

E 5-7 Kontrollfelder für mineralische Oberflächenabdichtungssysteme

Januar 2010

1 Aufgabe von Kontrollfeldern

Kontrollfelder können unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Die DepV fordert die Einrichtung eines Kontrollfeldes, mit dem auf einer Fläche von mindestens 300 m² der Durchfluss durch das Oberflächenabdichtungssystem bestimmt werden kann, wenn das Oberflächenabdichtungssystem ohne Konvektionssperre ausgeführt wird. Im einfachsten Fall besteht ein solches Kontrollfeld aus einer Auffangwanne, in der der Durchfluss durch das Abdichtungssystem gefasst und zur Messung geleitet wird. Mit einem solchen Aufbau wird die Wirksamkeit des gesamten Oberflächenabdichtungssystems bestimmt und die jährliche Sickerwasserbildung A_{SW} in Millimeter oder Prozent des Niederschlags angegeben (zu den Komponenten des Wasserhaushalts siehe E2-30). Kontrollfelder werden außerdem für den Eignungsnachweis und zur Prüfung der Langzeitbeständigkeit von alternativen Systemen eingesetzt (solche Felder werden auch als Lysimeter, Testfelder oder Versuchsfelder bezeichnet). Durch die zusätzliche Messung der lateralen Abflüsse oberhalb der Abdichtungskomponente, des Niederschlagseintrages und der Veränderung des Bodenwasservorrats kann zudem der gesamte Wasserhaushalt des Oberflächenabdichtungssystems bestimmt. In diesem Fall kann zusätzlich zur Systemwirksamkeit auch die Leistungsfähigkeit der Abdichtung in Bezug zum Wasserzufluss zur Abdichtung ausgewertet werden, wobei der Wasserzufluss zur Abdichtung in der Regel der Durchsickerung der Rekultivierungsschicht A_{SR} entspricht (die Leistungsfähigkeit der Abdichtung ergibt sich dann für den Betrachtungszeitraum aus $1 - A_{SW}/A_{SR}$).

Bild 5-7.1 zeigt beispielhaft den Aufbau eines Kontrollfeldes, in dem sowohl die Durchsickerung des Oberflächenabdichtungssystems in einer Auffangwanne unter der Abdichtungskomponente gefasst und zur Messung in einem Messschacht geleitet wird als auch die lateralen Abflüsse oberhalb der mineralischen Dichtung gemessen werden.

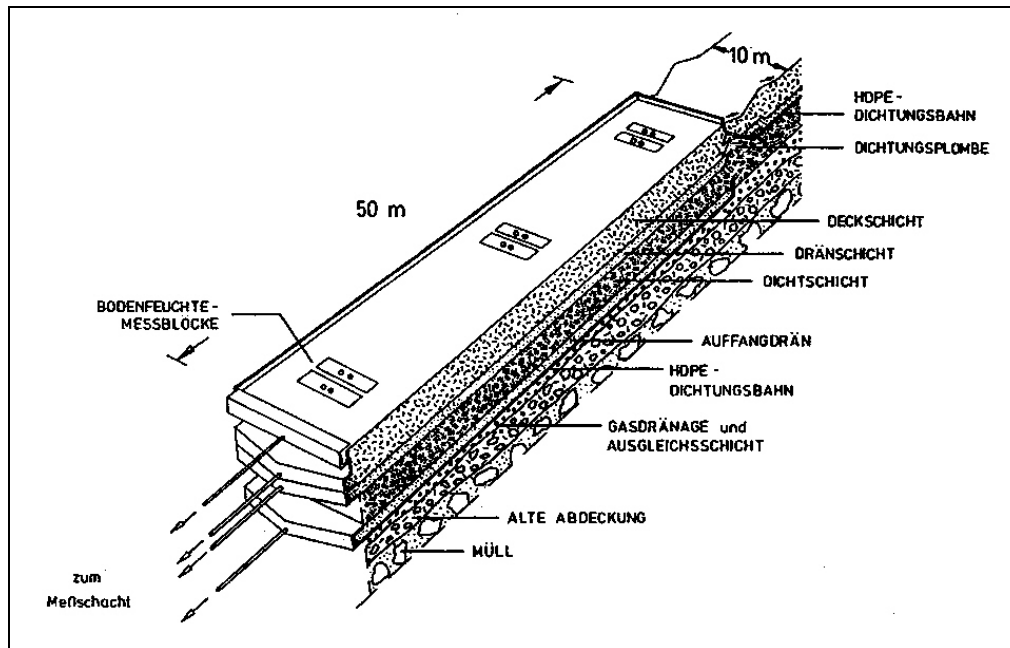


Bild 5-7.1: Schematischer Aufbau eines Kontrollfeldes zur Bestimmung der Durchsickerung und des Wasserhaushalts eines Oberflächenabdichtungssystems (aus MELCHIOR, 1993)

2 Planung und Herstellung von Kontrollfeldern

2.1 Messaufgabe

Kontrollfelder nach DepV dienen der Bestimmung der Durchsickerung durch die mineralischen Abdichtungskomponente, die z.B. aus einer feinkornmineralischen Abdichtung, einer gemischtkörnigen mineralischen Abdichtung, einer polymervergüteten Sand-Bentonitdichtung, einer Bentonitmatte oder einer Kapillarsperre bestehen kann (vgl. E2-4) oder durch eine Wasserhaushaltsschicht ersetzt wird.

Je nach zu untersuchendem System kann sich die Messaufgabe unterscheiden:

- Bei mineralischen Abdichtungskomponenten, deren Wirkung auf einem Korngerüst mit möglichst geringer gesättigter Wasserdurchlässigkeit beruht, muss die vertikale Durchsickerung durch die Abdichtungskomponente (Sickerwasserbildung A_{SW}) aufgefangen und gemessen werden. Hierzu bieten sich Auffangwannen aus Kunststoff (PE-HD) an, an deren Tiefpunkt das aufgefangene Wasser in Rohrleitungen überführt und zur Messung geleitet wird. Die zu messenden Flussraten können sehr niedrig sein und über längere Zeiträume auftreten. Um die Leistungsfähigkeit der Abdichtungskomponente bewerten zu können, ist es sinnvoll, auch den Dränabfluss A_D über der Abdichtungskomponente zu messen. Damit kann die Durchsickerung der Abdichtungskomponente A_{SW} auf den gesamten Zufluss zur Abdichtungskomponente bezogen werden (der Zufluss zur Abdichtung entspricht der Summe aus A_D und A_{SW} sofern im Betrachtungszeitraum keine Vorratsänderung in Entwässerungsschicht

und Abdichtung auftritt). Von Interesse sind sowohl die jährlichen Durchflusssummen, die lückenlos zu bestimmen sind, als auch die maximalen, in kurzen Zeitintervallen auftretenden Durchflussraten.

- Bei Wasserhaushaltsschichten ist ebenfalls die vertikale Versickerung aus der Wasserhaushaltsschicht in Auffangwannen zu messen. Anders als bei den mineralischen Abdichtungen mit geringer gesättigter Wasserdurchlässigkeit können jedoch in kurzer Zeit, z.B. nach Starkregen, sehr hohe Flussraten auftreten. Maßgeblich sind die jährlichen Durchflusssummen.
- Auch bei Kapillarsperren ist die vertikale Versickerung über die Schichtgrenze zwischen Kapillarschicht und Kapillarsperre maßgeblich, die in Auffangwannen unter dem Kapillarsperre gefasst und zur Messung geleitet wird. Die vertikale Versickerung über die Schichtgrenze tritt in Kapillarsperren üblicherweise kurzfristig nach Situationen auf, in denen die Zuzickerung in die Kapillarschicht im betrachteten Böschungsabschnitt die laterale Dränkapazität des Systems übersteigt (zum Begriff der lateralen Dränkapazität siehe E2-33). Zur Beurteilung der lateralen Dränkapazität als Maß der Leistungsfähigkeit der Kapillarsperre sollte auch der laterale Abfluss in der Kapillarschicht in Auffanggerinnen gefasst und gemessen werden. Bei Kapillarsperren sind somit sowohl der jährlichen Durchsickerungssummen als auch die kurzfristigen Maximalflüsse von Interesse.

2.2 Lage

Bei der Festlegung der Lage des Kontrollfeldes ist zu entscheiden, ob das Oberflächenabdichtungssystem hinsichtlich seines Schichtaufbaus und der maßgeblichen Randbedingungen in seiner mittleren Ausprägung untersucht werden soll oder ob die Wirksamkeit und Beständigkeit der Abdichtungskomponente unter den kritischsten, am Standort gegebenen Randbedingungen („worst case“) untersucht werden soll. Da das Abdichtungssystem die gegebenen Anforderungen auf der Gesamtfläche langfristig erfüllen muss, sollte das Kontrollfeld zur Untersuchung einer schrumpffempfindlichen mineralischen Abdichtung bei einer Deponieoberflächenabdichtung mit in der Fläche unterschiedlichem Aufbau von Bewuchs, Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht dort errichtet werden, wo mit den kritischsten Einwirkungen gerechnet wird. Kontrollfelder für Kapillarsperren sollten am Fuß der längsten und der am geringsten geneigten Böschung angeordnet werden.

Die DepV fordert, dass das Kontrollfeld „in repräsentativer Lage“ errichtet und betrieben wird. Da verschiedene Einflussfaktoren innerhalb eines Oberflächenabdichtungssystems variieren können, ist es u.U. nicht möglich eine einzige repräsentative Lage festzulegen, so dass entweder mehrere Kontrollfelder angelegt werden müssen oder bei der Festlegung der Lage des Kontrollfeldes ein Kompromiss unter Berücksichtigung folgender Randbedingungen gefunden werden muss:

- Exposition bezüglich der Himmelsrichtung und deren Einfluss auf Bewuchs, Niederschlagseintrag, Verdunstung und Austrocknung der Rekultivierungsschicht
- Böschungsneigung und Böschungslänge (insbesondere bei Kapillarsperren aber auch hinsichtlich der Wasserbeaufschlagung oder Austrocknungsgefährdung von tonhaltigen Abdichtungskomponenten)
- Bewuchs
- Schichtaufbau des Oberflächenabdichtungssystems (insbesondere Mächtigkeit und Bodenart der Rekultivierungsschicht, Aufbau der Entwässerungsschicht)
- Einwirkungen aus dem Deponiekörper (Setzungen, Deponiegas, Temperatur)

Außer den verschiedenen Randbedingungen, die auf die Funktion des zu untersuchenden Oberflächenabdichtungssystems und seiner Komponenten einwirken, sind weitere Faktoren bei der Festlegung der Lage zu beachten, die für die Messtechnik oder den Betrieb des Kontrollfeldes relevant sein können:

- Zugänglichkeit während des Baus und beim späteren Betrieb des Kontrollfeldes
- Böschungsform (möglichst gleichmäßige Böschungsneigung)
- erforderliches Gefälle zwischen Wasserfassung und Abflussmessstation
- mögliche Konflikte mit z.B. Leitungstrassen, Baustellenverkehr, zukünftigen Nutzungsänderungen der Deponieoberfläche

2.3 Konstruktion (Randbegrenzung und Wasserfassung)

Für die Planung von Kontrollfeldern sind neben erdbaulichem und deponietechnischem Know-how umfassende hydrologische Kenntnisse und methodische und messtechnische Erfahrungen in der Lysimetertechnik erforderlich (zu letzterem siehe z.B. DVWK, 1980).

Neben den bautechnischen Belangen sind folgende konstruktiven Anforderungen zu beachten:

- Die Randbegrenzung des Kontrollfeldes muss unkontrollierte Wasserzuflüsse und –abflüsse unterbinden und gewährleisten, dass die gemessenen Abflüsse einem eindeutig begrenzten Messbereich zugeordnet werden können.
- Die Randbegrenzung sollte nicht aus starren Wänden hergestellt werden, die

die zu untersuchenden Abdichtungskomponenten durchschneiden. Erstens stellen starre Wände Hindernisse für Baumaschinen dar und verhindern dadurch den technisch repräsentativen Bodeneinbau im Kontrollfeld. Zweitens können Abdichtungskomponenten mit geringer gesättigter Wasserdurchlässigkeit nur sehr aufwändig dauerhaft wasserdicht an solche Wände angeschlossen werden, so dass derartige Anschlüsse potentielle Ansatzpunkte für die Entwicklung von Klüften und bevorzugten Wasserleitbahnen in die Auffangwannen darstellen, die die Messergebnisse verfälschen würden.

- Sofern das Kontrollfeld nur aus einer Auffangwanne unter der mineralischen Abdichtungskomponente besteht, ist sicher zu stellen, dass seitlich oder von unten kein Wasser z.B. durch Stauwasser im Deponiekörper oder als Deponeiegaskondensat in die Auffangwanne gelangen kann. In der Entwässerungsschicht oberhalb der zu untersuchenden mineralischen Abdichtungskomponente darf vom Böschungskopf zufließendes Wasser das Kontrollfeld ungehindert überströmen.
- Sofern im Kontrollfeld nicht nur die vertikale Durchsickerung der mineralischen Abdichtungskomponente, sondern auch die oberhalb der Abdichtung auftretenden Abflüsse gemessen werden sollen, muss gewährleistet werden, dass das vom Böschungskopf und ggf. auch von den Seiten oberhalb der mineralischen Abdichtungskomponente auf das Kontrollfeld zufließende Wasser nicht ins Kontrollfeld gelangt und ungehindert und ohne Wasseraufstau seitlich abgeleitet wird. Die Konstruktion des Kontrollfeldes darf keine abflusslosen Bereiche verursachen, in denen Wasser rückstaut und in die Wasserfassung des Kontrollfeldes gelangen und dort die Messergebnisse verfälschen kann.
- Die Wasserfassung im Kontrollfeld muss vollständig sein und einen unbehinderten Abfluss zu den Messeinrichtungen gewährleisten. Wasser darf nicht in Folge von Rückstau im gesättigten Zustand oder durch Kapillarsperreneffekte und Dochtwirkung im ungesättigten Zustand ungemessen aus der Auffangwanne abfließen. Auffangrinnen aus Kunststoff sollten durch mineralische Dichtungsplomben hinterfütert und somit redundant gesichert werden (zur Wasserfassung aus Kapillarsperren siehe E2-33).
- Das Kontrollfeld muss zur Gewährleistung einer in der Fläche einheitlichen Verdunstung um den zentralen Messbereich, in dem die Durchsickerung der mineralischen Abdichtungskomponente gemessen werden soll, einen ausreichend breiten Randbereich aufweisen, in dem der Schichtaufbau und der Bewuchs mit dem Aufbau im Kontrollfeld identisch ist (Vermeidung von sogenannten „Oaseneffekten“).

MELCHIOR (1993), RAMKE ET AL. (2002), RETTIG ET AL. (2006), TRESSELT (2000) und WOLSFELD (2005) dokumentieren den konstruktiven Aufbau und die Herstellung zahlreicher funktionstüchtiger Kontrollfelder und Großlysimeter.

2.4 Bodeneinbau und Begrünung

Die im Kontrollfeld zu untersuchenden Komponenten des Oberflächenabdichtungssystems müssen mit den gleichen Materialien und mit der gleichen Einbautechnik und Qualität eingebaut werden wie auf dem Rest der Fläche, für die das Kontrollfeld repräsentativ sein soll. Diese Anforderung gilt nicht nur für die Abdichtungskomponente selbst, sondern auch für die anderen Systemkomponenten wie Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht sowie die Begrünung.

2.5 Messtechnik

Die Messtechnik umfasst bei Kontrollfeldern mindestens den Niederschlagseintrag und die Abflüsse. Bei besonderen Fragestellungen, z.B. die Austrocknungs- und Schrumpffgefährdung von tonhaltigen mineralischen Dichtungen können bodenhydrologische Messungen hinzukommen.

Der Niederschlag sollte nach Möglichkeit in unmittelbarer Nähe des Kontrollfeldes mit einem automatischen Sammler gemessen werden, da die Übertragbarkeit der Messdaten von entfernten Stationen aufgrund der starken räumlichen Variabilität des Niederschlags sehr eingeschränkt ist. Bei der Messung und der Auswertung der Niederschlagsdaten müssen die methodischen Fehler Benetzungsverlust und Windfehler berücksichtigt bzw. korrigiert werden (siehe MELCHIOR, 1993).

Die Abflussmessung beginnt mit der Abflussfassung. Der Bau der Abflussfassung ist daher lückenlos zu überwachen. Es ist empfehlenswert, zur Auffangwanne der Dichtungsdurchsickerung einen Revisionszugang zu schaffen, um gezielt Wasser zugeben und auf vollständigen Abfluss bis zur Messstation prüfen zu können. Dieser Revisionszugang muss allerdings seitlich erfolgen und darf die zu prüfende Abdichtung nicht im Messbereich durchdringen.

Die Messung des Abflusses sollte automatisch mit stündlicher Auflösung sowie redundant mit zwei unterschiedlichen Messprinzipien (z. B. Kippwaagen, Behälterfüllstandsmessungen, Durchflussmesser) erfolgen, um Datenlücken auszuschließen. Die automatisch erfasste Abflusssumme sollte durch manuelle Kontrollmessungen der Abflusssumme regelmäßig überprüft werden. Die Datenspeicherung sollte ebenfalls redundant erfolgen. Eine Fernübertragung der automatisch erfassten Daten erleichtert die zeitnahe Prüfung und die Sicherung der Daten.

3 Betrieb von Kontrollfeldern

Kontrollfelder müssen über lange Zeiträume betrieben werden, da auch von den zu kontrollierenden Dichtungen eine lange Funktionsdauer gefordert wird. Untersuchungszeiträume von wenigen Jahren sind unzureichend, da es lange dauert bis sich der Bewuchs entwickelt hat, die Rekultivierungsschicht eine Bodenreifung erfahren hat und die Einwirkungen, die das Langzeitverhalten mineralischer Abdichtungskom-

ponenten maßgeblich beeinflussen, tatsächlich auf die Abdichtungskomponenten einwirken. Nach DepV ist das Kontrollfeld bis zum Ende der Nachsorgephase zu betreiben.

Der Bewuchs sollte auf dem Kontrollfeld in gleicher Weise gepflegt werden wie auf den anderen Flächen des Oberflächenabdichtungssystems. Die Messtechnik ist regelmäßig in ausreichender Häufigkeit zu warten und auf ihre Funktion zu prüfen. Die Genauigkeit der Messgeräte sollten mindestens jährlich geprüft und kalibriert werden.

Die Messdaten müssen zeitnah ausgewertet werden, um Schäden und Messfehler erkennen und Datenlücken vermeiden zu können. Die Auswertung der Daten sollte in Jahresberichten dokumentiert werden. Die im Bericht dokumentierte Auswertung sollte mindestens die Niederschlags- und Abflussdaten umfassen und sowohl die Jahressummen als auch die kurzfristigen Maxima der gemessenen Abflüsse und Niederschlagseinträge enthalten. Es wird empfohlen, die Jahressummen für den Bilanzzeitraum nicht für Kalenderjahre, sondern vom 1. April eines Jahres bis zum 31. März des Folgejahres zu bilden, da der Bodenwasservorrat am Ende des Winterhalbjahres in der Regel von Jahr zu Jahr gleichmäßig gefüllt ist, so dass die Jahresbilanzen wenig durch Unterschiede im Bodenwasservorrat beeinflusst werden. Bei Messung des Niederschlags, des Entwässerungsschichtabflusses und der Dichtungsdurchsickerung kann dann die tatsächliche Verdunstung näherungsweise als Restgröße berechnet werden. Sofern nur die Durchsickerung der Abdichtungskomponente gemessen wird, hat der Bilanzzeitraum April/März gegenüber dem Kalenderjahr den Vorteil, dass die Jahressummen über die Jahre weniger schwanken, da die Jahressummen der Einzeljahre erfahrungsgemäß weniger durch das zeitlich unterschiedliche Einsetzen der herbstlichen Wiederbefeuchtung und Abflussbildung beeinflusst werden.

Im Jahresbericht sollten der Zustand der Anlage samt Bewuchs dokumentiert, die Funktionsfähigkeit des Kontrollfeldes samt Messtechnik bewertet und Empfehlungen zum Weiterbetrieb gegeben werden. Sofern die Auswertung Hinweise auf eine möglicherweise unvollständige Wasserefassung im Kontrollfeld ergeben, sind Aufgrabungen durchzuführen und Maßnahmen zur Fehlersuche und Reparatur zu veranlassen.

Literatur:

- DEPONIEVERORDNUNG (DEPV), 2009: Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009 (Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 22, Seite 900-950).
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURTECHNIK (DVWK), 1980: Lysimeter, Grundwasserneubildung und Bodenhaushalt. Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Lysimetern. DVWK-Merkblatt 114. Verlag Paul Parey, Berlin.

- MELCHIOR, S., 1993: Wasserhaushalt und Wirksamkeit mehrschichtiger Abdecksysteme für Deponien und Altlasten. Dissertation Universität Hamburg. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten 22
- RAMKE, H.-G.; GARTUNG, G.; HEIBROCK, G.; LÜKEWILLE, W.; MELCHIOR, S.; VIELHABER, B.; BOHNE, K.; MAIER-HARTH, U.; WITT, K.-J., 2002: Austrocknungsverhalten mineralischer Abdichtungsschichten in Deponie-Oberflächenabdichtungssystemen. Status-Workshop. Höxteraner Berichte zur angewandten Umweltwissenschaften.
- RETTIG, R., RAABE, S., MELCHIOR, S. & STEINERT, B., 2006: Zwischenergebnisse der Versuchsfelder der MEAB zu alternativen Oberflächenabdichtungssystemen auf der Deponie Deetz. In: Kilchert, M. & Hegewald (Hrsg.): 2. Leipziger Deponiefachtagung. Deponieschließung, Sicherung und Nachsorge. Leipzig, 19 S.
- TRESSELT, K., 2000: Feldversuche zur Wirksamkeit von Oberflächenabdichtungssystemen mit Dichtungen aus Hafenschlick. Dissertation Universität Hamburg. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten 46
- WOLSFELD, N., 2005: Bodenphysikalische Eignung mineralischer Oberflächenabdichtungssysteme für Monodeponien der Stahlindustrie. Dissertation am Universität Freiburg. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 43

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Jörg Gutwald
Technische Universität Darmstadt
gutwald@geotechnik.tu-darmstadt.de

Maßgebliche Bearbeiter: Dr. rer. nat. habil S. Melchior, Hamburg