

Einsatz von Dichtungskontrollsystemen – baupraktische Erfahrungen

Silke Schwöbken, SENSOR Dichtungs-Kontroll-Systeme GmbH Lübeck

1 Einleitung

Seit Mitte der neunziger Jahre werden in Deutschland in Oberflächenabdichtungen von Deponien Dichtungskontrollsysteme als Alternative zur mineralischen Dichtung in einer Kombinationsabdichtung mit steigendem Erfolg eingebaut. Nach nunmehr zahlreichen durchgeführten Projekten steht die Funktion dieser Systeme nicht mehr in Frage, vielmehr sind fast alle an einer Baumaßnahme Beteiligten von der Art der Verlegung und von einem Ergebnis, das auch langfristig den Zustand einer Kunststoffdichtungsbahn kontrollieren kann, überzeugt. Hinzu kommen die in weiten Teilen der Republik doch erheblich geringeren Kosten gegenüber einer mineralischen Dichtung.

Durch den Arbeitskreis Dichtungskontrollsysteme (AK DKS) unter der Leitung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) wurde seinerzeit eine Empfehlung herausgegeben, die die Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien zusammenfasst und festlegt[1]. Diese Empfehlung vereinfacht es Behördenvertretern, ein System, das sämtlichen Anforderungen genügt, in einer Oberflächenabdichtung zuzulassen, und auch die weiteren an einer Baumaßnahme Beteiligten sind dadurch in der Lage, ein angebotenes und eingesetztes System nach diesen Kriterien zu beurteilen.

Derzeit gibt es zwei Systeme auf dem Markt, für das eine vollständige Begutachtung unter diesen Gesichtspunkten durch die BAM durchgeführt worden ist, und dem projektunabhängig eine Eignung für den Einsatz in Oberflächenabdichtungen von Deponien bescheinigt worden ist. Eines dieser Systeme ist das System SENSOR DDS®.

Einige der Hauptpunkte, die für die Beteiligten an einer Oberflächenabdichtungsmaßnahme mit unterschiedlicher Gewichtung von Interesse sind, sind im folgenden aufgezählt:

- Kostenminimierung
- Erreichen der Abnahme
- Keine Behinderung anderer Gewerke
- Möglichst einfacher Einbau
- Bauteile, die dem Einbau standhalten
- Funktionsnachweis so eindeutig, dass die Abnahme erfolgen kann
- Möglichst wenig Sondermaßnahmen für Beteiligte
- Eindeutige Aussage über das eine Abdichtungselement, da die Sicherung durch die mineralische Dichtung entfällt
- Möglichst einfache Kontrolle für Nachsorgephase

Betrachtet man sowohl die leeren öffentlichen als auch privaten Kassen, so kommt gerade für die Auftraggeber der Kostenersparnis beim Einsatz eines Dichtungskontrollsystems gegenüber einer mineralischen Dichtung eine wichtige Bedeutung zu. Jedoch ist für alle Beteiligten der Funktionsnachweis des Oberflächenabdichtungssystems mit dem Erreichen der Abnahme ein weiterer wichtiger Stützpunkt für den Einsatz von Dichtungskontrollsystemen. Für die am Bau Beteiligten sind auch die Punkte, die direkt den Einbau und die Nichtbehinderung anderer Gewerke betreffen, nicht zu vernachlässigen. Aber auch die abschließenden Punkte der eindeutigen Aussage der Funktion der Abdichtung sowie der einfachen Kontrolle der Abdichtung in der Nachsorgephase sind für Auftraggeber und Behörden wichtige Argumente für den Einsatz von Dichtungskontrollsystemen in Deponieoberflächenabdichtungen.

2 Das Messprinzip des Systems SENSOR DDS®

Das Messprinzip des Systems SENSOR DDS® beruht auf der Messung von Potentialdifferenzen unterhalb der Kunststoffdichtungsbahnen. Dazu werden unterhalb der Kunststoffdichtungsbahnen in einem auf die Baumaßnahme abgestimmten Raster Sensoren verlegt, die über einzelne Kabel mit den Kontrollboxen verbunden sind. Oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen werden in einem Abstand von etwa 30m Spannungsgeber installiert, über die ein homogenes Feld oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen angelegt werden kann. Auch die Spannungsgeber sind einzeln über Kabel mit den Kontrollboxen verbunden.



Bild 1: Sensor



Bild 2: Spannungsgeber



Bild 3: Kontrollbox



Bild 4: Mess- und Auswerteeinheit
SENSOR DDS® P.M.S.

Es wird beim Einsatz des Systems die Tatsache ausgenutzt, dass ein elektrischer Strom dem Weg des Wassers durch eine Leckage folgt. Es ist im Normalfall jedoch kein Wasserfluss durch eine Leckage notwendig, vielmehr reicht die natürliche Erdfeuchte aus, um einen Strom durch eine Leckage fließen zu lassen. Bei einem Stromfluss durch eine Leckage verändert sich um die Leckage herum das elektrische Potential, das durch die Sensoren gemessen wird.

In Deponie-Oberflächenabdichtungen wird die gesamte Fläche in Teilabschnitte aufgeteilt, die jeweils etwa 10.000 m² groß sind. Für jeden Teilabschnitt wird eine Beobachtungszentrale eingerichtet, an der die Messungen vorgenommen werden können.

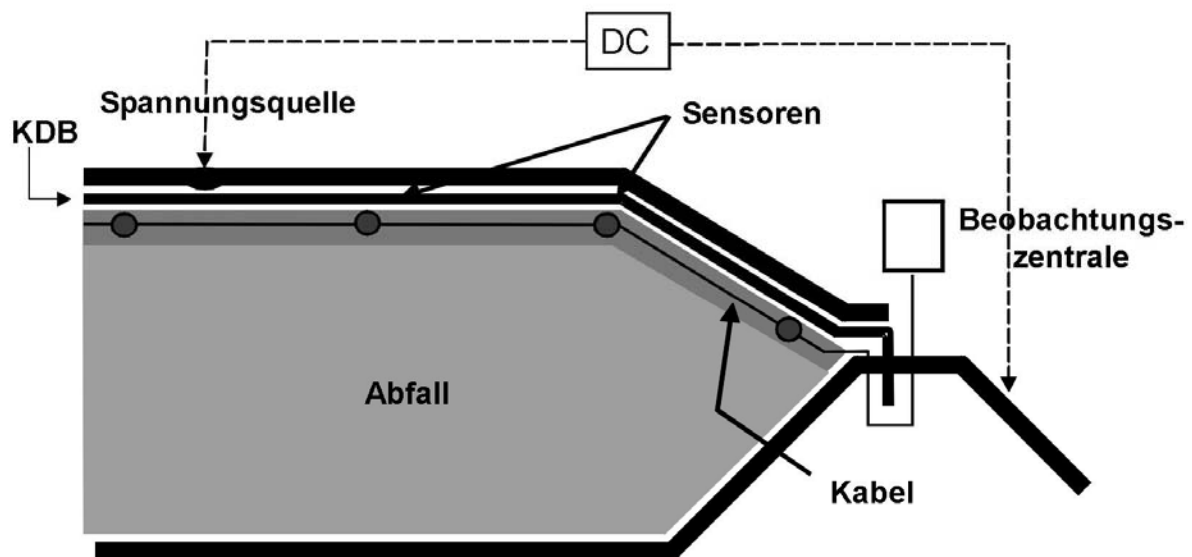


Bild 5: Das Prinzip

Die Ortungsgenauigkeit von Dichtungskontrollsystemen erreicht $< 1\text{m}^2$. Für die Komponenten ist in der Empfehlung des AK DKS eine Anforderung bzgl. der Lebensdauer gefordert, die besagt, dass die Komponenten von Dichtungskontrollsystemen, die unterhalb der Kunststoffdichtungsbahnen installiert werden, eine Lebensdauer von 30 Jahren und mehr aufweisen müssen. Außerdem sind die Komponenten so zu wählen, dass ihr Einbau unter normalen Bedingungen möglichst einfach ist und die anderen Gewerke beim Bau einer Oberflächenabdichtung nicht behindern oder beeinflussen darf. Außerdem darf durch das installierte Dichtungskontrollsystem auch nicht die Standsicherheit des Gesamtabdichtungssystems beeinträchtigt werden.

3 Installation

Die Installation der Komponenten kann problemlos in den Bauablauf angepasst werden. Dabei ist es möglich, dass die Installation durch den Hersteller des Dichtungskontrollsystems selbst, durch den Dichtungsbahnverleger oder durch den Bauunternehmer erfolgt. Alle am Bau Beteiligten haben alle das gleiche Interesse an einer reibungslosen Ausführung und Abnahme. Um nun möglichst reibungslos diese Ziele zu erreichen, sind die Verlegungsarten und -wege der Komponenten einfach an die unterschiedlichen Bedingungen auf den Baustellen anzupassen.



Bild 6: Die Kabel verlaufen strahlenförmig.



Bild 7: Die Kabel verlaufen in Strängen.



Bild 8: Die Kabel sind strangförmig im Auflager eingegraben.



Bild 9: Die Kabel werden in Rillen eingelegt.

Wie auf den Bildern zu erkennen ist, ist der Einbau des Systems an die unterschiedlichsten Bedingungen anzupassen. Im ersten Fall wurden die Sensoren ca. 10cm tief in einem 16/32 Rundkorn fixiert und die Kabel oberhalb des Kieselstrahls strahlenförmig zur Beobachtungszentrale geführt (Bild 6).

Auf dem zweiten Bild (Bild 7) ist zu erkennen, dass die Kabel strangweise oberhalb des Auflagers für die Kunststoffdichtungsbahnen verlaufen. Der Vorteil bei dieser Art des Kabelverlaufs besteht darin, dass nach einem möglichen Starkregenereignis das Auflager zwischen den Kabelsträngen befahrbar ist und somit einfacher nachbearbeitet werden kann, als wenn die Kabel strahlenförmig überall auf der Oberfläche des Auflagers verlaufen.

Auf dem dritten Bild (Bild 8) ist zu erkennen, dass die Kabel in einem weichen, rolligen Kies etwa 10cm in das Auflager strangweise eingegraben worden sind. Die Sensoren werden seitlich in diesem Graben in dem Auflager installiert und die Kabel verlaufen in den Gräben, die in Böschungfalllinie verlaufen. Dann wird das Material wieder in den Graben gefüllt und die Oberfläche des Grabens wird der Oberfläche des Auflagers angepasst.

Auf dem Bild 9 ist eine ca. 4cm tiefe Rille in einer mineralischen Dichtung zu erkennen, die mit einer Walze hergestellt worden ist. Wiederum werden die Sensoren seitlich in der Rille installiert, wozu mit einem Akkubohrer ein entsprechendes Loch hergestellt worden sein muss. In dieser Rille werden die maximal 20 Kabel die Böschung hinunter eingelegt, die Rille wird mit dem gleichen Material aufgefüllt, aus dem auch die mineralische Dichtung besteht und mit nur einem Walzgang mit einer kleinen Walze wird die Oberfläche der Rille der Oberfläche der gesamten mineralischen Dichtung angepasst.

Die beiden letztbeschriebenen Arten der Verlegung ermöglichen eine einfache Nachbearbeitung des Auflagers für die Kunststoffdichtungsbahnen und Erfahrungen zeigen, dass die Materialien des Systems diesen Belastungen ohne Probleme standhalten.

Ansonsten erfolgt die Installation des SENSOR-Systems nach einem sehr einfachen Prinzip, da sämtliche Sensoren und Spannungsgeber einzeln über hochzugfeste Kabel mit der Beobachtungszentrale verbunden sind und somit einzeln verlegt werden. So kann eine Verlegeleistung von 2.000 – 3.000 m² von zwei Technikern pro Tag problemlos erreicht werden.

So wird der gesamte Bauablauf bei der Herstellung eines Oberflächenabdichtungssystems durch den Einsatz eines Dichtungskontrollsystems in keinsten Weise behindert, und alle Beteiligten können bei entsprechender Witterung von einer guten Tagesleistung ausgehen.

4 Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems

Bei der Anwendung in Deponie-Oberflächenabdichtungen sind grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten des Aufbaus des Abdichtungssystems gegeben. Einige Deponie-Oberflächenabdichtungen werden mit mineralischen Schichten unter- und oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen ausgeführt, teilweise werden aber auch geosynthetische Dränmatten oder Geotextilien unter- und/oder oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen verwendet. Die Dichtungskontrollsysteme sind dann jeweils auf die örtlichen Gegebenheiten und den Aufbau des Dichtungssystems anzupassen. Dies kann z.B. geschehen durch eine Verringerung des üblichen Rasterabstandes der Sensoren oder durch eine Vermehrung der Sensoren im Randbereich oder in gefährdeten Bereichen. Dabei wird die Verlegung des Systems generell an die örtlichen Gegebenheiten und an die anderen Gewerke angepasst. Bei einem Aufbau mit mineralischen Schichten unter- und oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen werden die Sensoren in der mineralischen Schicht direkt unterhalb der Kunststoffdichtungsbahnen fixiert, und die Spannungsgeber werden direkt auf den Kunststoffdichtungsbahnen installiert, um einen möglichst kurzen Weg zwischen den Spannungsgebern und den Sensoren zu erreichen. Bei einem Aufbau mit Dränmatten und/oder Geotextilien werden dagegen die Sensoren unterhalb der geosynthetischen Komponenten (Entgasungsdränmatte, Kunststoffdichtungsbahn) installiert und die Spannungsgeber oberhalb der geosynthetischen Komponenten (Kunststoffdichtungsbahn, Entwässerungsdränmatte, Schutzvlies), damit die Verlegung der geosynthetischen Komponenten nicht beeinflusst wird und in einem Zuge erfolgen kann.

Aufbau mit mineralischen Schichten

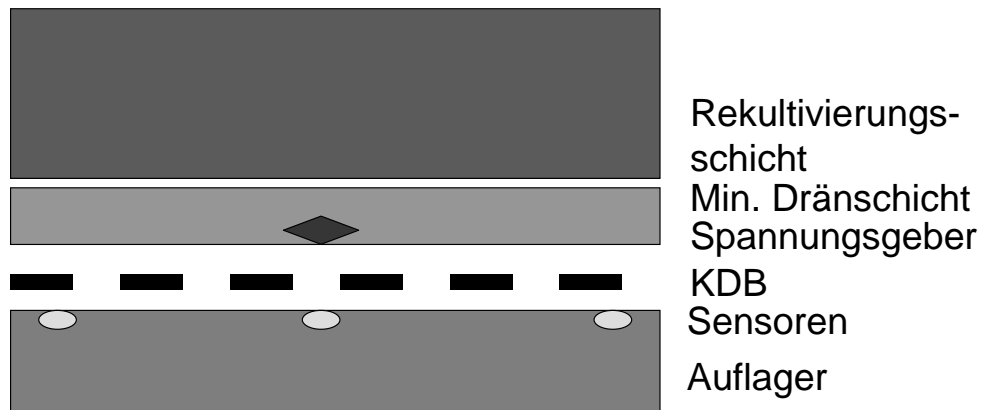


Bild 10: Aufbau einer Oberflächenabdichtung mit mineralischen Schichten.

Aufbau mit geosynthetischen Schichten

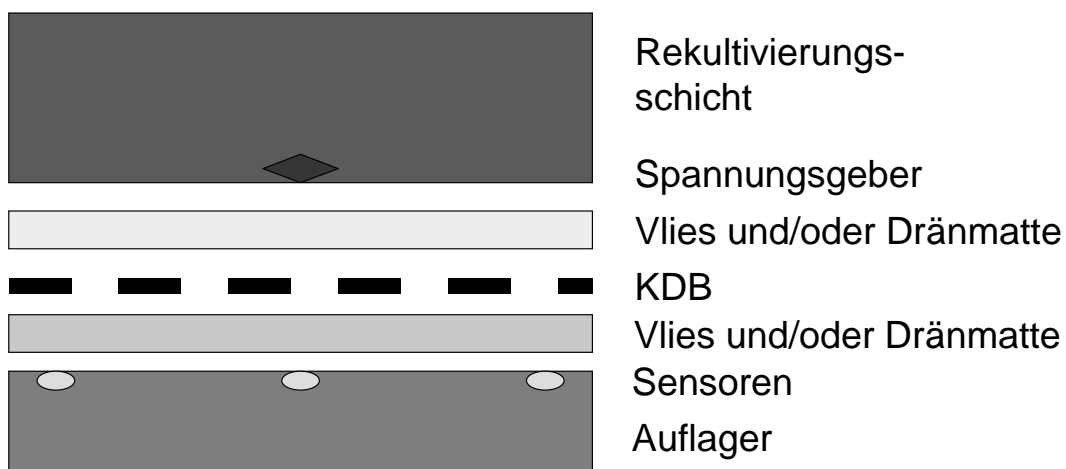


Bild 11: Aufbau einer Oberflächenabdichtung mit geosynthetischen Schichten.

Eine weitere Anpassung an die Gegebenheiten erfolgt üblicherweise auch in den Randbereichen und in der Nähe von Bauwerken. In diesen Bereichen wird der Rasterabstand zwischen den Sensoren verringert, um Fremdeinflüsse zu vermeiden.

5 Funktionsprüfung

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Systeme sind in der Lage, durch Potentialdifferenzmessungen Leckagen zu erkennen und zu orten. Durch die Leckagen kann dabei über eine elektrische Verbindung ein elektrisches Signal durch die Kunststoffdichtungsbahnen gelangen.

Beim Einbringen von Testleckagen ist deshalb unbedingt darauf zu achten, dass ein elektrischer Schluss durch die Kunststoffdichtungsbahnen zustande kommt. Erfahrungen zeigen hier, dass eine Bewässerung von Testlöchern in vielen Fällen notwendig ist. Außerdem sind die äußeren Bedingungen so zu wählen, dass z.B. die mineralische Dränschicht oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn nicht nach einer langen Trockenperiode vollständig ausgetrocknet ist.

Bisherige Erfahrungen zeigen, dass selbst kleinste Beschädigungen in den Kunststoffdichtungsbahnen, die während des Einbringens der Überdeckung verursacht worden waren, unter normalen Bedingungen geortet werden können.



Bild 12: Testloch mit 5,0 mm Durchmesser



Bild 13: geortete Beschädigung, 15mm x 10mm



Bild 14: geortete Beschädigung

Die bisher in Deutschland georteten Leckagen teilen sich in die folgenden Ursachen auf:

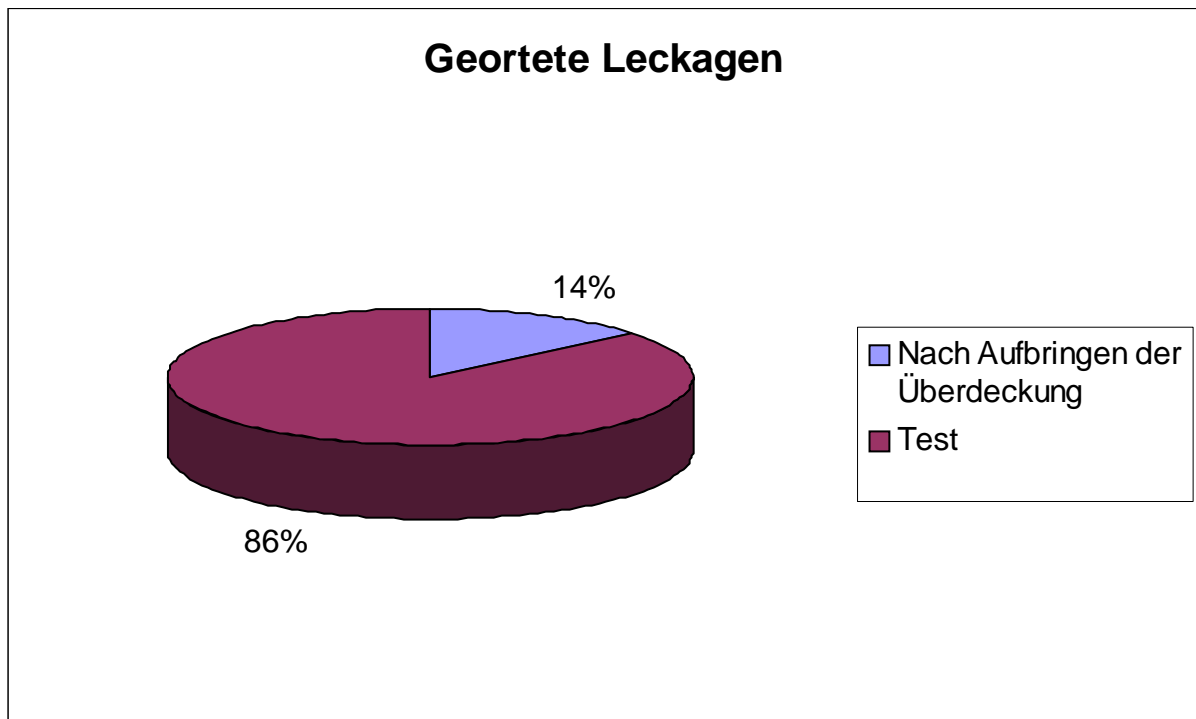


Bild 15: Ursachen für geortete Leckagen in Deutschland.

Für einen reibungslosen Ablauf der Funktionsprüfung sind die Bedingungen unter allen Beteiligten abzustimmen, und es ist eine sinnvolle Einigung über die Anzahl der Testleckagen zu treffen, damit nicht aus einer intakten Abdichtung für die Funktionsprüfung ein „Flickenteppich“ gemacht wird.

6 Beispiele für Oberflächenabdichtungen

6.1 Die Deponie Seefichten

Auf der Deponie Seefichten in Frankfurt/Oder wurde in vier Bauabschnitten auf einer Fläche von etwa 105.000 m² das System installiert und die Kunststoffdichtungsbahnen auf ihre Dichtigkeit überprüft. Angepasst an den Bauablauf wurden die Sensoren und Kabel arbeitstäglich installiert. Der Aufbau der Oberflächenabdichtung ist mit Geotextilien ausgeführt worden. Die Sensoren befinden sich direkt unterhalb der Kunststoffdichtungsbahnen und die Spannungsgeber wurden oberhalb des Schutzgeotextils oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen installiert.



Bild 16: Verlegte Sensoren und Kabel.



Bild 17: Vorgegebene und geortete Position der Testleckage.

Auf der Deponie Seefichten wurden für einen Funktionstest im Probefeld 3 Testlöcher verschiedener Art eingebracht und geortet.

6.2 Die Sonderabfalldeponie Schwabach

Auf der Sonderabfalldeponie Schwabach wurde auf einer Fläche von etwa 64.000 m² in einer Kombinationsabdichtung das SENSOR-System integriert. Dabei wurden mehr als 1.000 Sensoren direkt unterhalb der Kunststoffdichtungsbahn in der mineralischen Dichtungsschicht verlegt, und die Spannungsgeber wurden direkt oberhalb des Schutzgeotextils oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn in der Entwässerungsschicht installiert.



Bild 18: Geortete Testleckage.



Bild 19: Die Kabel verlaufen in Rillen.

Während der Durchführung der Arbeiten wurden in einem Versuchsfeld sowie in einem weiteren Abschnitt Funktionstests mit Testleckagen durchgeführt. Ebenfalls während der Durchführung der Installationsarbeiten wurde an bereits fertiggestellten Messabschnitten die Dichtheit der Kunststoffdichtungsbahnen kontrolliert. Zum Abschluss der Arbeiten wurden dann erneut die Kunststoffdichtungsbahnen in der gesamten Oberflächenabdichtung auf ihre Dichtheit geprüft.

6.3 Die Deponie Nonnenwühl / Speyer

Auf der Deponie Nonnenwühl in Speyer wurden etwa 42.000 m² Oberflächenabdichtung hergestellt. Anstelle einer mineralischen Dichtung wurde hier das SENSOR-System eingesetzt. In einem Probefeld wurde vor Beginn der Arbeiten im Frühsommer 2003 die Funktion des Dichtungskontrollsystems nachgewiesen. Da oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn bei dieser Baumaßnahme eine geosynthetische Dränmatte verlegt wurde, war eine stärkere Bewässerung der Testlöcher notwendig, da ansonsten sämtliche Flüssigkeit oberhalb und in der Dränmatte abgeführt worden wäre und somit kein elektrischer Schluss durch die Kunststoffdichtungsbahnen hätte zustande kommen können.



Bild 20: Verlegte Sensoren im Probefeld.



Bild 21: Das Probefeld.



Bild 22: Geortetes Testloch.

7 Kontrollzyklen

Aus den Erfahrungen der bisher mit Dichtungskontrollsystemen ausgeführten Deponieoberflächenabdichtungen, ob anstelle einer mineralischen Dichtung oder zusätzlich dazu, haben sich Kontrollzyklen von einer jährlichen Messung als sinnvoll herauskristallisiert. Selbst häufigere Messungen in den ersten Jahren nach Fertigstellung des Oberflächenabdichtungssystems erscheinen aus dieser Sicht nicht notwendig, da Aufgrabungen in den meisten Fällen zeigten, dass die Dränschicht oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen nicht nass sondern maximal feucht war, so dass selbst im Falle einer Leckage kein Durchfluss von erheblichen Mengen Flüssigkeit durch eine Leckage zu erwarten wäre.

Auf lange Sicht ist es daher sinnvoll, zunächst eine jährliche Kontrolle der Abdichtung durchzuführen, nach einem längeren Zeitraum kann die Pause zwischen zwei Kontrollmessungen jedoch durchaus verlängert werden.

8 Grenzen

Beim Einbau eines Dichtungskontrollsystems sind bisher kaum Grenzen bekannt. Solange die Witterungs- und Einbaubedingungen die Installation von Kunststoffdichtungsbahnen zulassen, solange kann auch ein Dichtungskontrollsystem eingebaut werden.

Auf die Standsicherheit des Gesamtabdichtungssystems haben Dichtungskontrollsysteme keine bisher bekannten Auswirkungen.

Bei der Installation der Sensoren ist die Einmessung der Sensoren für eine ausreichende Ortungsgenauigkeit maßgebend. Daher sind an die Einmessung der Sensoren ausreichende Anforderungen zu stellen.

Bei den Messungen ist zu beachten, dass Dichtungskontrollsysteme keine „Loch-Such-Maschinen“ sind, sondern Leckageortungssysteme. Ein Loch, durch das kein elektrischer Schluss zustande kommt, kann nicht geortet werden. Darauf ist besonders bei der Herstellung von Testleckagen zur Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems zu achten.

Es kann vorkommen, dass die Schichten, in denen sich die Sensoren bzw. die Spannungsgeber befinden, während des Einbaus bzw. zum Zeitpunkt der Messungen durch eine lange Trockenperiode nahezu ausgetrocknet sind. Während der Bauphase ist dies bei Messungen und Funktionsprüfungen zu berücksichtigen. Es kann in diesem Fall notwendig sein, die Flächen abschnittsweise zu bewässern oder ein Regenereignis abzuwarten.

Bei späteren Messungen werden sich unter- und oberhalb der Kunststoffdichtungsbahnen relativ homogene Feuchtigkeitsverhältnisse eingestellt haben, so dass die Dichtungskontrollsysteme für die Messungen ausreichende Feuchteverhältnisse haben dürften.

An ihre Grenzen stoßen Dichtungskontrollsysteme in Randbereichen, die Randumläufigkeiten verursachen und in Bereichen mit elektrisch leitfähigen Bauwerken oder Bauteilen. In diesen Bereichen ist die Leckageortung sehr schwierig, da diese Randumläufigkeiten oder elektrisch leitfähigen Bauteile per se einen elektrischen Schluss durch die Kunststoffdichtungsbahnen oder am Rand der Abdichtungsfläche herstellen. Jedoch können diese Probleme mit technischen Hilfsmitteln heutzutage relativ gut bewältigt werden.

9 Zusammenfassung

Wie die vorgenannten Ausführungen zeigen, sind Dichtungskontrollsysteme an die verschiedensten Anwendungen und Ausführungen einer Deponieoberflächenabdichtung ohne großen Aufwand anzupassen.

In einigen Fällen ist der Einsatz eines Dichtungskontrollsystems als Alternative zur mineralischen Dichtung denkbar und auch bereits ausgeführt, jedoch ist für jeden Deponiestandort und für sämtliche vorherrschenden Bedingungen eine Einzelfallbetrachtung heranzuziehen.

In bezug auf die Lebensdauer der erdgebundenen Komponenten lässt sich heute sagen, dass die eingesetzten Materialien eine ausreichende Lebensdauer unter den zu erwartenden Umständen erreichen können.

10 Literatur

[1] Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien (Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS), herausgegeben von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Labor IV.32; 1. Auflage November 2000)