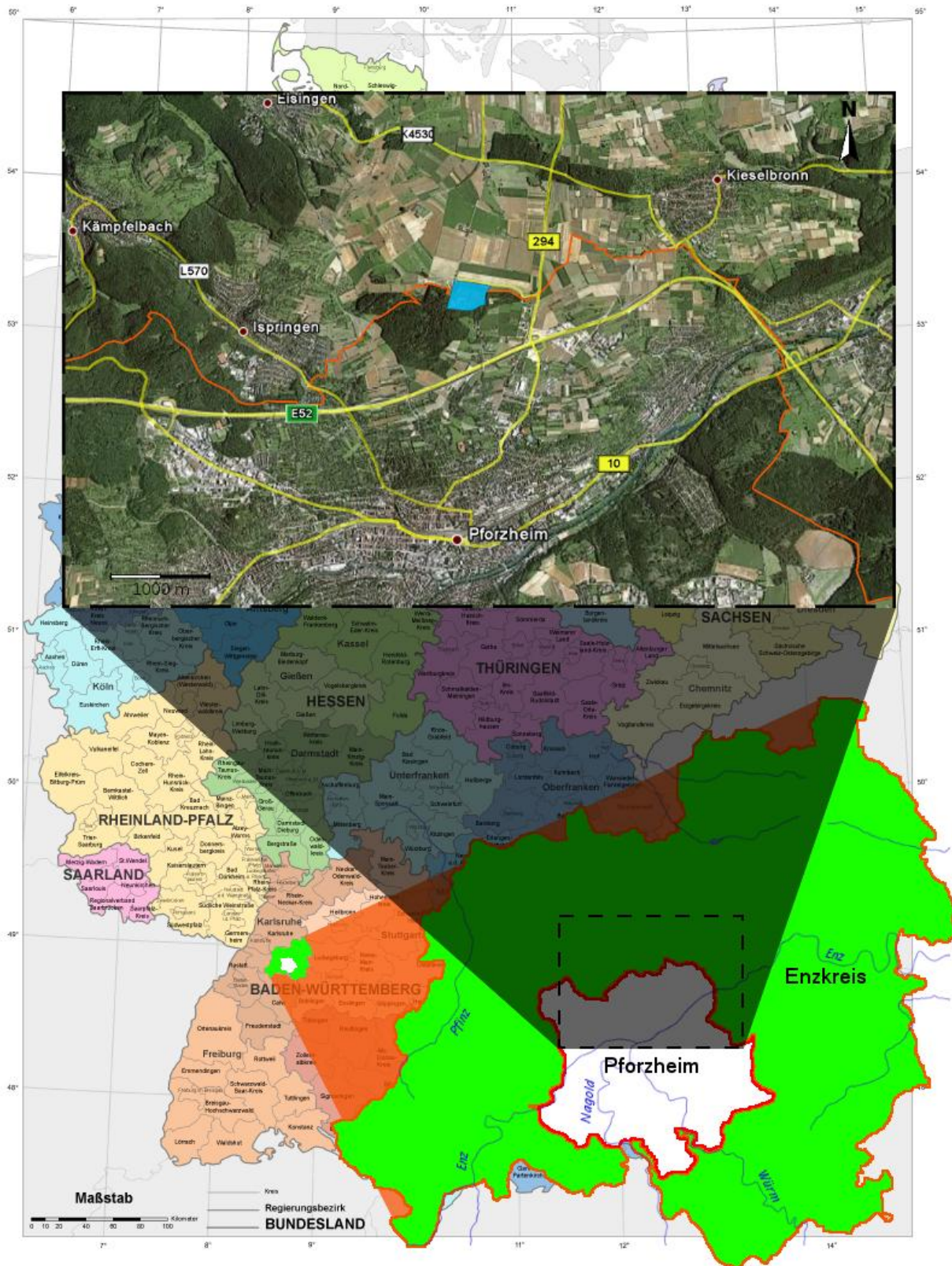


Abb. 1: Geographische Lage der HMD Hohberg (blaue Füllung in der Luftaufnahme). Die Grenze des Enzkreises (grüne Füllung) ist orange dargestellt, die Stadtgrenze von Pforzheim in rot (BKG: Verwaltungsgrenzen Deutschland (verändert), Google Earth: Luftbild Pforzheim Nord) (Augenstein, 2009).

2 Beschreibung des Lysimeters

2.1. Messprinzip

Das Großlysimeter befindet sich im nordwestlichen Bereich des Bauabschnitts I der Deponieoberflächenabdichtung. Das Lysimeter-Testfeld besitzt vier Abflusskomponenten, die jeweils getrennt gefasst, abgeleitet und in einem zentralen Messcontainer, Größe ca. 2,4 × 4 m, kontinuierlich registriert werden. Für die detaillierte Bestimmung der einzelnen Schichtabflüsse wurde vom Lehrstuhl für Angewandte Geologie Karlsruhe ein Messsystem entwickelt, das die Firma UGT (Umweltgerätetechnik), Müncheberg, realisierte. Jede Abflusskomponente wird hierbei in einen eigenen Messzylinder geleitet und die Wasserstände werden durch Ultraschallsensoren kontinuierlich (15-minütig), sowie ereignisgesteuert (d.h. Wasserstandsänderungen >2 cm), gemessen. Die Aufzeichnung wird auf einem zentralen Datenlogger in digitaler Form inklusive Datum und Uhrzeit aufgezeichnet. Bei einer maximalen Füllstandshöhe werden die an der Basis der Messzylinder angebrachten Magnetventile, welche über einzelne NIVU-MASTER-Kontrolleinheiten gesteuert werden, geöffnet und das angesammelte Wasser über die Ableitung abgeführt. Beim Unterschreiten eines minimalen Füllstandes wird das jeweilige Magnetventil wieder geschlossen und der Messzyklus beginnt von neuem. Die Messwerte werden mit Hilfe einer speziellen Software mit einem Computer ausgelesen und gespeichert. Die Messwerte auf dem Rechner können direkt über Datenfernübertragung (DFÜ) abgerufen und mit einem speziell entwickelten Verfahren ausgewertet werden.

2.2. Lysimeteraufbau

Die Lysimeterfläche beträgt 10 × 10 m (100 m²) (Abb. 2) und besitzt eine Neigung von 1:6,9 (8,23 °) (Abb. 3). Nach Berücksichtigung der Hangneigung beträgt die auf die Horizontale projizierte Lysimeterfläche 97 m². Der Aufbau des Lysimeters entspricht dem genehmigten Regelaufbau der Deponieoberflächenabdichtung, wie er 2003 auf ca. 1,5 ha der Deponie im Bauabschnitt I realisiert wurde.

In Abb. 3 ist der Aufbau der Oberflächenabdichtung schematisch dargestellt. Diese besteht von oben nach unten aus den folgenden Lagen:

- ‡ m Rekultivierungsschicht (Wurzelboden)
- ‡ m Drainage (Oberer Kiesflächenfilter, OKF)
- ‡ m Asphaltabdichtung (realisiert wurden zwischen 7,5 und 15 cm)
- ‡ m mineralische Tragschicht
- ‡ m Kapillarschicht (KS)
- ‡ m KapillARBrechende Schicht (KBS).

Abb. 2: Skizze des Lysimeters mit Verlegungsplan eines Glasfaserkabels, Neutronensondenmessstellen und Wassereingabepunkte für mögliche Flutungsversuche.

