



BAM

**Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung**

Hinweise zu den Prüfungen B18: Mai 2012

**Funktionsprüfung von Dichtungskontrollsystemen
für Konvektionssperren mittels Testleckagen**

herausgegeben vom
Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“

Die *Hinweise zu den Prüfungen* und die Richtlinie für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen für Deponieoberflächenabdichtungen sowie Listen zugelassener Dichtungskontrollsysteme, weiterer auf der Grundlage der Deponieverordnung zugelassener Produkte und Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe können als pdf-Dateien von der Internetseite der BAM unter: www.bam.de/de/service/aml_mitteilungen/abfallrecht/index.htm heruntergeladen werden.

Inhalt

1. Einführung	4
2. Beschreibung.....	4
3. Bauvorbereitung	5
3.1 Bei Teilflächen	5
3.2 Bei fertiggestellter Abdichtung.....	7
4. Herstellung der Betriebsfähigkeit des DKS	7
5. Funktionsprüfung.....	8
5.1 Leckageeinbringung	8
5.2 Messungen	11
5.3 Ergebnisse und Ortungsangaben.....	11

1. Einführung

Aufgabe/Ziel:

Prüfung der Systemfunktion mittels Testleckagen, Test der Ansprechempfindlichkeit und Ortungsgenauigkeit des Leckortungssystems.

Verantwortlich:

Fachbauleiter des Herstellers des Dichtungskontrollsystems und Fremdprüfer.

Durchführung:

Hersteller des Dichtungskontrollsystems und Fremdprüfer.

2. Beschreibung

Die ordnungsgemäße Funktion des Dichtungskontrollsystems (DKS) kann durch eine oder mehrere projektbezogene Funktionsprüfungen an einem betriebsbereiten Dichtungskontrollsystem getestet werden. Funktionsprüfungen müssen:

- a) baubegleitend im Rahmen von Teilflächen (bzw. Messabschnitten) (bei einer Mindestfläche von 800 m²), wie z. B im Probefeld, und/oder
- b) an der vollständig fertiggestellten Fläche erfolgen.

Anzahl, Zeitpunkt und Durchführung der Funktionsprüfungen sowie die Anzahl der pro Prüfung maximal einzubringenden Leckagen werden vor dem Versuch, in der Regel im Rahmen der Ausschreibung, festgelegt. Derartige Funktionsprüfungen sind regelmäßig als Teil der bauvertraglichen Abnahme des Systems zu vereinbaren.

Die Zulassungsrichtlinie-DKS stellt ein standardisiertes Verfahren für die Durchführung der Funktionsprüfungen zur Verfügung, mit dem durch die Erfüllung objektiver Leistungskriterien hinsichtlich der zu erreichenden Nachweisschwelle und der Ortungsgenauigkeit die Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden kann. Die Nachweisschwelle entspricht dabei dem Öffnungsquerschnitt von einem in eine Konvektionssperre eingebrachten Loch, der höchstens 5 mm im Durchmesser beträgt. Bei diesem muss im Folgenden eine Leckage detektiert werden. Die Ortungsgenauigkeit entspricht der Einhaltung einer vorgegebenen Maximalentfernung zwischen Ortungsangabe und tatsächlichem Leckageort.

Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems wird in der Zulassungsrichtlinie-DKS aufgefordert, herstellerspezifische Aussagen zu den Voraussetzungen und Randbedingungen für die Durchfüh-

zung der Funktionsprüfung zu machen¹. Im Folgenden wird der Ablauf einer Funktionsprüfung unter Berücksichtigung der Zulassungsrichtlinie-DKS und den konkretisierenden Herstellerangaben dargestellt.



Abbildung 1: Probefeld mit isoliertem Rand

3. Bauvorbereitung

3.1 Bei Teilflächen

Die Funktionsprüfung an Teilflächen wird mit hinreichendem Aufbau des Dichtungssystems durchgeführt². Bei einigen Systemen, wie z. B. den Verfahren zur Potentialmessung, kann eine Funktionsprüfung aus technischen Gründen erst nach Überdeckung der kontrollierten Abdichtungskomponente mit mindestens einer Drainage- oder Deckschicht erfolgen. Insbesondere kann auch die Rekultivierungsschicht mindestens eine wichtige elektrische Funktion erfüllen, indem sie den über Gegenelektroden eingespeisten Strom mit geringem Widerstand verteilt. Insofern ist eine elektrisch

¹ Dieser und die folgenden Verweise beziehen sich jeweils auf die Richtlinie für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen für Deponieoberflächenabdichtungen der BAM in der jeweils gültigen Fassung.

Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4 (Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems): „Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems ist verpflichtet, vor Aufnahme der Funktionsprüfung Angaben zu den Voraussetzungen und Randbedingungen für die Durchführung der Funktionsprüfung zu machen und insbesondere Hindernis- oder Erschwernisgründe zu benennen.“

² Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.2. (Durchführung der Funktionsprüfung): „Die Kunststoffdichtungsbahn überdeckenden Schichten müssen mächtig genug sein, um eine flächige Anpressung der KDB an das Auflager zu gewährleisten.“

leitfähige Schicht herzustellen³.

Kunststoffdichtungsbahn(KDB)-Durchdringungen mit elektrisch leitfähigen Bestandteilen (metallisch oder PE-el) sind zu isolieren. Die Funktionsprüfung ist unter Einhaltung aller Randbedingungen typischerweise während der Baumaßnahme an entsprechend ausgebauten Teilflächen durchzuführen. Für Funktionsprüfungen an einer Teilfläche sollte diese bzw. der für die Prüfung genutzte Bereich 800 m² nicht wesentlich unterschreiten. Mit der Größe der zu prüfenden Fläche steigt die Prüfungsdauer. An den Rändern von Teilflächen müssen vollständig isolatorische Randbedingungen hergestellt werden, d. h. die äußerste Begrenzung der die KDB abdeckenden Schichten müssen mit einem Abstand von einigen Dezimetern vor dem Rand der KDB zurückgesetzt sein, so dass der KDB-Rand am Probefeld frei und möglichst über die Dauer der Versuche unverschmutzt vorliegt. Eventuell vorhandene Fahrstraßen über den Rand hinaus sind vollständig zurückzubauen. Abbildung 1 zeigt ein Probefeld mit zurückgesetzter Reku-Schicht, zurückgeklapptem und gegen Windeinwirkung mit Sandsäcken gesichertem Vlies und freier KDB, die mit Sandsäcken gegen das Auflager hochgestellt wurde, um das Wasser bei der Bewässerung des Probefeldes nicht unkontrolliert seitlich abfließen zu lassen.

Alternativ kann eine Teilfläche zur Messung auch auf einem abgegrenzten Teil eines größeren schon fertiggestellten Abdichtungsteiles angelegt werden, der ggf. in einer frühen Bauphase noch nicht vollständig als Teilmessabschnitt fertiggestellt werden konnte oder sollte. In diesem Fall werden die isolatorischen Randbedingungen durch Aufgraben (oder während des Baus gezieltes Freilassen) eines Grabens in den Abdeckschichten über der KDB rund um die vorgesehene Teilfläche hergestellt. Ob eine vorhandene Drainagematte dabei ebenfalls durchtrennt sein muss, hängt von der Feuchtigkeit derselben ab und kann vor der Funktionsprüfung an der Teilfläche ermittelt werden. In diesem Fall sind die tatsächlichen Randbedingungen der geplanten Abdichtungsfläche abzubilden. Die Ränder zu noch nicht abgedichteten Bereichen sollen ebenfalls mit vollständig isolatorischen Randbedingungen hergestellt werden. Um die Gegenelektrode während der Messung variieren zu können, steht es dem Hersteller frei, mehrere Gegenelektroden einzubauen, sodass sich ggf. geringere Abstände zwischen den Gegenelektroden ergeben, als für die Baumaßnahme großflächig vorgesehen sind.

Die Arbeiten an und um die Teilflächen müssen zeitlich und räumlich so eingeteilt sein, dass während der Inbetriebnahme und während des Funktionstests keine Bauaktivitäten mehr an der Teilfläche und in seiner unmittelbaren Umgebung stattfinden. Dies gilt insbesondere auch für Arbeiten

³ Zulassungsrichtlinie-DKS, Kapitel 3.4.2. (Durchführung der Funktionsprüfung): „Es wird empfohlen, durch konstruktive Maßnahmen elektrische Randumläufigkeiten zwischen der Oberflächenabdichtung und dem Deponierand möglichst zu vermindern.“

mit elektrischen Kunststoffschweißgeräten.

3.2 Bei fertiggestellter Abdichtung

Die Funktionsprüfung kann auch am kompletten Aufbau des Dichtungssystems einschließlich erstellter Betriebswege sowie vollständiger Installation des DKS (einschließlich Feldverteiler etc.) durchgeführt werden⁴.

Der Rand der Oberflächenabdichtung sollte konstruktiv möglichst so gestaltet werden, dass es zu keinen wesentlichen Randumläufigkeiten, das heißt elektrisch leitfähigen Verbindungen zwischen den die KDB abdeckenden Schichten und dem die Deponie umgebenden Erdreich, kommt⁵. KDB-Durchdringungen mit elektrisch leitfähigen Bestandteilen (metallisch oder PE-el) sind zu isolieren. Während der Inbetriebnahme und während der Funktionsprüfung dürfen keine Bauaktivitäten im Baufeld und in dessen unmittelbarer Umgebung stattfinden.

4. Herstellung der Betriebsfähigkeit⁶ des DKS

Vor Durchführung der Funktionsprüfung führt der Hersteller des Systems eine Inbetriebnahme durch und prüft dabei die erdverlegten Messelektroden, Gegenelektroden und Messer der auf Beschädigungsfreiheit, Erdankopplung und Funktion. Die erdverlegten Komponenten werden i. d. R. an einem – bei Teilflächen häufig auch temporären - Feldverteiler aufgelegt und an diesem auf korrekte Zuordnung geprüft. Potenzial- und Dichtungskontrollmessungen, ggf. mit elektrischen Leckagesimulationen, dienen der Einstellung des Messsystems und der Kalibrierung der Auswertung. Diese Arbeiten können je nach Größe der Teilfläche mehrere Tage in Anspruch nehmen. An Teilflächen der oben genannten Größe (800 m²) und unter der Voraussetzung, dass keine Vorschädigungen in der KDB zusätzliche Arbeiten erforderlich machen, kann dies bis zu 2 Tage dauern.

Ergeben die Messungen, dass sich bereits Leckagen in der Abdichtung befinden, so sind diese festgestellten Vorschädigungen vor der Funktionsprüfung fachgerecht zu beseitigen.

⁴ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.2. (Durchführung der Funktionsprüfung): „Die Kunststoffdichtungsbahn überdeckenden Schichten müssen mächtig genug sein, um eine flächige Anpressung der KDB an das Auflager zu gewährleisten.“

⁵ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.2. (Durchführung der Funktionsprüfung): „Es wird empfohlen, durch konstruktive Maßnahmen elektrische Randumläufigkeiten zwischen der Oberflächenabdichtung und dem Deponierand möglichst zu vermindern.“

⁶ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Vor der eigentlichen Funktionsprüfung muss der Hersteller Gelegenheit bekommen, Probemessungen durchzuführen und das Dichtungskontrollsystem zu optimieren. [...] Eine Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems kann erst nach Freigabe durch den Hersteller erfolgen.“

Für die Inbetriebnahme der Teilfläche gilt, wie auch später für die Funktionsprüfung, dass der Bodenaufbau oberhalb der Kunststoffdichtungsbahn bei trockener Witterung zu trocken sein kann, um elektrischen Strom in nennenswertem Umfang zu leiten. Der Effekt verstärkt sich noch bei erst kurze Zeit vorher gebauten Teilflächen und Probefeldern, die mit frisch eingebauten Drainagematten und Vliesen einen zunächst trockenen Zustand haben, der sich erst im Lauf der Zeit auf Bodenfeuchte einstellt.

Auch für Messungen im Rahmen der Inbetriebnahme kann deshalb eine Bewässerung der Teilfläche erforderlich sein (s. Kapitel 5 (Funktionsprüfung)).

Eine Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems kann erst nach Freigabe durch den Hersteller erfolgen. Da die Freigabe auf der Grundlage einer erfolgreichen Inbetriebnahme erfolgt, muss ein entsprechender zeitlicher Vorlauf von bis zu einer Woche bei der Festlegung von Funktionsprüfungen eingeplant werden.

5. Funktionsprüfung

5.1 Leckageeinbringung

Die Funktionsprüfung wird vom Hersteller durchgeführt⁷. Der Fremdprüfer legt in Abstimmung mit der Bauüberwachung des Bauherrn die Orte der Leckageeinbringung fest, lässt die Leckagen in Abwesenheit des DKS-Herstellers einbringen und einmessen⁸ und fertigt ein Protokoll der Funktionsprüfung an, in dem die Randbedingungen, der Verlauf und das Ergebnis festgehalten werden⁹.

Zur Durchführung der Funktionsprüfung werden in festgelegter Art Löcher, von höchstens 5 mm Durchmesser, in die Abdichtung eingebracht. Diese müssen dann anhand der vom Dichtungskontrollsystem durchgeführten Messungen und deren Auswertung unter gegebenen Randbedingungen als Leckagen erkannt und geortet werden. Der Hersteller gibt für die von ihm festgestellten Leckageverdachtspunkte entsprechende Koordinaten an, die anschließend vermessungstechnisch

⁷ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Die Funktionsprüfung wird vom Hersteller durchgeführt.“

⁸ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Die Testleckagen werden dabei nach den Anweisungen des Fremdprüfers oder der zuständigen Behörde eingebracht. Die genaue Position und Anzahl von Testleckagen ist dabei, vom Fremdprüfer zu protokollieren.“

⁹ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Der Fremdüberwacher fertigt ein Protokoll der Funktionsprüfung an in dem Randbedingungen (Witterungsverlauf, Lage, Größe, Art des Testabschnittes, Lage, Art und Größe von Testleckagen, Besonderheiten wie Maßnahmen zur Bewässerung etc.) sowie der Verlauf und das Ergebnis festgehalten werden.“

abzustecken sind.

Während einer Funktionsprüfung dürfen an dem zu prüfenden Messabschnitt keine Bauarbeiten stattfinden¹⁰. Die Funktionsprüfung sollte insbesondere bei der Prüfung von Teilflächen nicht bei starkem Regen¹¹ durchgeführt werden, weil sonst die Aufrechterhaltung der isolatorischen Randbedingungen nicht sichergestellt werden kann.

Bei Gewitter oder deutlicher Gewitterneigung sind Messungen mit mobilen elektrischen Geräten nicht zulässig. Bei gefrorenem Boden können ebenfalls keine Funktionsprüfungen durchgeführt werden, weil die notwendige elektrische Bodenleitfähigkeit nicht mehr gegeben ist. Testleckagen sind nur im zu überwachenden Bereich einzubringen¹².

Das Dichtungskontrollsystem detektiert - wie alle elektroresistiven Messverfahren - keine Löcher, sondern ausschließlich Leckagen. Erst die Leckageflüssigkeit oder zumindest das mit der Leckageflüssigkeit durchfeuchtete Erdreich bzw. die sonstigen Elemente des Schichtenaufbaus (wie z. B. eine Dränmatte) stellen den für das Ansprechen des Systems maßgeblichen elektrischen Kontakt zwischen der Schicht ober- und unterhalb der KDB her. Daraus ergibt sich keine grundsätzliche Funktions- oder Nutzungseinschränkung¹³, weil die Detektionsfähigkeit in gleichem Maße wie die Gefahr eines unzulässigen Wasserdurchtritts vorhanden ist.

Daraus folgt für Funktionsprüfungen, dass ein ausreichender elektrischer Kontakt an der Leckagestelle für die Funktionsprüfung gewährleistet sein muss.

Bei dem Erzeugen von Testleckagen kann es sich insgesamt um einen mehrstufigen Arbeitsprozess handeln, bei dem mehrere Teilschritte notwendig sein können, um eine nach kurzer Zeit wirksam werdende reale Leckage zu erzeugen. Diese Vorgehensweise ist der Vorgabe geschuldet, mit technischen Mitteln in überschaubarer Zeit kontrolliert einen eindeutigen Zustand zu erreichen. Vereinfachungen oder Weglassen einzelner Arbeitsschritte bei der Leckageerzeugung können zu

¹⁰ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Während der Messungen dürfen keine Erdarbeiten im Testabschnitt durchgeführt werden. Das Überfahren des Testabschnittes ist nicht erlaubt.“

¹¹ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Bei starkem Regen sind keine Messungen vorzunehmen.“

¹² Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.1. (Allgemeine Regeln der Funktionsprüfungen): „Testleckagen sind nur im zu überwachenden Bereich einzubringen.“

¹³ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.3.2. (Leistungskriterien für DKS): „In trockenen Witterungsperioden ist es ... möglich, dass ein normaler Betrieb ... beeinträchtigt oder sogar verhindert wird. Dieser Sachverhalt stellt keine grundsätzliche Nutzungseinschränkung dar, da während dieser Zeit mangels Niederschlag kein unzulässiger Wasserdurchtritt in die Deponie zu befürchten ist.“

einer ungültigen Prüfung aufgrund des Fehlens wirksamer Leckagen im Prüfzeitraum führen.

Die Teilschritte zur Leckageerzeugung orientieren sich an den drei wesentlichen Eigenschaften, die von einer Testleckage mit ausreichendem elektrischem Kontakt zu fordern sind:

- a) Die Leckage beruht auf einer in der Größe definierten Perforation der KDB.
- b) Es werden bei der Herstellung der Perforation keine zusätzlichen Hohlräume geschaffen.
- c) Es liegen hinreichende Bodenfeuchteverhältnisse im Bereich der Perforation vor, die ggf. durch eine Befeuchtung / Bewässerung herzustellen sind.

Für das Herstellen von Testleckagen bieten sich grundsätzlich zwei Verfahren an:

- a) aufgrabungslos, z. B. mittels Schlitzsondierungen,
- b) in einer Aufgrabung (Schurf).

Das Verfahren nach Bst. a) ist weniger aufwendig, birgt jedoch ein gewisses Risiko, dass im Perforationsbereich keine ausreichenden Bodenfeuchteverhältnisse hergestellt werden können. Hierbei ist darauf zu achten, dass ein geeignetes Werkzeug zur Herstellung der Perforation eingesetzt wird (z. B. modifizierte Pürckhauer-Sonde) und nach dem Ziehen der Sonde der verbleibende Hohlraum unter Wasserzugabe zugeschlämmt wird.

Das Verfahren nach Bst. b) erfordert vorbereitende Arbeiten vor dem Einbringen der Perforation. Hier erfolgt in einem ersten Schritt das Aufgraben an der geplanten Leckagestelle bis zur KDB. Drainagematten bzw. Vliese müssen geschnitten werden. Bei freigelegter KDB kann eine definierte Perforation in die KDB eingebracht werden. Erfahrungsgemäß ist das Bohren mit einem Werkzeug mit begrenzter Eindringtiefe die sicherste Art der Perforation einer KDB¹⁴.

Eine Gefahr bei der Perforation liegt darin, mit dem Werkzeug im Moment des Durchstoßens einen Stichkanal in die Schichten unter der KDB einzubringen, der als Hohlraum verbleibt und – da dieser luftgefüllt und somit perfekt isolierend ist – eine Ankopplung der Leckage an die Schichten unterhalb be- oder verhindert. Tiefenanschlüge, Stufenwerkzeuge und vorsichtige Handhabung helfen, dies zu verhindern.

Aus diesem Grund wird die Perforationsstelle vollständig mit Bodenmaterial gefüllt, so dass dort kein Hohlraum zurückbleibt. Dabei kann auf das unmittelbar verfügbare Material aus der Rekulti-

¹⁴ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.2. (Durchführung der Funktionsprüfung): „Bei dem Einbringen von Leckagen ist darauf zu achten, dass es nicht zu unzulässigen Aufwölbungen der Kunststoffdichtungsbahn kommt, die eine Detektion der Leckage erschweren oder sogar verhindern können. Es wird empfohlen, die Löcher durch Bohren oder Fräsen einzubringen.“

vierungs- bzw. Dränschicht zurückgegriffen werden, das Material sollte nach Möglichkeit eingeschlämmt werden.

In Abhängigkeit von den herrschenden Bodenverhältnissen kann es erforderlich werden, im unmittelbaren Bereich der Leckage z. B. durch Zuwässern für ausreichende Feuchteverhältnisse zu sorgen. Gleiches gilt für die überlagernde Entwässerungsschicht. Auch diese ist erforderlichenfalls hinreichend zu bewässern, damit die Entwässerungsschicht, die Bodenverfüllung im Bereich der Perforation und die der Kunststoffdichtungsbahn unterlagernde Schicht eine bodenfeucht verbundene Einheit bilden. Die Wiederverfüllung der Aufgrabung ist erforderlich.

5.2 Messungen

Die zur Ortung der Leckage notwendigen Messungen werden vor und nach dem Einbringen der Leckage durchgeführt. Die Vormessungen finden im Rahmen der Herstellung der Funktionsfähigkeit (s. dazu auch Kapitel 2) bis zur Freigabe durch den Hersteller statt. Während des Einbringens der Testleckagen finden keine Messungen statt.

Unmittelbar nach Freigabe durch den Fremdprüfer werden die Messungen zur Detektion der Leckagen durch den Hersteller aufgenommen. Die Messungen und Auswertungen nehmen einige Tage in Anspruch, ggf. werden auf der Basis der Ergebnisse weitere Messungen mit veränderten Einstellbedingungen durchgeführt. Bei Probefeldern in genannter Standardgröße wird angestrebt, Ergebnisse im Laufe des gleichen Tages bereitzustellen.

5.3 Ergebnisse und Ortungsangaben

Das Ergebnis der Leckageortung wird als Koordinate und ggf. Form der Verdachtsflächen bekannt gegeben. Im Sinne der ordnungsgemäßen Funktion des DKS ist es ausreichend, eng benachbarte Leckagen sukzessive, d. h. zeitlich nacheinander nachzuweisen¹⁵. Der Versuch gilt als bestanden, wenn die eingebrachten Leckagen, ggf. auch durch Mehrfachmessung, erkannt und im Rahmen der vertraglich vereinbarten Genauigkeit geortet wurden. Durchführung und Auswertung des Leckageversuchs werden in einem Bericht dokumentiert. Die Positionen der Leckagen werden in den Bestandsplan des Dichtungskontrollsystems aufgenommen.

¹⁵ Zulassungsrichtlinie-DKS Kapitel 3.4.2. (Durchführung der Funktionsprüfung): „Im Sinne der ordnungsgemäßen Funktion des Dichtungskontrollsystems ist es ausreichend, eng benachbarte Leckagen sukzessive, d. h. zeitlich nacheinander, nachzuweisen.“