

Gutachten Nr.: 49071/02-F

Auftraggeber: Sensor DKS GmbH i.G.
Leipziger Straße 27
09648 Mittweida

Auftrag: Erstellung eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens für das Dichtungskontrollsystem (DKS) „SENSOR DDS®“ nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) „Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien“

Schreiben vom: 2002-05-17 **Zeichen:** S. Schwöbken

Probeneingang: - **Probenentnahme:** -

Prüfzeitraum: 2002-05-17 bis 2003-10-31

Das Gutachten umfasst 25 Seiten und 2 externe Dokumente.

Würzburg, 2007-10-23
De/mo

i. V. 
Dr. Anton Zahn



i. V. 
Dipl.-Ing. Udo Dengel

Die ungekürzte oder auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung und Übersetzung dieses Berichtes zu Werbezwecken bedarf der schriftlichen Genehmigung der SKZ - TeConA GmbH. Die Ergebnisse beziehen sich auf die geprüften Produkte. Die Akkreditierungen gelten nur für die in den Urkunden aufgeführten Normen und Verfahren, die im Internet unter www.skz.de eingesehen werden können.

1 Auftrag

Der Rechtsvorgänger vom Auftraggeber beauftragte die SKZ - TeConA GmbH am 17. Mai 2002 mündlich mit der Erstellung eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens für das Dichtungskontrollsystem (DKS) „SENSOR DDS®“ nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) „Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien“.

Gegenstand der Überprüfung waren die technischen Anforderungskriterien Leistungsfähigkeit, Systemverträglichkeit, herstellerunabhängiger Betrieb und Wartung sowie Selbsttestfähigkeit, welche gemäß Tabelle 1 der Empfehlungen des AKDKS von der SKZ - TeConA GmbH im Rahmen eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens beurteilt werden müssen.

Die Beurteilung erfolgte nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) „Anforderungen an DKS in Oberflächenabdichtungen von Deponien“ - 1. Auflage November 2000 - (herausgegeben durch das Labor IV.32, Deponietechnik, der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung).

Die Betrachtung der Online-Monitoring-Variante des Systems, bei dem eine permanente Messung und ggf. Datenfernübertragung stattfindet, war nicht Bestandteil des Auftrages.

2 Unterlagen

Für die Erstellung des Gutachtens wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Systembeschreibung für das Elektronische Leckage-Erkennungs- und -Ortungssystem SENSOR DDS®, Stand Mai 2003, erstellt durch den Rechtsvorgänger vom Auftraggeber
- Technisches Informationsmaterial des Rechtsvorgängers vom Auftragnehmer, verschiedene Jahrgänge
- Projektberichte 3 vom 20. Juni 2002 und 6 vom 5. Mai 2003 des Ingenieurbüros Schicketanz zum Projekt Deponie Nonnenwühl (externe Dokumente 1 und 2)



- Gebrauchsanweisung SENSOR DDS REC Version 4.1
- Gebrauchsanweisung SENSOR DDS TRM Version 8.0
- Beschreibung der Software SENSOR DDS
- Beschreibung der Leckageortung mit Surfer-Software
- Beschreibung der Bearbeitung der Excel-Dateien
- Beschreibung Vorgehensweise bei Messungen mit der Mess- und Auswerteeinheit SENSOR DDS P.M.S.
- Flow-charts für die verwendeten Komponenten der Auswerteeinheit

3 Aufbau und Messprinzip des Dichtungskontrollsystems „SENSOR DDS®“

Das Dichtungskontrollsystem „SENSOR DDS®“ (Damage Detection System) wird von der Firma Sensor DKS GmbH i.G., Mittweida, angeboten.

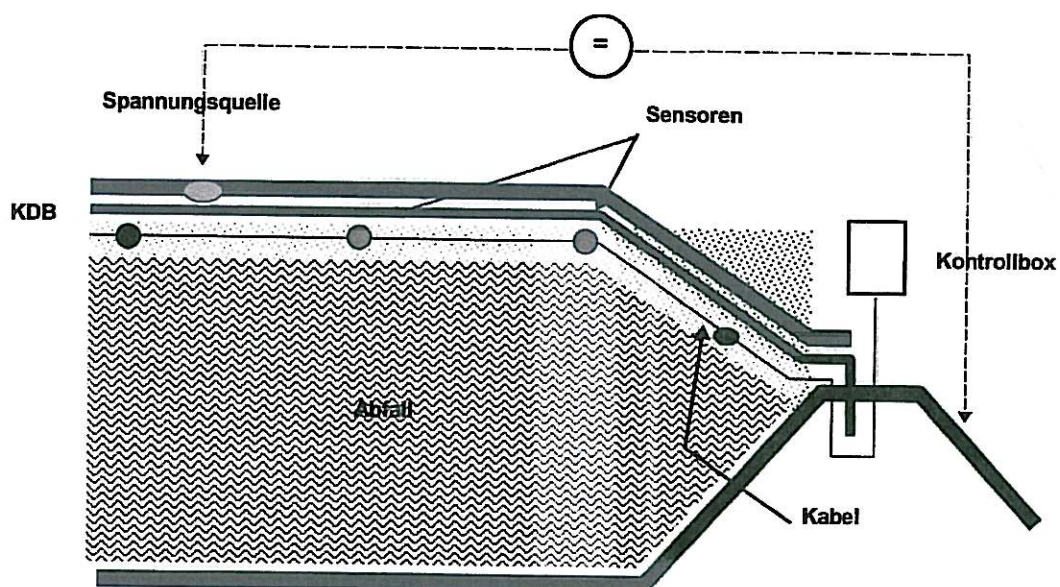


Bild 1: Prinzipielle Darstellung des Aufbaus des Dichtungskontrollsystems „SENSOR DDS®“



Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Monitoring-Systems. Unterhalb einer Konvektionssperre (in der Regel eine Kunststoffdichtungsbahn (KDB) aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD)) sind rasterförmig Sensoren installiert, die der Messung des elektronischen Potentials dienen. Jeder dieser stabförmigen Sensoren ist durch ein eigenes Kabel mit der Kontrollbox verbunden.

Oberhalb der Abdichtungslage sind in regelmäßigen Abständen Spannungsgeber - meist in der Rekultivierungsschicht - installiert, über die oberhalb der Abdichtungslage ein homogenes elektrisches Feld erzeugt werden kann. Auch die Spannungsgeber sind jeweils durch ein eigenes Kabel mit der Kontrollbox verbunden.

Beim Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden (Spannungsgeber) und den weit entfernten Erdern (Fernelektroden) wirkt die Anordnung in Verbindung mit der feuchten Umgebung oberhalb und unterhalb der Kunststoffdichtungsbahn wie ein Kondensator, dessen Isolator die Dichtungsbahn bildet.

Im Einzelnen läuft eine Messung wie folgt ab:

- Die Potentiale zwischen zwei benachbarten Sensoren werden gemessen (1. Messung).
- Es wird oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn über die Spannungsgeber eine definierte Spannung aufgelegt. Dadurch entsteht ein homogenes elektrisches Feld oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn.
- Die Potentiale zwischen jeweils zwei benachbarten Sensoren werden parallel dazu erneut gemessen (2. Messung).
- Dieser Vorgang wird nacheinander für alle Sensoren durchgeführt.
- Die Differenzen der Potentiale mit angelegter Spannung und ohne angelegte Spannung werden ermittelt.



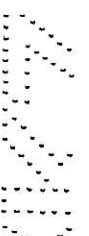
Im Falle einer Beschädigung kommt es durch diffundierende Ladungen zu einem Stromfluss an der Leckage von oben nach unten, durch den sich das Potentialfeld auf beiden Seiten der Dichtungsbahn ändert. Die Meßsensoren unterhalb der Kunststoffdichtungsbahn registrieren durchgehend die lokale Potentialverteilung, indem jeweils zwischen zwei benachbarten Sensoren die Spannung bzw. Potentialdifferenz gemessen wird. Gleichzeitig geben die Spannungsgeber kurze Spannungsimpulse auf die Oberseite der Dichtungsbahn und verändern die Potentialverteilung in der Umgebung der Fehlstelle. Die Sensoren in der Nähe des Lochs messen ein erhöhtes Potential, woraus die Lage der Fehlstelle berechnet werden kann. Da die Stromstärke und mit ihr die Veränderung des Potentialfeldes mit zunehmender Entfernung von der Leckage abnimmt, kann aus der Höhe der Potentialdifferenzen zwischen der 1. und 2. Messung die Position der Leckage geortet werden.

Ein Wasserfluss durch die Leckage ist im Normalfall nicht notwendig. Dennoch ist bei der Einbringung von Löchern im Rahmen von Leckageversuchen darauf zu achten, dass keine zusätzlichen Hohlräume unter- bzw. oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn z. B. durch das Einrammen oder Herausziehen von Stangen entstehen und so als zusätzliche elektrische Isolatoren wirken. Gegebenenfalls kann hier durch die Zugabe einer geringen Menge von Wasser der Kontaktschluss wiederhergestellt werden.

Bei dem beschriebenen System lässt sich mit Hilfe sogenannter Dummie-Sensoren ein Loch in der Kunststoffdichtungsbahn simulieren. Dieser Vorgang lässt sich beliebig häufig im Rahmen der routinemäßigen Funktionstauglichkeitsüberprüfung wiederholen.

Die umgekehrte Anordnung von Elektroden und Spannungsgebern, d.h. eine Verlegung der Elektroden oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn, ist möglich. Der Spannungsgeber muss dann vorab im Auflager für die Kunststoffdichtungsbahn angeordnet werden.

Bei großen zu kontrollierenden Flächen wird in der Regel die Abdichtungsfläche in Teilflächen (ca. 10.000 m²) eingeteilt, für die unabhängig voneinander die Messungen durchgeführt werden können.



4 Beschreibung der Systemkomponenten des Dichtungskontrollsystems „SENSOR DDS®“

4.1 Erdgebundene Komponenten

Erdgebundene Komponenten sind dauerhaft unter bzw. in einem Dichtungssystem installiert. Der Zugriff (Austausch, Reparatur, Wartung) nach der Fertigstellung des Abdichtungssystems ist im Normalfall nur mit sehr großem technischen Aufwand möglich.

Das Dichtungskontrollsystem „SENSOR DDS®“ weist folgende erdgebundene Komponenten auf:

- Stabsensoren
- Kabel
- Spannungsgeber und Fernelektrode
- Kontrollboxen

4.1.1 Stabsensoren

Die Sensoren bestehen aus einem Vollstab aus leitfähigem Polyethylen mit einseitiger axialer Bohrung, in die das Kabel eingesteckt und mit Hilfe einer speziell entwickelten Schweißmaschine (Bild 2) mit dem Kabel verschweißt werden (Bild 3).



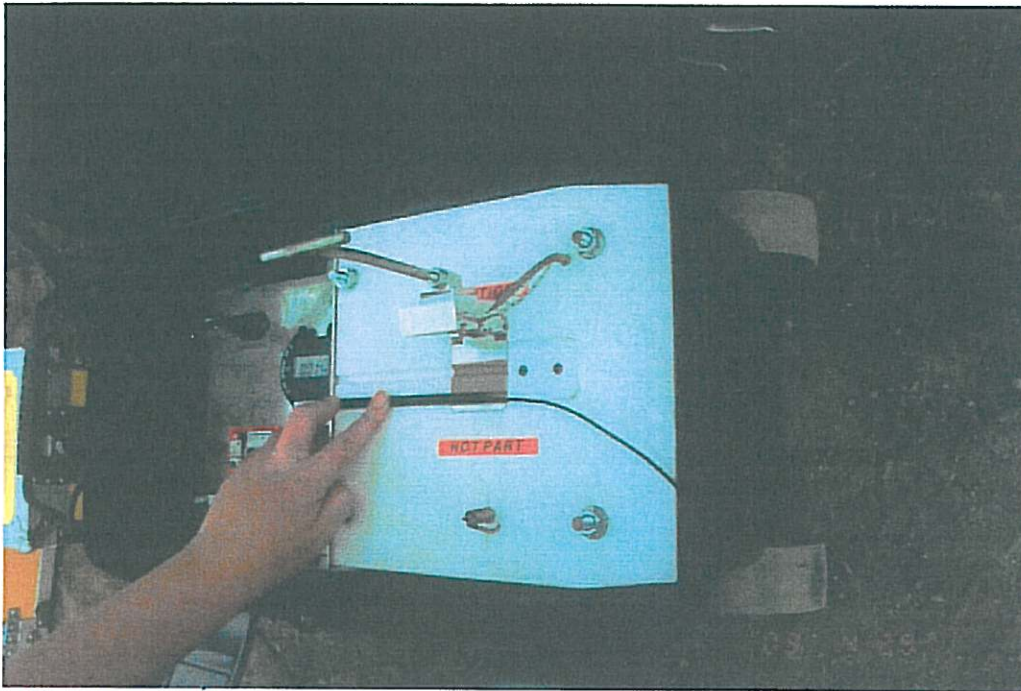


Bild 2: Schweißgerät zum Verbinden von Stabsensoren mit dem Kabel



Bild 3: PE-Sensor mit eingeschweißtem PE-Kabel

Der Rasterabstand zwischen den Sensoren beträgt in der Regel 8 m x 8 m. Im Randbereich oder in gefährdeten Bereichen wird das Rastermaß entsprechend verringert.

Zur Fixierung der Position der Sensoren werden diese komplett in die Stützschiicht eingegraben (Bild 4).



Bild 4: Eingraben eines Stabsensors in die Stützschiicht der KDB

4.1.2 Kabel

Die Kabel des Systems „SENSOR DDS® MEDIUM“ bestehen aus zwei Kupferdrähten und drei Stahldrähten, die von einem Mantel aus Polyethylen umgeben sind.

Die Kupferdrähte dienen der Übertragung des Messsignals. Die Stahldrähte erhöhen die Zugfestigkeit des Kabels.

Die flexiblen Kabel werden in der Regel locker verlegt (Bild 5), um örtliche Dehnungen zu verhindern, welche z.B. durch lokale Setzungen entstehen könnten.



Die Kabel verbinden die Sensoren, Spannungsgeber und Fernelektroden mit den Kontrollboxen.

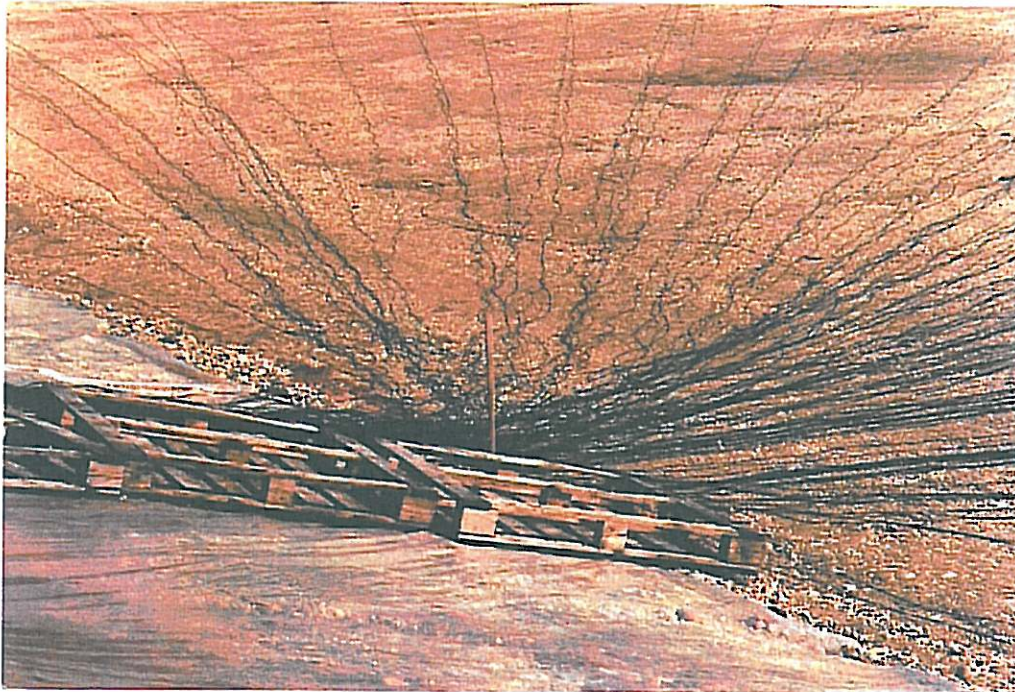


Bild 5: sternförmig verlegte Kabel

4.1.3 Spannungsgeber und Fernelektrode

Die Spannungsgeber und Fernelektroden (Bild 6) bestehen aus einer Edelstahlplatte mit den Abmessungen von ca. 200 mm x 30 mm, die mit dem Kabel verbunden werden. Die Verbindung wird zusätzlich mit einem Schrumpfschlauch umhüllt.





Bild 6: Spannungsgeber (Bildmitte) vor der Installation

Die Spannungsgeber werden oberhalb der Abdichtungslage in einem Abstand von ca. 40 m installiert.

Die Fernelektrode wird in der Regel bis zu 100 m entfernt vom Messabschnitt im Boden vergraben. Die Fernelektroden können dauerhaft oder temporär (nur für die Messung) installiert sein bzw. werden.

Die Spannungsgeber und Fernelektroden sind einzeln über Kabel mit den Beobachtungszentralen verbunden.

4.1.4 Kontrollboxen

Bei den Kontrollboxen (Bild 7) handelt es sich um marktübliche Hausanschlusssäulen vom Typ AS 115 der Fa. Geyer mit einer Höhe von 115 cm, welche nach Installation ca. 60 cm in das vorhandene Gelände eingegraben sind. Der Außendurchmesser beträgt ca. 36 cm.



Die Säulen sind spritzwassergeschützt (Schutzart IP 44) und mit einem Zylinderschloss gegen unberechtigten Zugriff geschützt.



Bild 7: Funktionsprüfung der Einzelkabel vor dem Einziehen des Kabelstranges in die Kontrollbox (liegend)

4.2 Messeinheit zur Erfassung der Messdaten

Die Messeinheit „SENSOR DDS® P.M.S.“ besteht aus vier einzelnen Komponenten:

- Notebook
- Empfänger „SENSOR DDS® REC“
- Spannungserzeuger „SENSOR DDS® TRM“
- Akkumulatoren, 12 V

4.2.1 Notebook

Das Notebook (Bild 8) übernimmt mit der Software „SENSOR DDS®“ bei den Messungen die Ansteuerung der Sensoren und die Weiterschaltung für die weiteren Messvorgänge. Außerdem werden im Notebook die Messdaten erfasst, gefiltert, archiviert und ausgewertet.



Bild 8: Notebook zur Erfassung der Messdaten

4.2.2 Empfänger „SENSOR DDS® REC“

Über den Empfänger „SENSOR DDS® REC“ werden die Daten gemessen und an das Notebook weitergeleitet (Bild 9). Der Empfänger verfügt über einen eigenen 12 V-Akkumulator.

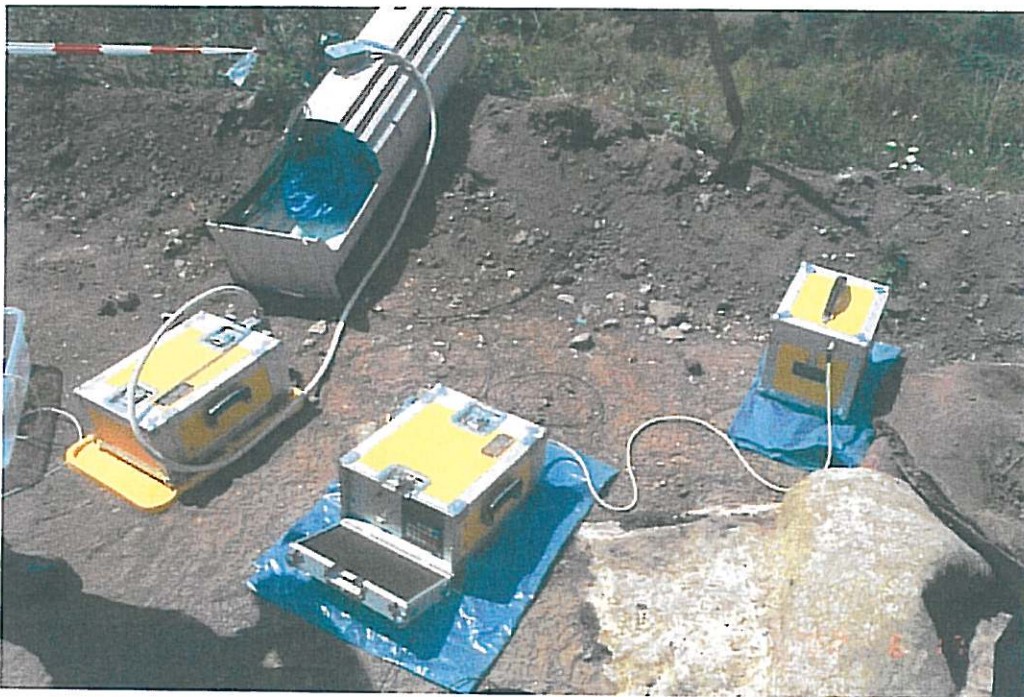


Bild 9: Empfänger „SENSOR DDS® REC“ (links),
Spannungserzeuger „SENSOR DDS® TRM“ (Mitte) und
Akkumulator (rechts)

4.2.3 Spannungserzeuger „SENSOR DDS® TRM“

Über den Spannungserzeuger (Bild 9 und 10) wird die entsprechende Spannung auf die Spannungsgeber aufgebracht. Im Spannungserzeuger wird die Größe der Spannung auf die Randbedingungen für die Messung eingestellt.



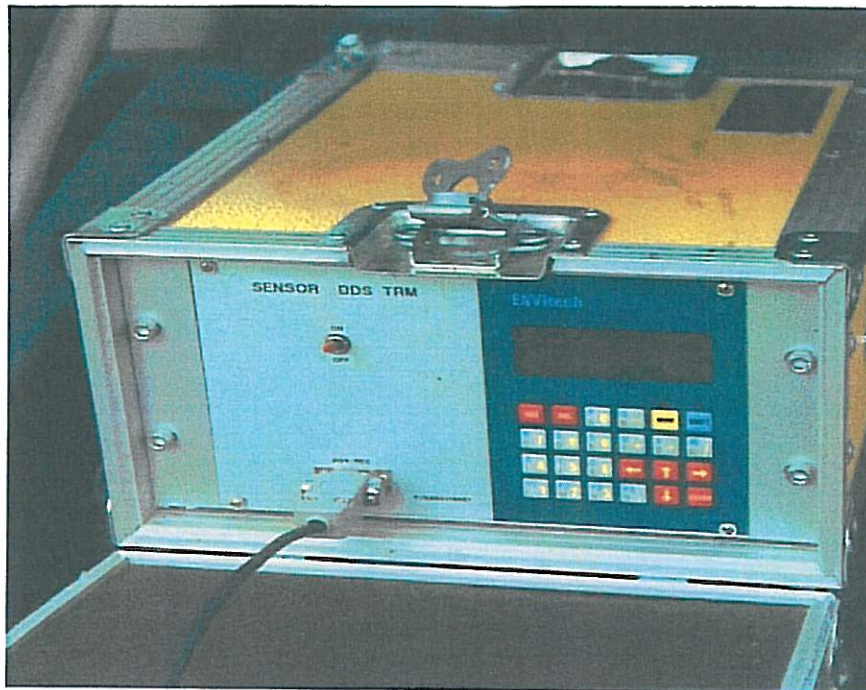


Bild 10: Spannungserzeuger „SENSOR DDS® TRM“

4.2.4 Akkumulator

Der 12 V-Akkumulator speist den Spannungserzeuger extern (Bild 9).

4.3 Einheit zur Auswertung der Messdaten mit der entsprechenden Software

Die Auswerteeinheit besteht aus dem Notebook der Messeinheit mit der installierten Software. Hier werden während der Messung die Messdaten erfasst und archiviert.

Mit dem Tabellenkalkulationsprogramm „Microsoft® Excel“ und der Kontur-Software „Surfer“ der Fa. Sientific Solutions SA. werden die Messdaten aufbereitet und in eine grafische Form gebracht.

Dabei werden Ergebnisplots zur Ortung von Leckagen in der Regel in einer 2D-Darstellung erzeugt.



5 Beurteilung der Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit von Dichtungskontrollsystemen wird gemäß den Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) durch deren Ortungsgenauigkeit und technischer Nachweisschwelle bestimmt.

Der Nachweis, dass das System „SENSOR DDS®“ die objektiven Leistungskriterien erfüllt, welche im Abschnitt 2.3 der AKDKS-Empfehlung für Konvektionssperren - wie z.B. Kunststoffdichtungsbahnen - festgelegt sind, wurde im Rahmen der Begleitung des Probefeldes der Deponie Nonnenwühl bei Speyer im Zeitraum von Juni 2002 bis Mai 2003 projektunabhängig erbracht. In Abstimmung mit der projektbezogenen, kunststofftechnischen Fremdprüfung durch das Ingenieurbüro Schicketanz, Aachen, wurde der Ablauf von Leckageversuchen auf zwei Versuchsfeldern vorab festgelegt und fachtechnisch begleitet. Der Ablauf und das Ergebnis der Überprüfung der Versuchsfelder sind in den Projektberichten 3 vom 20. Juni 2002 und 6 vom 5. Mai 2003 des Ingenieurbüros Schicketanz (externe Dokumente 1 und 2) zusammengefasst.

Die festgestellte Ortungsgenauigkeit lag beim Versuchsfeld I (Juni 2002) bei ca. 20 cm (Testleckage 1) bzw. ca. 50 cm (Testleckage 2) sowie beim Versuchsfeld II (April 2003) bei ca. 30 cm. Zwei der detektierten Löcher hatten jeweils einen Durchmesser von ca. 5 mm (entspricht einer Fläche von ca. 20 mm²), ein Loch, welches mit Hilfe einer Eisenstange eingestoßen wurde, einen Durchmesser von ca. 11 mm.

Die beim o.g. Projekt verwandte Stützschiicht wies eine Mächtigkeit von 0,2 m und eine Körnung von 0/8 mm auf. Über die Durchlässigkeit des Auflagers für die Kunststoffdichtungsbahn lagen keine Angaben vor. Der tatsächliche k_f -Wert dürfte jedoch deutlich größer als der in den AKDKS-Empfehlungen geforderte Wert ($< 1 \times 10^{-6}$ m/s) sein.

Der relativ trockene Einbauzustand und die erhöhte Durchlässigkeit müssten nach unserer Einschätzung eher erschwerend auf die Messungen ausgewirkt haben.



Da auch die sonstigen Rahmenbedingungen (lange niederschlagsfreie Zeitspanne, trockene Deckschichten) ungünstig waren, musste bei der Funktionsprüfung teilweise künstlich bewässert werden, um die eingebrachten Leckagen detektieren zu können.

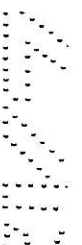
Das Probefeld II auf der o.g. Baustelle wurde in der spätere Oberflächenabdichtung integriert, d.h. nicht mehr zurückgebaut.

Darüber hinaus wurde die Leistungsfähigkeit auch bereits im Jahr 1999 im Rahmen der eigentlichen Abdichtungsmaßnahme auf der Deponie Raindorf nachgewiesen.

6 Beurteilung der Systemverträglichkeit

Das Dichtungskontrollsystem „SENSOR DDS[®]“ lässt sich in den Dichtungsaufbau ohne Einbußen bei der Qualität anderer Abdichtungskomponenten integrieren.

Die Verlegung der Kabel kann entweder lose auf der Stützschiicht (Bild 11) oder durch Eingraben in die Oberfläche der Stützschiicht erfolgen. Bei beiden Varianten ist die Verlegerichtung nur durch den Bauablauf vorgegeben. Sie kann sternförmig erfolgen, d.h. auf kürzestem Weg zwischen Sensor und Kontrollbox, wenn die Stützschiicht in entsprechender Fläche vorbereitet wurde. Bei der sukzessiven Fertigstellung der mineralischen Stützschiicht und der Kunststoffdichtungsbahn erfolgt im Normalfall eine Verlegung in Fallrichtung parallel zur Kante der Kunststoffdichtungsbahn. Speziell bei strukturierten Dichtungsbahnen kann es notwendig sein, die Kabel in der Stützschiicht gegen ein Verziehen zu schützen, um die Lage der Kabel zu gewährleisten und keine Zugkräfte auf die Kabel und Sensoren durch das Positionieren der KDB zu verursachen. Hierbei empfiehlt sich die Zuleitungen zu übereinander angeordneten Sensoren parallel nebeneinander anzuordnen, um diese in einen gemeinsamen Schlitz in der Stützschiicht einzugraben (Bild 12). Hierdurch wird der Aufwand für das Eingraben minimiert.



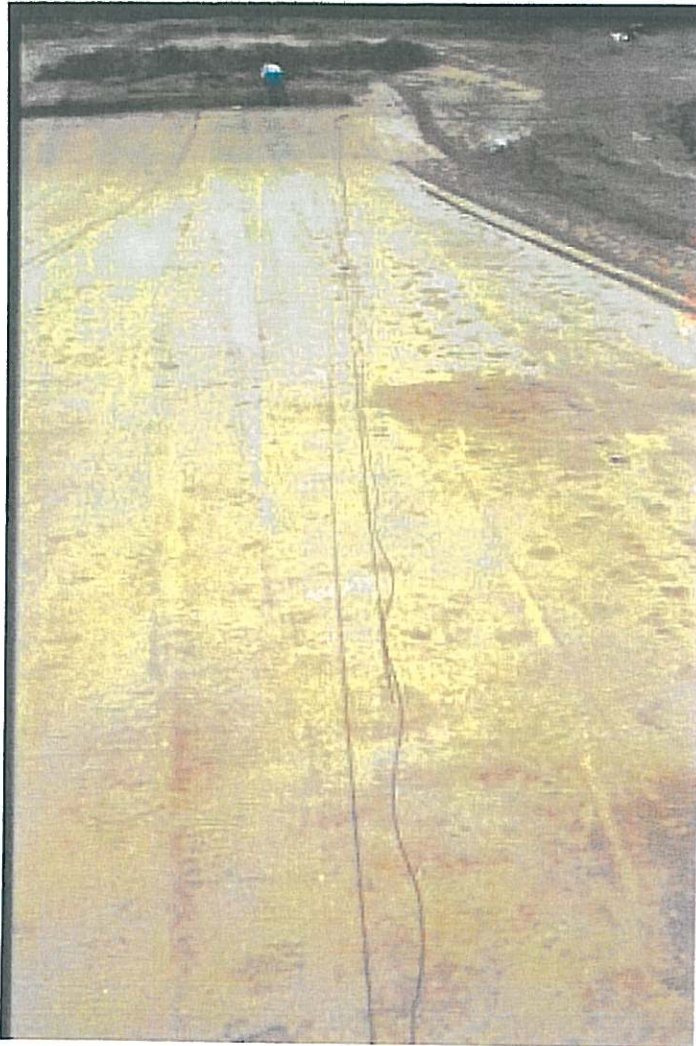


Bild 11: lose verlegte Kabel

49071/02-F



Bild 12: Eingraben eines Kabelstrangs

Die stabförmigen Sensoren werden mit Hilfe von Kleinwerkzeugen (z.B. Schraubendreher oder dgl.) in die Stüttschicht eingegraben (Bild 4). Deren Oberfläche wird anschließend durch manuelles Verdichten und Glätten bzw. maschinelles Abwalzen wiederhergestellt.

Die Verbundwirkung der Abdichtungskomponenten und die Langzeit-Standsicherheit des Gesamtsystems werden aufgrund der geringen Abmessungen der Systemkomponenten (insbesondere des geringen Kabeldurchmessers von 2,5 mm) praktisch nicht beeinträchtigt. Auf einen speziellen Nachweis kann deshalb verzichtet werden.



Die Konstruktion und die modulartige Bauart ermöglichen den Betrieb voneinander unabhängigen Teilabschnitten (vgl. Abschnitt 3).

Lose verlegte Kabel drücken sich bei Auflast in die nachgiebige Stützschiicht ein, so dass die Kunststoffdichtungsbahn nicht lokal gedehnt bzw. linienförmig beansprucht werden kann. Andersherum ist eine Gefährdung eines ungeschützten, lose verlegten Kabels durch eine strukturierte Kunststoffdichtungsbahn aufgrund der gleichartigen Materialien ausgeschlossen.

Für die Qualität und Durchlässigkeit der Stützschiicht bzw. der mineralischen Abdichtung stellen die „Fremdkörper“ Kabel und Sensor aufgrund der großen zulässigen Dickentoleranzen und der guten Einbettung kein Problem dar.

Eine Befestigung der Systemkomponenten auf der Kunststoffdichtungsbahn oder einem Vlies ist nicht vorgesehen.

Durchdringungen der Kunststoffdichtungsbahnen wurden bisher nicht installiert. An allen Referenzobjekten wurden die Kabel ausschließlich am Randbereich unter der KDB aus der abzudichtenden Fläche herausgezogen und anschließend Richtung Kontrollbox weiterverlegt. Dies ist insbesondere durch die flexiblen Kabel leicht möglich. Gegebenenfalls ist der Einsatz von Kabelleerrohren und Trassierbändern zum Schutz der Kabel notwendig.

Kunststoffgerecht konstruierte Standard-Durchdringungsbauwerke aus PE-HD, welche eine fachgerechte Verschweißung mit der zu durchdringenden Kunststoffdichtungsbahn ermöglichen, waren nicht Bestandteil dieser Beurteilung.

7 Beurteilung von herstellerunabhängigem Betrieb und Wartung

Eine entscheidende Voraussetzung für den herstellerunabhängigen Betrieb ist die Einhaltung der Anforderungen des Abschnittes 7 „Technische Dokumentation“ der AKDKS Empfehlungen. Diese wird im Rahmen des projektunabhängigen Eignungsgutachtens von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung beurteilt.



Der Betrieb des Dichtungskontrollsystems „SENSOR DDS[®]“ durch den Deponiebetreiber bzw. durch einen von ihm beauftragten Dritten ist nach gründlicher Schulung und Übergabe einer Betriebsanleitung und der sonstigen technischen Dokumente an den Auftraggeber möglich. Die Abläufe und Tätigkeiten bei Messungen sind im Rahmen einer Einweisung durch den Hersteller des Systems von einem technischen Mitarbeiter (z.B. Betriebs-elektriker) mit EDV-Kenntnissen erlernbar.

Da jedoch die Auswertung und Deutung der ermittelten Messdaten - wie bei sehr vielen technischen Prozessen - ein gewisses Maß an Erfahrungen und Routine beim Betrieb des Systems voraussetzen, ist es - trotz der Tatsache dass das System im Prinzip hersteller-unabhängig betrieben werden kann - empfehlenswert mit dem Hersteller einen langfristigen Dienstleistungsvertrag über Wartung und Betrieb des Systems abzuschließen oder zumindest in regelmäßigen Abständen (z.B. drei bis fünf Jahre) eine Kontrollmessung und Wartung durch den Hersteller durchführen zu lassen. So können auch neuere Erkenntnisse und Erfahrungen beim Betrieb des Systems vom Hersteller auf das Bedienpersonal und umgekehrt in einer Art Erfahrungsaustausch weitergegeben werden.

Das vom Hersteller empfohlene Wartungsintervall von 1 Jahr scheint vor dem Hintergrund der Nutzungshäufigkeit und -dauer als ausreichend gewählt zu sein. Gleiches gilt für den Umfang der Wartungsarbeiten.

Der herstellerunabhängige Betrieb, bei welchem dem Deponiebetreiber neben den festinstallierten, erdgebundenen Komponenten auch die Messeinheit zur Erfassung und Auswertung der Daten zur Verfügung gestellt und übereignet wird, wurde im Rahmen dieses projektunabhängigen Gutachtens nicht überprüft.

Die Beurteilung des Permanentmessbetriebes war nicht der Bestandteil dieses Gutachtens. Dementsprechend liegen keine Erfahrungen zur Meldung von Betriebsstörungen für diesen Betriebsart vor.



Offensichtliche Betriebsstörungen, wie der Ausfall der Anzeige von Spannungserzeuger, Empfänger und Notebook sowie fehlende Verbindungen (Kabel, Optokoppler) können vom Bedienpersonal bei der Messung rasch erkannt werden. Bei andersartigen Störungen sollte der Hersteller zu Rate gezogen werden.

Auf eine Hilfestellung bei der Analyse der Störungen wird seitens des Herstellers verzichtet, da es nur zwei Fälle gibt:

- Hat der Sensor Kontakt, kann der Messwert dieses Sensors herangezogen werden für die Auswertung.
- Auf die Nutzung des Messwertes sollte verzichtet werden, falls kein guter Kontakt herrscht (vgl. auch Abschnitt 8, 2. Absatz).

Der Hersteller verzichtet auf eine weitere Aufzählung von möglichen Fehlerquellen bzw. eine Fehlerdiagnosehandbuch, da nach seinen Angaben in der langjährigen Nutzung der eingebauten Systeme keine andersartigen Fehler aufgetreten sind. Dies ist vor dem Hintergrund des einfachen Aufbaus insbesondere der erdgebundenen Komponenten nachzuziehen.

Einen Schutz gegen Totalausfall ist nicht explizit vorgesehen und ist nach unserer Einschätzung auch nicht dringend erforderlich, da sich der Ausfall im Normalfall auf einzelne Systemmodule bzw. dem Ausfall der Stromversorgung der Messeinheit beschränken wird und durch Austausch bzw. Neuinstallation behoben werden kann. Jedoch wird die Sicherung der Daten und Software auf einem zusätzlichen Datenträger bzw. Laptop empfohlen. So kann auch bei einem Totalausfall des Notebooks einfach mit einem anderen Notebook die Messung und Auswertung durchgeführt werden.

Durch die modularartige Bauart mit rasterförmig angeordneten Sensoren erlaubt den Betrieb von einander unabhängigen Teilabschnitten (vgl. Abschnitte 3 und 6). Dies beschränkt im Falle eines eventuellen Ausfalls die Flächengröße und damit das Risiko eines Totalausfalls.



Aufgrund der hohen Messempfindlichkeit sowie der Anzahl der Sensoren und des gewählten Rasterabstandes ist im Fall eines Ausfalls eines Sensors gewährleistet, dass weder die geforderte technische Nachweisschwelle noch die Ortungsgenauigkeit unzulässig beeinträchtigt wird. Es handelt sich somit um eine redundante Anordnung der erdgebundenen Sensoren. Der Nachweis, dass beim Ausfall eines Sensors die geforderte Leistungsfähigkeit noch erreicht wird, erfolgte im Rahmen der Fremdprüfung bei der Herstellung der Oberflächenabdichtung der Deponie Raindorf.

Da jeder Sensor einzeln mit einem Kabel mit der Kontrollbox verbunden ist, hat der Bruch einzelner, erdgebundener Komponenten keinen Einfluss auf andere Teilabschnitte. Der Ausfall von Sensoren beeinflusst die Funktions- und Leistungsfähigkeit des Systems in anderen Teilabschnitten nicht.

8 Beurteilung der Selbsttestfähigkeit

Das System „Sensor DDS[®]“ weist verschiedene Möglichkeiten des Selbsttests auf.

Ein erster Selbsttest erfolgt bei der Funktionsprüfung der Sensoren (Bild 8). Diese kann zum einen „manuell“ mit einem Multimeter erfolgen, wobei über eine Widerstandsmessung der elektrische Kontakt jedes einzelnen Kabels zum jeweiligen Sensor überprüft wird. Des Weiteren kann die Messung mit der Messeinheit „SENSOR DDS[®] P.M.S.“ erfolgen, wobei der Transmitter ausgeschaltet bleibt. In beiden Fällen wird quasi spannungslos gemessen. Bei der Bildung der Differenz dieser beiden Messungen haben sich nach Angaben des Herstellers in der langjährigen Praxis zwei Zustände gezeigt: Ein intakter Sensor incl. Kabel weist einen Wert nahe Null, während ein Sensor ohne Kontakt einen Wert > 20 mV anzeigt. Diese Selbsttestfunktion sollte vor jeder Kontrolle der Konvektionssperre durchgeführt werden.

Beide Arten des Selbsttests wurde im Rahmen des projektunabhängigen Nachweises demonstriert.



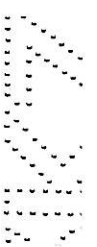
Eine zweite Möglichkeit des Selbsttests ergibt sich aus der Installation von sogenannten „Dummy-Sensoren“. Hierbei handelt es sich um die üblichen Stabsensoren, welche in gleicher Art und Weise unter und oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn verlegt werden. Über den elektrischen Kurzschluss zwischen den Dummies kann die Spannung, die am oberen Dummy ankommt auf den unteren Dummy übertragen werden und ist dort als Anomalie in den Messwerten erkennbar. Durch Kurzschließen der Dummies kann der Auftraggeber bzw. Hersteller somit jederzeit die Funktion des Systems kontrollierten. Diese Art des Selbsttests wurde im Rahmen des projektunabhängigen Nachweises nicht demonstriert.

9 Überprüfung der Anwendbarkeit der Dokumentation des Herstellers

Die vom Hersteller übergebenen Dokumente (vgl. Abschnitt 2) wurden auf ihre Anwendbarkeit in der Praxis geprüft.

Die vorgelegten Gebrauchsanweisungen und Beschreibungen sind in einfacher, verständlicher Form abgefasst, so dass die Nutzung nach einer erfolgten persönlichen Einweisung durch das Bedienpersonal des Auftraggebers möglich ist.

Gegebenenfalls muss die Überprüfung der Anwendbarkeit der Dokumentation nach der Prüfung auf Vollständigkeit noch ergänzt werden.



10 Zusammenfassung

Die Beurteilung der Eignung des Dichtungskontrollsystems „SENSOR DDS®“ erfolgte nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) „Anforderungen an DKS in Oberflächenabdichtungen von Deponien“ - 1. Auflage November 2000 - (herausgegeben durch das Labor IV.32, Deponietechnik, der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung).

Das untersuchte System erfüllt im Hinblick auf die Ortungsgenauigkeit und technische Nachweisschwelle die Anforderungen der Empfehlungen des AKDKS.

Die erdgebundenen Bestandteile von „SENSOR DDS®“ sind in den Dichtungsaufbau ohne Einbußen bei der Qualität anderer Abdichtungskomponenten integrierbar.

Herstellerunabhängiger Betrieb und Wartung sind prinzipiell möglich, wenn projektbezogen eine technische Dokumentation entsprechend Abschnitt 7 der AKDKS Empfehlungen vorgelegt wird und eine gründliche Schulung bzw. Einweisung des Bedienpersonals erfolgt.

Die Funktionsfähigkeit des Systems kann über verschiedene Möglichkeiten des Selbsttests überprüft werden.

Die übergebene, projektunabhängige Dokumentation des Herstellers kann im Rahmen der Nutzung des Dichtungskontrollsystems einfach angewendet werden.



11 Gutachtliche Stellungnahme

Im Rahmen dieses projektunabhängigen Gutachtens wurde die Eignung des Dichtungskontrollsystem (DKS) „SENSOR DDS®“ der Fa. Sensor DKS GmbH i.G. im Hinblick auf die Erfüllung der technischen Anforderungskriterien Leistungsfähigkeit, Systemverträglichkeit, herstellerunabhängiger Betrieb und Wartung sowie Selbsttestfähigkeit der Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) „Anforderungen an DKS in Oberflächenabdichtungen von Deponien“ - 1. Auflage November 2000 - nachgewiesen.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse bestehen unsererseits bezüglich der untersuchten technischen Anforderungskriterien keine Bedenken gegen den Einsatz des Systems in Oberflächenabdichtungen von Deponien.

12 Besonderer Hinweis

Das vorliegende Gutachten wurde im Hinblick auf die Erstellung eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung erstellt.

