

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

**Anforderungen  
an Dichtungskontrollsysteme  
in Oberflächenabdichtungen von Deponien**

Empfehlungen des  
Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS)

herausgegeben vom  
Labor IV.32, Deponietechnik

1. Auflage, November 2000

Der Volltext der Empfehlungen des AKDKS kann in einer der folgenden Internetadressen eingesehen werden: [www.bam.de](http://www.bam.de) (Internetseite der BAM) und [www.deponie-stief.de](http://www.deponie-stief.de) (Internetseite, die umfassend über deponietechnische Fragen informiert).

## Vorwort

Als Regeloberflächenabdichtung für Siedlungs- und Sonderabfalldeponien sehen die abfalltechnischen Vorschriften eine mineralische Dichtung sowie die Kombinationsdichtung aus mineralischer Dichtung und Kunststoffdichtungsbahn vor. Daneben sind Alternativkonzepte zulässig und werden bereits verwirklicht. Zu diesen Alternativen gehören die Kombinationen einer passiven Abdichtungskomponente mit einem sensorgestützten Dichtungskontrollsystem (DKS). Hierdurch können Schäden in einer Oberflächenabdichtung frühzeitig erkannt und repariert werden.

Eine Voraussetzung für die sorgfältige, einzelfallbezogene Abwägung des Einsatzes von Dichtungskontrollsystemen sind allgemein anerkannte, verlässliche Maßstäbe zu deren Beurteilung nach dem Stand der Technik. Für sensorgestützte Dichtungskontrollsysteme liegen solche Beurteilungskriterien bisher nicht vor. Auf Initiative des Labors Deponietechnik der BAM wurde deshalb im Oktober 1998 der Arbeitskreis Dichtungskontrollsysteme (AKDKS) gegründet, der sich seitdem mit der Ausarbeitung von Anforderungen an solche Dichtungskontrollsysteme für den Einsatz in Oberflächenabdichtungen befasst. Diesem Gremium gehören Vertreterinnen und Vertreter von Landes- und Bundesbehörden, Ingenieurbüros und Fremdprüfer, Hersteller und Verleger von Kunststoffdichtungsbahnen sowie Hersteller von Dichtungskontrollsystemen an.

Die hier vorgelegten Empfehlungen des AKDKS sollen Behörden, Bauherren, Planern, Anwendern und Fachfirmen bei der Planung, Genehmigung, Ausschreibung und Durchführung von Deponiebauprojekten mit Dichtungskontrollsystemen sowie bei der Überwachung von Deponien Hilfestellungen bieten und dazu beitragen, dass diese Technik in Deponien sinnvoll eingesetzt wird.

Die Empfehlungen enthalten für die Verwendung von Dichtungskontrollsystemen als substituierende oder zusätzliche Komponente in einem Oberflächenabdichtungssystem Anforderungen, Anregungen und Vorschläge für Produktion, Qualitätsmanagement und Werkstoffauswahl, Planung, Installation und Fremdprüfung sowie Funktionsprüfung und Betrieb. Es werden nur die deponiespezifischen Aspekte behandelt. Wo eine ausführliche Abhandlung von Themen bereits durch andere Regelwerke hinreichend erfolgt ist (siehe z. B. Regelungen zur Errichtung und zum Betrieb elektrischer Anlagen), wurden Hinweise hierauf gegeben.

Berlin, November 2000

An den Beratungen haben die folgenden Mitglieder und Gäste des AKDKS mitgewirkt:

**Dipl.-Ing. M. Arndt**, Geologger Systems GmbH; **Dipl.-Ing. P. Bothmann**, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; **Dr. A. Brandelik**, Forschungszentrum Karlsruhe (FZK); **Dipl.-Ing. W. Bräcker**, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie; **Dipl.-Ing. G. Burkhardt**, ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda u. Partner GmbH; **Dipl.-Ing. (FH) U. Dengel**, Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (SKZ); **Dr. B. Engelmann**, Umweltbundesamt; **Dipl.-Phys. K.-J. Fritz**, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt; **Dipl.-Ing. V. Göttling**, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie; **R. Hartmann**, Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V. (AK GWS); **Dipl.-Ing. E. Heidenreich**, Landesamt für Natur u. Umwelt des Landes Schleswig-Holstein; **Prof. Dr. E. Hurtig**, GESO GmbH u. Co. Projekt KG; **Dipl.-Geol. M. Keil**, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie; **Dipl.-Ing. (FH) W. Kindsmüller**, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz; **Dipl.-Ing. B. Kopp**, Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V. (AK GWS); **Dr. W. Müller**, BAM; **Dr. U. Nienhaus**, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen; **Dr. V. Nosko**, Sensor France; **Dipl.-Ing. A. Piepenburg**, Ing.-Büro Prof. Dr.-Ing. Hoins & Partner; **Dipl.-Geol. H.-J. Peters**, Landesumweltamt Brandenburg; **Dipl.-Ing. A. Rödel**, Progeo Holding AG; **Dipl.-Ing. S. Schwöbken**, Sensor Deutschland GmbH; **Dr. S. Seeger**, BAM; **Dipl.-Ing. K.-H. Ungruh**, Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V. (AK GWS); **Dipl.-Ing. L. Wilhelm**, Thüringer Landesanstalt für Umwelt; **Dipl.-Ing. Ch. Witolla**, Ing.-Büro Geoplan GmbH.

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Allgemeine Beschreibung von Dichtungskontrollsystemen	1
1.2	Anwendungsfälle von Dichtungskontrollsystemen	2
2.	Anforderungen	3
2.1	Beständigkeit erdgebundener Komponenten	3
2.2	Elektrische und allgemeine Betriebssicherheit	5
2.3	Leistungsfähigkeit, Leistungskriterien	5
2.4	Systemverträglichkeit und Integration in das Abdichtungssystem	7
2.5	Herstellerunabhängiger Betrieb, herstellerunabhängige Wartung, Selbsttest	8
3.	Eignungsgutachten und Prüfungen	9
4.	Qualitätsmanagement	11
4.1	Qualitätsmanagement Produktion	11
4.2	Qualitätsmanagement Bau	11
5.	Funktionsprüfung	12
6.	Nutzungsphase	14
7.	Technische Dokumentation	16

Anhang 1: Werkstoffliche Anforderungen an erdgebundene Kabel,  
kabelartige Sensoren und Edelstahlelektroden

Anhang 2: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen (ZTV) und  
Muster-Leistungsverzeichnis für Dichtungskontrollsysteme für KDB

Anhang 3: Muster-Qualitätssicherungsplan

# 1. Einleitung

## 1.1 Allgemeine Beschreibung von Dichtungskontrollsystemen

Dichtungskontrollsysteme sollen die flächige Überwachung eines fertig hergestellten Oberflächenabdichtungssystems ermöglichen und auf diese Weise einen unzulässigen Wasserdurchtritt durch ein Abdichtungselement nachweisen. Technische Grundlage hierfür ist die Messung und Analyse von örtlichen Verteilungen physikalischer Größen wie z. B.:

- elektrisches Potenzial, elektrischer Widerstand,
- Dielektrizitätszahl,
- Temperatur,

in einem technischen Abdichtungssystem (Oberflächenabdichtung). Zu diesem Zweck werden Sensoren und andere erdgebundene Komponenten in, unterhalb und/oder oberhalb der zu kontrollierenden Abdichtungskomponente angeordnet. Die Sensorenanordnung und Sensordichte ist den Standortgegebenheiten anpassbar. Ein Dichtungskontrollsystem umfasst weiter eine Steuer- und Auswerteeinheit, deren Hauptaufgabe darin besteht, automatisierte Messungen durchzuführen und die ermittelten Rohdaten jeweils so aufzubereiten, dass eine Beurteilung des Oberflächenabdichtungssystems vorgenommen werden kann. Der Nachweis einer Leckage, d. h. eines unzulässigen Wasserdurchtritts durch eine Schadstelle in dem Abdichtungselement, geschieht in der Regel durch die automatisierte Aufbereitung der Rohdaten und die Bewertung von Anomalien in der gemessenen physikalischen Größe, bzw. in einem daraus abgeleiteten Parameter.

Dichtungskontrollsysteme verwenden unterschiedliche Messprinzipien. Einige Verfahren<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> siehe z.B.: J.O. Parra, Electrical response of a leak in a geomembrane liner, GEOPHYSICS 53, No. 11 (1988) pp. 1445-1452; J.O. Parra und T.E. Owen, Model studies of electrical leak detection surveys in geomembrane-lined impoundments, ebenda, pp. 1453-1458.

nutzen aus, dass z.B. ein aus Kunststoffdichtungsbahnen gefügtes, intaktes Abdichtungselement (Konvektionssperre) einen sehr guten elektrischen Isolator darstellt. Zwischen einer Quellelektrode oberhalb des Abdichtungselementes und einer Fernelektrode außerhalb der Abdichtung wird ein elektrisches Potenzial erzeugt. An einer Schadstelle entsteht ein niederohmiger Strompfad, welcher die Schichten ober- und unterhalb des Abdichtungselementes verbindet und dadurch eine lokale Anomalie des elektrischen Potentials, bzw. des elektrischen Widerstands bewirkt. Hierfür sind in der Regel bereits eine gute elektrische Leitfähigkeit der an die Kunststoffdichtungsbahn angrenzenden Schichten und eine Benetzung der Schadstelle mit Feuchtigkeit ausreichend. Solche Verhältnisse können sich z. B. nach durchschnittlichen Niederschlagsereignissen für längere Zeit einstellen. Über die Ortung der Anomalien der elektrischen Größen kann die Leckage lokalisiert werden.

Ein zweites elektrisches Verfahren misst direkt in mineralischen Dichtungsschichten: Eine Anordnung isolierter Leitungen wird in der Dichtungsschicht verlegt. Mit diesen Sensoren wird die Dielektrizitätszahl des mineralischen Dichtungsmaterials orts aufgelöst gemessen. Dies ermöglicht die flächige Ermittlung des Wassergehalts im mineralischen Material. Ein unzulässiger Wasserdurchtritt bewirkt eine lokale Wassergehaltsänderung im mineralischen Material. Ein solcher Flüssigkeitstransport kann z. B. durch einen Setzungsrisse oder eine andere mechanische Beschädigung der mineralischen Dichtung verursacht werden. Nach sorgfältiger Kompensierung aller Störeinflüsse kann eine lokale Anomalie der Messgröße als Indiz für das Auftreten und den Ort einer Leckage in der mineralischen Dichtung ange-

---

G.T. Darilek und D.L. Laine, Performance-based Specification Of Electrical Leak Location Surveys For Geomembranes, Proc. of the Geosynthetics Conference '99, Boston, MA, USA, IFAI, April 1999.

sehen werden. Die Messungen können zudem auch Hinweise auf langsam ablaufende Veränderungen (Austrocknung) in einer mineralischen Dichtung geben. Bei entsprechender Kenntnis der spezifischen Bodenkennwerte und der mechanischen Verhältnisse bietet sich die Verwendung der Messdaten für eine Modellbetrachtung zur Rissbildung in einer mineralischen Dichtung durch Austrocknung an. Die so gewonnenen Aussagen können für ein Langzeitprognose und für Schutzmaßnahmen hilfreich sein.

Ein weiteres Messprinzip beruht auf der flächigen Messung der Temperaturverteilung in und/oder unterhalb eines Abdichtungselementes. Hierfür wird ein optisches Verfahren benutzt. Die erdgebundene Komponente besteht aus einer mäanderrförmig verlegten Glasfaser-schleife, durch die Laserlichtpulse geleitet werden. Die zeitaufgelöste Spektroskopie des rückgestreuten Laserlichtes (Raman-Spektroskopie) ermöglicht über Laufzeitmessungen die räumliche Erfassung lokaler Temperatur-anomalien. Solche Temperatur-anomalien können analog zu dem bereits oben geschilderten Szenario dann entstehen, wenn durch Veränderung der Durchlässigkeit oder durch Risse in einer mineralischen Dichtung, oder auch durch ein Loch in einer aufliegenden Kunststoffdichtungsbahn ein Wassertransport in die mit dem Temperatursensor versehene Dichtungsschicht stattfindet. Voraussetzung hierfür ist, dass die Temperatur des zutretenden Wassers von der Temperatur am Ort des Sensors abweicht. Für die Auswertung werden die Ausbreitung der Temperatur-anomalie und deren zeitlicher Verlauf herangezogen. Neben den hier aufgeführten, in Deutschland verfügbaren Verfahren existieren weitere Dichtungskontrollsysteme für Deponien, deren Verwendungsmöglichkeit als permanentes Kontrollelement in Oberflächenabdichtungssystemen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Empfehlung nicht beurteilt werden konnte, da sie in

Deutschland bisher nicht angeboten wurden (für eine Übersicht siehe z. B. <sup>2</sup>).

## 1.2 Anwendungsfälle von Dichtungskontrollsystemen

Dichtungskontrollsysteme können nach den geltenden technischen Anleitungen in folgenden Anwendungsfällen eingesetzt werden:

- Nach TA Abfall Nr. 9.4.1.4 ist das Deponieoberflächenabdichtungssystem so auszuführen, dass Undichtigkeiten für die Dauer der Nachsorge lokalisiert und repariert werden können.
- Zum Nachweis der Funktionsfähigkeit des Abdichtungselementes bei der Entlassung der Deponie aus der Nachsorge.
- Als Maßnahme der Eigenkontrolle von Deponien gemäß TA Siedlungsabfall Nr. 10.6.6.2 und TA Abfall Nr. 9.6.6.2 und Anhang G (siehe dazu auch <sup>3</sup>).
- Als zusätzliches Kontroll- und Sicherungselement bei Standorten mit höheren Sicherheitsanforderungen.
- In Bereichen mit erhöhten Dichtigkeitsanforderungen (z.B. Entwässerungsbrunnen, Bermen), in denen konzentriert Oberflächenwasser abgeleitet wird.
- Anwendung als eine andere geeignete Maßnahme im Sinne der Nrn. 2.4 der TA Abfall und TA Siedlungsabfall.

---

<sup>2</sup> Karen Hix, Leak Detection for Landfill Liners, Overview of Tools for Vadose Zone Monitoring, Technology Status Report for the U.S. E.P.A., EPA-542-R-98-019, August 1998, Aktualisierung unter <http://www.clu-in.org/search>, Suchwort "leak".

<sup>3</sup> Das Bundesland Niedersachsen hat in einem Erlass auch den Einsatz von Dichtungskontrollsystemen bei der Eigenkontrolle geregelt: Durchführung des Abfallgesetzes; Eigenkontrolle und Jahresbericht für Deponien, RdErl. d. MU vom 20.03.1997 – 309-62805/2 – in: Nds. Mbl. Nr. 18/1997, p. 658ff.

Aussagen über vorhandene Leckagen in einem Abdichtungselement können grundsätzlich nur für die mit einem Dichtungskontrollsystem direkt überwachten Flächen getroffen werden.

Wird unter Begründung des Einsatzes von Dichtungskontrollsystemen auf ein Abdichtungselement nach Nr. 10.4.1.1 TA Siedlungsabfall verzichtet, handelt es sich nach dem LAGA-Beschluss<sup>4</sup> vom 8./9. Februar 2000 *nicht* um ein gleichwertiges System nach Nr. 10.4.1.1 TA Siedlungsabfall.

Dichtungskontrollsysteme können ein *unterstützendes* Element im Rahmen der Abnahme eines fertiggestellten Oberflächenabdichtungssystems sein.

## 2. Anforderungen

### 2.1 Beständigkeit erdgebundener Komponenten

Die erdgebundenen Komponenten von Dichtungskontrollsystemen müssen über die projektierte Funktionsdauer gegenüber physikalischen, chemischen und biologischen Einwirkungen beständig sein. Unter Beständigkeit wird hier ein Materialverhalten verstanden, welches unter dem Einfluss *vorhersehbarer, typischer Einwirkungen* die vom Produkt verlangten relevanten Leistungen und Eigenschaften während der projektierten Funktionsdauer aufrechterhält. Wartung und Reparatur, sowie gegebenenfalls Austausch und Modernisierung der nicht erdgebundenen Komponenten müssen möglich sein.

Grundlage der Bewertung der Beständigkeit von Komponenten ist die explizite Festlegung und Angabe der verwendeten Werkstoffe,

---

<sup>4</sup> Arbeitspapiere "Einführung" und "Kunststoffdichtungsbahn" zum Themenkreis Oberflächenabdichtung und -abdeckung der AG Oberflächenabdichtung und -abdeckung der Abfalltechnik - Ausschusses (ATA) der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), beraten auf der 74. Sitzung der LAGA am 08./09.02.2000, Hannover.

Werkstoffzusätze bzw. Werkstoffkombinationen, sowie die Festlegung der Konstruktion/Bauart, der Herstellungsweise und der Qualitätssicherungsmaßnahmen des Herstellers des Dichtungskontrollsystems und seiner Sublieferanten. Diese Festlegungen und Beschreibungen sollen im Rahmen der technischen Dokumentation (siehe Nr. 7.) erfolgen. Die erdgebundenen Komponenten von Dichtungskontrollsystemen lassen sich bezüglich der Beständigkeitsanforderung in zwei Kategorien aufteilen:

**Kategorie a:** Komponenten, für die ein besonderer Beständigkeitsnachweis erforderlich ist, und

**Kategorie b:** Komponenten, die einen solchen Nachweis nicht benötigen.

**Kategorie a:** Diese Komponenten sind dauerhaft unter bzw. in einem Oberflächenabdichtungssystem so installiert, dass ein anschließender Zugriff (Austausch, Reparatur, Wartung) praktisch nicht sinnvoll ist. Hierzu zählen einerseits Standardprodukte wie kabelartige Sensoren, Signalkabel, Busleitungen sowie unterhalb von Abdichtungselementen angeordnete Kabel und Elektroden zur Einspeisung elektrischer Spannungspulse. Für die Bewertung der Beständigkeit von PE-ummantelten Erdkabeln (Elektrokabel, Lichtwellenleiter) und erdgebundenen, kabelähnlichen Sensoren liegen einschlägige Normenwerke vor. Für Dichtungskontrollsysteme mit projektierte Funktionsdauer bis ca. 30 Jahren müssen diese Komponenten den im Anhang 1 aufgeführten Normen entsprechen bzw. die dort genannten Prüfkriterien erfüllen. Die dort aufgeführten Normprüfungen sollen durch entsprechend akkreditierte Prüfinstitute vorgenommen werden. Ferner sind im Anhang 1 für Elektroden und andere Komponenten aus Edelstahl die relevanten Anforderungen zusammengestellt.

Weiter zählen zur Kategorie a) Spezialanfertigungen, wie nicht kabelartige Sensoren, spezielle Anschlüsse, Abzweigungen aus Busleitungen und die Sensoren selbst. Besonders bei den Sensoren bestehen zwischen den verschiedenen Systemen große werkstoffliche und konstruktive Unterschiede. Für die Bewertung der Beständigkeit dieser Spezialanfertigungen sind die gesonderte Betrachtung jeder einzelnen Bauart und entsprechend spezielle Prüfungen erforderlich.

Die Neuentwicklung oder gegebenenfalls die Adaption bestehender geeigneter, für die Beanspruchung in Oberflächenabdichtungssystemen repräsentativer Prüfverfahren, wird dann notwendig, wenn nicht durch Erfahrungen, z.B. aufgrund von werkseigenen Prüfungen des Herstellers oder seiner Sublieferanten, oder durch sonstige Nachweise bereits spezifische Kennwerte vorliegen, auf deren Grundlage eine Langzeitprognose getroffen werden kann.

**Kategorie b:** Auf diese Komponenten, wie z.B. Buskabel, Anschlussstellen, Überflurverteiler und Signalleitungen *außerhalb der Abdichtung* kann dauerhaft zugegriffen werden. Sie können folglich repariert bzw. ausgetauscht werden. Die Komponenten müssen den geltenden Normen für elektrische Anlagen entsprechen. Insbesondere finden für kabelartige Komponenten dieser Kategorie die Standardprüfverfahren nach Anhang 1 Anwendung.

### ***Mechanische Belastbarkeit erdgebundener Komponenten***

Die erdgebundenen Komponenten müssen mechanische Belastungen während der Bauphase, durch das Eigengewicht aufliegender Schichten und anderer Auflasten, sowie aufgrund von Setzungen schadlos überstehen. Hinsichtlich der zulässigen Verformung sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Eine dauerhafte Dehnung des Abdichtungselementes bis zu 6% bei 20°C darf weder zu Beschädigungen des Abdichtungselementes durch Komponenten des Dichtungskontrollsystems, noch zu Schäden an den Komponenten des Dichtungskontrollsystems, wie z.B. Bruch der Signalleitung, der Ummantelung/Isolation, oder Bruch von Anschlüssen führen. Die Einhaltung dieser Bedingungen ist einmalig für jede Bauart im Rahmen des projektunabhängigen Eignungsgutachtens nachzuweisen. Um den Besonderheiten der unterschiedlichen zu testenden Komponenten gerecht zu werden, werden die BAM und das SKZ hierfür jeweils im Einzelfall geeignete Prüfverfahren vorschlagen.
- Insbesondere ist bei Abzweigungen und Anschlüssen dafür Vorsorge zu tragen, dass lokale Dehnungen nicht zu Brüchen führen. Entsprechende Installationshinweise des Herstellers sind in die Verlegeanweisung aufzunehmen.

Zusätzlich zum projektunabhängigen Eignungsgutachten soll der Nachweis der mechanischen Belastbarkeit durch Beanspruchungen während der Bauphase jeweils im Rahmen eines Probefeldes erbracht werden. Der Hersteller eines Dichtungskontrollsystems muss in der technischen Dokumentation explizit auf eventuell bei der Installation zu beachtende Einschränkungen, wie z. B. eine im Vergleich zur Kunststoffdichtungsbahn verminderte mechanische Belastbarkeit von Komponenten des Dichtungskontrollsystems, hinweisen. Für Dichtungskontrollsysteme mit einer projektierten, längerfristigen Funktionsdauer bis ca. 30 Jahre wird für die erdgebundenen Komponenten ein Nachweis der Beständigkeit gefordert, der bei Angebotsabgabe vorliegen soll. Dieser Nachweis soll Bestandteil des projektunabhängigen Eignungsgutachtens durch die BAM sein. Bei Anwendungen mit projektierte Funktionsdauer

von deutlich mehr als 30 Jahren, oder mit vorhersehbar außerordentlichen chemischen (dauerhafte Einwirkung von Materialalterung bewirkenden, hochkonzentrierten Substanzen) und/oder physikalischen Belastungen (mechanische Beanspruchung, Temperatur) können keine generellen Aussagen getroffen werden.

## 2.2 Elektrische und allgemeine Betriebssicherheit

Vom Dichtungskontrollsystem dürfen keine unzulässigen Beeinflussungen auf Personen, elektrische Anlagen und die Umgebung ausgehen. Ein Dichtungskontrollsystem muss unempfindlich gegenüber äußeren Störeinflüssen sein. Solche Störungen können z. B. hervorgerufen werden durch Erdpotenziale und Fremdspannungen, elektromagnetische Störungen aufgrund der Einstrahlungen elektromagnetischer Felder, sowie durch Blitzschlag. Das installierte Dichtungskontrollsystem muss in allen Komponenten den geltenden Bestimmungen und Normen (siehe <sup>5</sup>) für die Errichtung und

---

<sup>5</sup> Normenauswahl "Elektrische Anlagen":  
DIN VDE 0100-540, Ausgabe:1991-11, Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V; Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Erdung, Schutzleiter, Potenzialausgleichsleiter  
Norm-Entwurf DIN VDE 0118-1/A2, Ausgabe:1997-01, Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage - Allgemeine Festlegungen;  
Norm-Entwurf DIN VDE 0118-2/A2, Ausgabe:1997-01, Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage - Zusatzfestlegungen für Starkstromanlagen;  
DIN VDE 0165, Ausgabe:1991-02, Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen  
DIN VDE 0168, Ausgabe:1992-01, Errichten elektrischer Anlagen in Tagebauen, Steinbrüchen und ähnlichen Betrieben  
DIN VDE 0845-1, Ausgabe:1987-10, Schutz von Fernmeldeanlagen gegen Blitzeinwirkungen, statische Aufladungen und Überspannungen aus Starkstromanlagen; Maßnahmen gegen Überspannungen  
DIN VDE 0845-2, 10/1993, Schutz von Einrichtungen der Informationsverarbeitungs- und Telekommunikationstechnik gegen Blitzeinwirkungen, Entladung. Anforderungen und Prüfungen von Überspannungsschutzeinrichtungen

den Betrieb von erdgebundenen elektrischen Anlagen entsprechen. Hinsichtlich einschränkender Bedingungen und Faktoren sind vom Hersteller entsprechende Angaben zu liefern. Bei Verwendung elektrisch leitfähiger Sensoren und Signalleitungen muss ein Konzept zur Beherrschung der Folgen eines Blitzeinschlages vorliegen. Dieses Konzept muss mindestens enthalten:

- Eine Beschreibung der konstruktiven Maßnahmen zur Ableitung von Überspannungen an den erdgebundenen Komponenten (Sensoren und Anschlussleitungen), sowie
- eine Beschreibung der Maßnahmen zum Schutz von Personen und nicht erdgebundenen Komponenten.

Dieses Konzept sowie die Maßnahmen zur Sicherung der Betriebssicherheit sollen durch eine unabhängige Institution (z.B. TÜV) für jede Bauart individuell begutachtet werden. Dieses Gutachten soll einfließen in das projektunabhängige Eignungsgutachten der BAM. Die vom Hersteller des Dichtungskontrollsystems getroffenen Blitzschutzmaßnahmen dienen der Vorsorge und zur Verringerung des Schadensrisikos, für das der Betreiber der Deponie haftet. Eine vollständige Vermeidung dieses Schadensrisikos ist technisch nicht möglich.

## 2.3 Leistungsfähigkeit, Leistungskriterien

Dichtungskontrollsysteme müssen nach nachvollziehbaren, anerkannten technischen Prinzipien arbeiten. Sie müssen ein objektives Leistungskriterium erfüllen.

---

E DIN EN 61644-1, 7/1999, Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken. Leistungsanforderungen und Prüfverfahren  
E DIN EN 61663-1, 9/1999, Blitzschutz, Telekommunikationsleitungen, Lichtwellenleiteranlagen

Beim Einsatz von sensorgestützten Dichtungskontrollsystemen in Oberflächenabdichtungen entsteht die Notwendigkeit der quantitativen Festlegung technischer Leistungskriterien. Die Leistungsfähigkeit eines Dichtungskontrollsystems wird durch die *Ortungsgenauigkeit* und die *technische Nachweisschwelle* bestimmt. Diese beiden Kenngrößen hängen nicht nur vom verwendeten Messprinzip und der Bauart ab, sondern werden ganz entscheidend von der jeweiligen Einbausituation, den örtlichen Bedingungen und Störfaktoren mit beeinflusst. So sind z. B. Einflüsse aus der Variation der üblicherweise verwendeten mineralischen Materialien, des Aufbaus und der Dimension des Oberflächenabdichtungssystems, und insbesondere Einflüsse der Deponierandbereiche oder von Gasbrunnen und Schachtdurchdringungen zu berücksichtigen. Diese Gegebenheiten machen es notwendig, die Leistungsfähigkeit eines Dichtungskontrollsystems nicht lediglich einmalig im Sinne einer Musterprüfung zu bewerten, sondern einzelfallbezogene Funktions- und Abnahmeprüfungen nach einem möglichst standardisierten Verfahren durchzuführen. Der Ort einer Leckage wird vom Dichtungskontrollsystem durch zwei Koordinatenwerte (x- und y-Wert) angegeben. Es wird typischerweise eine Ortungsgenauigkeit von wenigen Quadratmetern erreicht. Die Größe der bei einer Reparatur vor Ort freizulegenden Fläche wird daher in der Regel durch bautechnische Erfordernisse, und nicht durch die Ortungsgenauigkeit bestimmt.

Im Folgenden werden Leistungskriterien für die Überwachung von Konvektionssperren genannt, sowie Hinweise zur Leistungskontrolle bei der Überwachung von mineralischen Dichtungen angegeben.

### **Eignungsgutachten**

Die Leistungsfähigkeit eines Dichtungskontrollsystems soll im Rahmen des projektunabhängigen Eignungsgutachtens einmalig an

einem funktionsbereiten Dichtungskontrollsystem überprüft werden.

Die Überprüfung und Begutachtung der *Leistungsfähigkeit* wird durch das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg, vorgenommen.

### **Konvektionssperren**

Leckagen müssen dann detektiert werden, wenn sie aufgrund ihrer Größe und Einstauhöhe Durchflussraten verursachen, die diejenigen nach den DIBt-Grundsätzen<sup>6</sup> für Oberflächenabdichtungen der Deponieklasse II übersteigen. Rechnerische Abschätzungen solcher Durchflussraten<sup>7</sup> machen besondere Anforderungen an das Auflager für die KDB in Deponieoberflächen erforderlich, um die tatsächlich durch eine Schadstelle bis zu deren Beseitigung dringende Wassermenge zu limitieren.

Die Leistungsanforderungen für Dichtungskontrollsysteme zur Überwachung von Konvektionssperren lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Technische Nachweisschwelle: Lochdurchmesser  $\leq 5$  mm. Alle Leckagen aufgrund von kreisförmigen Löchern ab 5 mm Durchmesser (entsprechend einer Fläche je Leckagestelle ab  $20 \text{ mm}^2$ ) müssen nachgewiesen werden.

---

<sup>6</sup> Grundsätze für den Eignungsnachweis von Dichtungselementen in Deponieabdichtungssystemen, DIBt, Berlin, November 1995 in: GDA-Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, 3.Auflage 1997, Hg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), p 675 ff.

<sup>7</sup> Siehe hierzu z.B.: W. Müller, Stofftransport in Deponieabdichtungssystemen, Teil 3: Auswirkungen von Fehlstellen in der Dichtungsbahn, ein Überblick, in: Bautechnik 76 (1999) Heft 9, pp. 757-768. Das Modell II berechnet nach Formel 9 den Fluss Q durch ein Loch mit Radius R bei gegebenen Durchlässigkeitsbeiwert k des Auflagers zu  $Q = 4kR(h_w + d_2)$ , mit  $h_w$ : Höhe des Wasseraufstaus,  $d_2$ : Dicke des Auflagers.

- Ortungsgenauigkeit 20 m<sup>2</sup>. Die von einem Dichtungskontrollsystem angezeigte Position einer Leckage muss innerhalb eines Kreises mit Radius  $\cong$  2,5 m (entsprechend einer Fläche von ca. 20 m<sup>2</sup>) um die tatsächliche Position der Leckage liegen.
- Anforderung an das Auflager für die KDB:  $k_f$ -Wert  $\leq 1 \times 10^{-6}$  m/s, Dicke  $\geq 0,15$  m zur Limitierung der durch Schadstellen dringenden Flüssigkeitsmenge.

In trockenen Witterungsperioden ist es durch eine eventuelle Austrocknung der Deckschichten möglich, dass ein normaler Betrieb eines auf Messung elektrischer Parameter basierenden Dichtungskontrollsystems, und damit die Einhaltung der Leistungskriterien, beeinträchtigt oder sogar verhindert wird. Dieser Sachverhalt stellt *keine* grundsätzliche Nutzungseinschränkung dar, da während dieser Zeit mangels Niederschlags kein unzulässiger Wasserdurchtritt in die Deponie zu befürchten ist. Diese potenzielle Gefahr entsteht erst wieder, wenn es aufgrund von Niederschlagsereignissen zu Wasserabflüssen oberhalb des Abdichtungselementes kommt. Dann werden sich in der Regel, zumindest bei schwach bindigen mineralischen Deckschichten mit nicht zu großer Durchlässigkeit, sofort wieder die Bedingungen für die einwandfreie Funktion des Dichtungskontrollsystems einstellen; d.h., durch die Befeuchtung entsteht wieder eine *flächige* elektrische Leitfähigkeit in der Deckschicht. Aus diesem Sachverhalt ergeben sich Konsequenzen für die Funktionsprüfung. Da die Bauaktivitäten in der Regel in die trockenere Jahreshälfte fallen, ist es möglich, dass nach einer längeren niederschlagsfreien Zeitspanne für eine Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems ungünstige Rahmenbedingungen angetroffen werden. Die Funktionsprüfung ist andererseits u. U. entscheidend für den weiteren Bauablauf und kann daher zeitkritisch sein. In solchen Fällen kann es erforderlich sein, den

zu prüfende Bauabschnitt künstlich zu bewässern.

### **Mineralische Dichtungen**

Die folgenden Hinweise gelten für die Bemessung von Leistungsanforderungen bei der Überwachung von mineralischen Dichtungen. Konkrete Festlegungen sollten jeweils im Einzelfall getroffen werden. Hierbei ist eine genaue Kenntnis der spezifischen Materialkennwerte eine notwendige Grundlage für eine Betrachtung und Bewertung von möglichen Versagensszenarien. Dichtungskontrollsysteme für diesen Anwendungsfall sollen mindestens die folgenden Leistungsmerkmale aufweisen:

- Nachweis der Erhöhung der Durchlässigkeit oder der Durchtrittsrates in einer mineralischen Dichtung um  $\geq 1$  Zehnerpotenz.
- Bei Verwendung von Feuchtemessverfahren: Nachweis von lokalen relativen Änderung des Wassergehalts der mineralischen Dichtung um mehr als 5%.
- Ortungsgenauigkeit 100 m<sup>2</sup>. Der von einem Dichtungskontrollsystem angezeigte Ort der Eigenschaftsveränderung sollte innerhalb eines Kreises mit Radius  $\cong$  5,5 m (entsprechend einer Fläche von ca. 100 m<sup>2</sup>) um die tatsächliche Position liegen.

### **2.4 Systemverträglichkeit und Integration in das Abdichtungssystem**

Dichtungskontrollsysteme müssen sich in den Dichtungsaufbau ohne Einbußen bei der Qualität anderer Abdichtungskomponenten integrieren lassen. Die Verbundwirkung der Abdichtungskomponenten und die Standsicherheit des Gesamtsystems dürfen nicht beeinträchtigt werden. Die Konstruktion und die Bauart eines Dichtungskontrollsystems müssen den Betrieb auf Teilabschnitten ermöglichen. Durch den Einbau des Dichtungskontrollsystems dürfen umgebende Schichten, z. B. die Oberflächen von mineralischen Dichtungen

oder Kunststoffdichtungsbahnen nicht beschädigt oder in anderer Weise nachteilig beeinflusst werden. Insbesondere ist jede Art der Befestigung von Komponenten des Dichtungskontrollsystems (Kabel, Sensoren etc.) auf der Kunststoffdichtungsbahn - mit Ausnahme der temporären Fixierung durch adhäsiv wirkende Klebebänder - nicht zulässig.

Durchdringungen von Abdichtungsschichten sind auf ein absolutes Minimum zu begrenzen. Durchdringungen von Kunststoffdichtungsbahnen sind kunststoffgerecht zu konstruieren, durch geschultes Fachpersonal (geprüfter Kunststoffschweißer gemäß DVS 2212<sup>8</sup>) herzustellen und einzubauen, und von einem Fremdprüfer für Geokunststoffe einzeln freizugeben.

Hinsichtlich der Verträglichkeit der Werkstoffe beim Schweißen sind die einschlägigen Regelwerke<sup>9</sup> zu beachten. Werden unterschiedliche Formmassen für Kunststoffdichtungsbahn und Durchdringung verwendet, so gelten folgende Anforderungen<sup>10</sup>: Miteinander schweißbar sind Formmassen innerhalb einer MFR-Gruppe (MFR, Melt Flow Ratio) nach DIN 16776-1, sowie zwischen den MFR-Gruppen 006 und 012.

Dichtungskontrollsysteme dürfen die Verbundwirkung der Dichtungskomponenten sowie die Langzeitstandsicherheit des Dichtungsbaus nicht beeinträchtigen. Die Überprüfung und Begutachtung der grundsätzlichen Systemverträglichkeit und Integration eines Dichtungskontrollsystems in das Abdichtungssystem im Rahmen des projektunabhängigen Eignungs-

gutachtens wird durch das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg, vorgenommen. Zur Einhaltung der hier aufgestellten Anforderungen wird in der Planungsphase eine weitere Überprüfung durch den Planer bzw. die zuständige Behörde unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten sowie besonders die Berücksichtigung der folgenden Aspekte empfohlen:

- Für jedes Projekt soll die vom Dichtungskontrollsystem zu überwachende Fläche explizit festgelegt und in den Bauplänen präzise beschrieben werden.
- Der mögliche Einfluss der erdgebundenen Komponenten, insbesondere bei Verwendung flächiger Sensoren, auf die Standsicherheit muss bei der Erstellung eines Standsicherheitsgutachtens berücksichtigt werden. Gegebenenfalls muss die Standsicherheit des Aufbaus inklusive des Dichtungskontrollsystems in Böschungen explizit nachgewiesen werden.
- Ein Dichtungskontrollsystem soll so geplant und installiert werden, dass eine Funktionskontrolle und der Betrieb auf Teilabschnitten möglich ist. Die Teilabschnitte sind bei der Bauplanung im Einzelfall nach den örtlichen Gegebenheiten festzulegen, und im vorläufigen Verlegeplan für das Dichtungskontrollsystem auszuweisen.

## **2.5 Herstellerunabhängiger Betrieb, herstellerunabhängige Wartung und Selbsttest**

Dichtungskontrollsysteme müssen unabhängig von dem jeweiligen Hersteller auch vom Deponiebetreiber, bzw. von einem von ihm beauftragten Dritten betrieben und gegebenenfalls repariert werden können. Betriebsstörungen des Dichtungskontrollsystems müssen vom Bedienpersonal rasch erkannt werden können. Ein Dichtungskontrollsystem muss über eine Einrichtung zum Selbsttest verfügen, die auf

---

<sup>8</sup> Ausbildung zum Kunststoffschweißer nach DVS 2212 Teil 3, "Prüfung von Kunststoffschweißern, Prüfgruppe III, Bahnen im Erd- und Wasserbau".

<sup>9</sup> „Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für die Abdichtung von Deponien und Altlasten“, BAM, Berlin, September 1999.

<sup>10</sup> DIN 16776-1, Ausgabe 1984-12, Kunststoff-Formmassen, Polyethylen(PE)-Formmassen; Einteilungen und Bezeichnungen.

Anfrage Auskunft über die Funktionsbereitschaft des Systems gibt. Die Steuer- und Auswertesoftware soll Störungen automatisch melden, protokollieren und dem Betreiber Hilfestellungen bei der Analyse möglicher Ursachen geben. Das Dichtungskontrollsystem muss einen Schutz gegen Totalausfall bieten. Die anhand von Schaltungs- und Funktionsplänen zu überprüfenden Kriterien für einen ausreichenden Schutz sind:

- Modulare, sinnvoll strukturierte Sensorenanordnung mit voneinander unabhängig funktionierenden Teilabschnitten.
- Redundanter Zugriff auf Sensoren (d. h. der parallele Anschluss über unabhängige Leitungen). Alternativ muss eine redundante Anordnung der erdgebundenen Sensoren erfolgen. Die Wahl der Anzahl und des Rasterabstandes punktförmiger Sensoren soll dabei, möglichst unter Einbeziehung von Erfahrungswerten, so vorgenommen werden, dass der Ausfall eines Sensors weder zu einer Beeinträchtigung der geforderten technischen Nachweisschwelle noch zu einer Verringerung der geforderten Ortungsgenauigkeit führt.
- Begrenzung der Auswirkungen eines irreversiblen Systemfehlers (Sensorversagen: Ein Bruch von erdgebundenen Anschlussleitungen etc. in einem Teilabschnitt darf nicht zum Totalausfall des Dichtungskontrollsystems führen).
- Realisierung einer automatisierten Selbsttestfunktion des Dichtungskontrollsystems.
- Gewährleistung der Modernisierbarkeit der Komponenten durch eine ausführliche technische Dokumentation.

Die hier geforderten Systemeigenschaften sollen für jede Bauart einmalig gegenüber dem

SKZ als Prüfinstitution an einem funktionsfähigen Dichtungskontrollsystem im Rahmen des projektunabhängigen Eignungsgutachtens demonstriert und nachgewiesen werden.

Als weiterer, ergänzender Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen gilt die Vorlage einer vollständigen technischen Dokumentation des Dichtungskontrollsystems einschließlich Funktionsbeschreibungen, Bestückungslisten, Installations- und Bauplänen gemäß Nr. 7. Die Überprüfung dieser Dokumentation durch die BAM (Vollständigkeit) und das SKZ (Anwendbarkeit, im Rahmen des Praxistests), mit Ausnahme der projektspezifischen Unterlagen, ist Bestandteil des projektunabhängigen Eignungsgutachtens.

### 3. Eignungsgutachten und Prüfungen

Die Einhaltung der unter Nr. 2 aufgeführten technischen Anforderungen ist unter einheitlichen Bedingungen zu prüfen und zu belegen. Die Eignung eines Dichtungskontrollsystems wird auf Antrag und Rechnung des Herstellers eines Dichtungskontrollsystems nach erfolgter Prüfung durch ein **projektunabhängiges** und **produkt- bzw. bauartbezogenes Eignungsgutachten** der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, bescheinigt. Weitere Prüfungen und Nachweise sind während der **projektspezifischen Planung**, der **Bauausführung** und der **Abnahme** vorgesehen.

Die Tabelle 1 auf der folgenden Seite zeigt die Zuordnung der technischen Anforderungskriterien zu diesen Prüfmaßnahmen und gibt die jeweils mit den Prüfungen befassten Institutionen an.

**Tabelle 1: Zuordnung der technischen Anforderungskriterien zu den Prüfungsmaßnahmen**

	Projektunabhängiges Eignungsgutachten	Projektspezifische Planung	Bauausführung	Abnahme
<b>Prüfinstitution</b>	BAM <sup>1)</sup> federführend, SKZ <sup>2)</sup> , Dritte <sup>3)</sup>	Planer, zuständige Behörde	Baufirma, E/F, zuständige Behörde	zuständige Behörde, Deponiebetreiber
<b>Anforderungskriterien</b>				
Beständigkeit erdgebundener Komponenten	X <sup>1)</sup>			
Betriebssicherheit	X <sup>3)</sup>	X		
Leistungsfähigkeit	X <sup>2)</sup>			
Systemverträglichkeit	X <sup>2)</sup>	X		
Herstellerunabhängiger Betrieb, Wartung	X <sup>1, 2)</sup>			
Selbsttestfähigkeit	X <sup>2)</sup>			
QM Produktion	X <sup>1)</sup>			
QM Bau		X	X	
QS-Plan		X		
Funktionstüchtigkeit				X
Dokumentation	X <sup>1)</sup>			X
Nutzungsphase	X			X

QM: Qualitätsmanagement, QS: Qualitätssicherung, E: Eigenprüfung, F: Fremdprüfung

Für das projektunabhängige Eignungsgutachten zieht die BAM Gutachten und Prüfberichte anderer Prüfinstitutionen hinzu, die im Auftrag und auf Rechnung des Antragstellers (d.h. des Herstellers des DKS) separat erstellt werden. Als Prüfinstitution für die Begutachtung der Anforderungskriterien Leistungsfähigkeit, Systemverträglichkeit, Herstellerunabhängiger Betrieb und Selbsttestfähigkeit (siehe Nr. 2.3, 2.4 und 2.5) ist das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg, vorgesehen. Mit der Beurteilung der *Betriebssicherheit* (siehe Nr. 2.2) soll der Antragsteller in Absprache mit der BAM eine anerkannte Fachinstitution seiner Wahl beauftragen.

Für das projektunabhängige Eignungsgutachten führt die BAM auf Antrag und Kosten des Auftraggebers folgende Maßnahmen durch:

- Begutachtung der QS-Maßnahmen und Werksprüfungen des Herstellers und ggf. seiner Sublieferanten bei der Herstellung der erdgebundenen Komponenten.
- Bewertung der Ergebnisse anderer Prüfinstitute zu den Beständigkeitsprüfungen an Komponenten nach Anhang 1, Überprüfung auf Konsistenz und Vollständigkeit.
- Begutachtung der Beständigkeit von Spezialanfertigungen, auf die Standardprüfungen nach einschlägigen Normen nicht oder nur

eingeschränkt angewendet werden können. Hierbei werden nach Möglichkeit bereits vorliegende Prüfergebnisse und entwickelte Prüfverfahren des Herstellers (Werksprüfungen), seiner Sublieferanten, oder anderer Prüfinstitute berücksichtigt und bewertet. Erforderlichenfalls wird die BAM die Ausstellung eines Eignungsgutachtens von zusätzlichen Prüfungen der Beständigkeit von erdgebundenen Systemkomponenten abhängig machen, hierzu Vorschläge unterbreiten und den Antragsteller eingehend beraten.

- Bewertung und Einbeziehung der Gutachten anderer Prüfinstitutionen bei der Gesamtbegutachtung.
- Die BAM stellt das Ergebnis der Begutachtung in Form eines *produkt- und bauartbezogenen* Eignungsgutachtens für die Anwendung des Dichtungskontrollsystems mit projektierte Funktionsdauer bis ca. 30 Jahren dar.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des projektunabhängigen Eignungsgutachtens wird der BAM vom Hersteller des Dichtungskontrollsystems eine vollständige Beschreibung der Steuer- und Auswerteverfahren zur Verfügung gestellt.

## **4. Qualitätsmanagement (QM)**

### **4.1 QM Produktion**

Für die Herstellung der unter Nr. 2.1 aufgeführten Komponenten von Dichtungskontrollsystemen ist ein Qualitätsmanagementsystem analog zu ISO 9000 ff nachzuweisen. Es sollen ausschließlich Vorprodukte aus zertifizierten Betrieben oder durch eine Eingangsprüfung nach Prüfanweisung geprüfte Vorprodukte verwendet werden. Die Qualität von Komponenten der Kategorie a), siehe Nr. 2.1, muss regelmäßig und durch Dritte nachvollziehbar durch produktionsbegleitende Prüfungen

gesichert werden. Im Rahmen des projektunabhängigen Eignungsgutachtens überprüft und bewertet die BAM die QM-Maßnahmen des Herstellers.

### **4.2 QM Bau**

#### **4.2.1 Rechtsform und Versicherungsschutz des Herstellers**

Ein Hersteller eines Dichtungskontrollsystems muss als Firma rechtlich eindeutig identifizierbar sein. Ein angemessener Haftpflichtversicherungsschutz (Betriebshaftpflicht 5 Mio. DM, Produkthaftpflicht mind. 5 Mio. DM Deckungssumme) muss bestehen, der auch die Haftung für solche Folgekosten explizit mit einschließt, die aufgrund eventueller fehlerhafter Anzeigen von Leckagen in intakten Dichtungsabschnitten entstehen.

#### **4.2.2 Zusätzliche technische Vertragsbedingungen, Musterleistungsverzeichnis**

Zur optimalen Vertragsgestaltung und zur Unterstützung der projektspezifischen Planung sind im Anhang 2 Muster-Vertragsbedingungen (ZTV, Zusätzliche technische Vertragsbedingungen) und ein Muster-Leistungsverzeichnis für Dichtungskontrollsysteme für KDB beigelegt. Für andere Abdichtungselemente ist der Anhang 2 sinnvoll anzupassen.

#### **4.2.3 Qualitätssicherungsplan**

Die notwendigen Maßnahmen des Qualitätsmanagements bei Lieferung und Einbau eines Dichtungskontrollsystems sind in einem Muster-Qualitätssicherungsplan (QSP-DKS, Lieferung und Einbau des Dichtungskontrollsystems für KDB), siehe Anhang 3, zusammengefasst, der auch Empfehlungen zu Maßnahmen und Umfang der Fremdprüfung auf der Baustelle enthält. Diese Vorlage soll die Planer bei der Erstellung spezifischer Qualitätssicherungspläne für konkrete Bauprojekte unterstützen. Der

Einbau eines Dichtungskontrollsystems und die damit verbundenen Besonderheiten bei der Herstellung eines Oberflächenabdichtungssystems insgesamt müssen im Qualitätssicherungsplan (siehe TA Abfall Nr. 9.4.1.2 und TA Siedlungsabfall Nr. 10.4.1.2) hinreichend berücksichtigt werden. Für andere Abdichtungselemente ist der Anhang 3 sinnvoll anzupassen.

#### **4.2.4 Fremdprüfung**

Der Einbau bedarf einer geeigneten Fremdprüfung. Die Ergebnisse der Fremdprüfung sind die Grundlage für die abfallrechtliche Abnahme durch die zuständige Behörde.

Von entscheidender Bedeutung für die räumliche Zuordnung von Mess- und Überwachungsergebnissen ist eine eindeutige Dokumentation der Lage der erdgebundenen Komponenten und Sensoren des jeweiligen Dichtungskontrollsystems. Hierzu ist eine ingenieurmäßige Einmessung der Bauteile und der Sensoren und deren Dokumentation im Bestandsplan erforderlich. Die Einmessung ist durch den Fremdprüfer in dem im QS-Plan festgelegten Umfang zu überprüfen.

Der Fremdprüfer für das Dichtungskontrollsystem soll sinngemäß den Anforderungen der BAM-Richtlinie<sup>11</sup> "Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle" entsprechen und über einschlägige Erfahrungen als Fremdprüfer im Deponiebau verfügen. Darüber hinaus soll der verantwortliche Fremdprüfer Projekterfahrung mit dem zum Einbau kommenden Dichtungskontrollsystem aus mindestens einem Bauprojekt haben *oder* vom Hersteller des Dichtungskontrollsystems ausführlich in das System eingewiesen worden sein. Diese Einweisung soll mindestens die

<sup>11</sup> "Fremdprüfung beim Einbau von Kunststoffkomponenten und -bauteilen in Deponieabdichtungssystemen", Richtlinie der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) für Anforderungen an die Qualifikation und Aufgaben einer Fremdprüfenden Stelle, BAM, Berlin, August 1998.

Demonstration eines funktionsfähigen Dichtungskontrollsystems auf einem Testfeld und die Unterrichtung über installationsspezifische Aspekte umfassen. Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems stellt über diese fachliche Einweisung einen personenbezogenen Nachweis der Sachkunde aus.

#### **4.2.5 Probefeld**

Es wird empfohlen, das Dichtungskontrollsystem zunächst in einem Probefeld gemäß TA Abfall Anhang E einzubauen. Der Aufbau des Probefeldes darf nach Art, Materialien und Einbauverfahren nicht vom Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems abweichen. Insbesondere wird empfohlen, den Einbau des Dichtungskontrollsystems in steilen Böschungen auf einem Probefeld zu testen.

## **5. Funktionsprüfung**

Die ordnungsgemäß durchgeführte und erfolgreich absolvierte Funktionsprüfung ist eine Voraussetzung für die behördliche Abnahme des Dichtungskontrollsystems. Für die Einzelkomponenten, die Auswerteeinheit und das Gesamtsystem ist nach der Installation und Herstellung der Betriebsbereitschaft auf Teilabschnitten oder der Gesamteinbaufläche eine Funktionsprüfung unter Leitung des Fremdprüfers vorzunehmen. Dem Fremdprüfer sind dazu die aktuellen Verlege- und Bestandspläne vorzulegen. 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.

Das Dichtungskontrollsystem muss spätestens 1 Jahr nach Fertigstellung des Oberflächenabdichtungssystems funktionstüchtig sein.

Eine mit einem Dichtungskontrollsystem vorgenommene Kontrolle und Bewertung des Zustands eines Abdichtungselementes oder eines Teilgewerkes (z. B. als zusätzliche Maßnahme bei Fremdprüfung oder Bauabnahme der Verlegung der Kunststoffdichtungsbahn) ist ohne eine vorherige, ordnungsgemäß durchgeführte und erfolgreich absolvierte Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems selbst nicht zulässig.

Die Funktionsprüfung für das Dichtungskontrollsystem als Bestandteil der VOB-Abnahme kann nach erfolgter Installation auf Teilabschnitten oder der Gesamfläche der Oberflächenabdichtung vorgenommen werden. Sie kann zugleich Teil der behördlichen Abnahme der Oberflächenabdichtung sein. Bei einigen Systemen (siehe z. B. die Verfahren zur Potenzialmessung) kann die Funktionsprüfung aus technischen Gründen erst *nach* Überdeckung der kontrollierten Abdichtungskomponente mit einer Drainageschicht und/oder Deckschicht erfolgen.

### **Allgemeine Regeln der Funktionsprüfung**

- Vor der eigentlichen Funktionsprüfung muss der Hersteller Gelegenheit bekommen, Probemessungen durchzuführen und das Dichtungskontrollsystem zu optimieren. Die gewählten Systemeinstellungen sowie eventuelle Veränderungen müssen protokolliert und dem Deponiebetreiber, dem Fremdprüfer sowie auf Verlangen der zuständigen Behörde zur Verfügung gestellt werden. Eine Funktionsprüfung des Dichtungskontrollsystems kann erst nach Freigabe durch den Hersteller erfolgen.
- Die Funktionsprüfung wird vom Hersteller durchgeführt.
- Während der Messungen dürfen keine Erdarbeiten im Testabschnitt durchgeführt werden. Das Überfahren des Testabschnitts ist nicht erlaubt.

- Testleckagen sind nur im zu überwachenden Bereich (siehe Nr. 2.4) einzubringen.
- Der Fremdprüfer fertigt ein Protokoll der Funktionsprüfung an, in dem die Randbedingungen (Witterungsverhältnisse, Lage, Größe, Art des Testabschnittes, Lage, Art und Anzahl von Testleckagen, Besonderheiten wie Maßnahmen zur Befeuchtung etc.) sowie der Verlauf und das Ergebnis festgehalten sind.

### **Funktionsprüfung von DKS für Konvektionssperren**

- Die Kunststoffdichtungsbahn muss nach den Anforderungen der Zulassungsrichtlinie wellenfrei verlegt sein. Die Kunststoffdichtungsbahn überdeckende Schichten müssen mächtig genug sein, um eine flächige Anpressung der KDB auf das Auflager zu gewährleisten.
- Testleckagen werden nach Anweisung des Fremdprüfers und/oder der zuständigen Behörde eingebracht. Die genaue Position und Anzahl von Testleckagen ist vom Fremdprüfer zu protokollieren. Nach Abschluss der Funktionskontrolle veranlasst der Deponiebetreiber die ordnungsgemäße Reparatur aller absichtlichen Beschädigungen des Abdichtungselementes und die ordnungsgemäße Herstellung des Dichtungsaufbaus durch eine Fachfirma (Verlegefachbetrieb). Der Fremdprüfer kontrolliert ob diese Arbeiten vollständig, ordnungsgemäß und fachgerecht durchgeführt worden sind.
- 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 Leckagen durch Bohren oder Fräsen einzubringen.

Der Nachweis der einwandfreien Funktion stützt sich auf zwei Aspekte:

- *Nachweis von Leckagen:* Mindestens drei künstlich in das Abdichtungselement eingebrachte kreisförmige Leckagen mit einem Durchmesser von 5 mm, deren Positionen dem Operateur zuvor nicht bekannt sind, müssen vom Dichtungskontrollsystem mit einer Ortungsgenauigkeit von  $\leq 20 \text{ m}^2$  festgestellt werden.

Bei den elektrischen Dichtungskontrollsystemen sind weitere Verfahren zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit in der Entwicklung. Diese Verfahren können bei nachgewiesener Eignung alternativ eingesetzt werden.

- *Nachweis der Fehlerfreiheit:* Alle Leckagen müssen sukzessive beseitigt werden. Hierbei ist durch Kontrollmessungen zu prüfen, ob ein dann tatsächlich leakagefreier Testabschnitt vom Dichtungskontrollsystem auch als leakagefrei angezeigt wird.

Dieser Test soll zeigen, ob das Dichtungskontrollsystem externe oder interne Störeinflüsse und Messwertschwankungen als nicht relevante Signale identifiziert und nicht irrtümlich als Leckagen anzeigt. Der Test ist bestanden, wenn das Dichtungskontrollsystem den Testabschnitt richtigerweise als leakagefrei charakterisiert, nachdem alle zuvor angezeigten Leckagen beseitigt wurden. Unter "leakagefrei" wird hierbei entsprechend der Definition der technischen Nachweisschwelle das Nichtvorhandensein von Leckagen durch Schadstellen mit lateraler Ausdehnung ab  $20 \text{ mm}^2$  verstanden.

Die folgenden Punkte gelten nur für Dichtungskontrollsysteme, die elektrische Potenziale bzw. Widerstände messen:

- Bei starkem Regen sind keine Messungen vorzunehmen. Die Beurteilung der Situation obliegt dem Fremdprüfer.
- Im Sinne der ordnungsgemäßen Funktion des Dichtungskontrollsystems ist ausrei-

chend, eng benachbarte Leckagen *sukzessive*, d.h. zeitlich nacheinander nachzuweisen

- Bei nicht ausreichender flächiger Befeuchtung der Oberflächenabdichtung ist eine künstliche Befeuchtung des Testabschnittes vorzunehmen. Eine Bewässerung ist mit dem Fremdprüfer abzustimmen. In Zweifelsfällen ist die Befeuchtungssituation durch Probeschachtungen zu überprüfen.
- Es wird empfohlen, durch konstruktive Maßnahmen elektrische Randumläufigkeiten zwischen der Oberflächenabdichtung und dem Deponierand möglichst zu vermindern.

### ***Funktionsprüfung von Dichtungskontrollsystemen in mineralischen Dichtungen***

Gegenwärtig werden verschiedene Methoden konzipiert und erprobt. Aus diesen Gründen können hier keine generellen Empfehlungen gegeben werden. Verfahren und Methoden zur Funktionskontrolle müssen im Rahmen der projektunabhängigen Eignungsgutachten festgelegt werden.

## **6. Nutzungsphase**

Die Nutzungsphase beginnt nach der Abnahme. Der Deponiebetreiber muss spätestens dann in der Lage sein, das System autark zu betreiben, und über alle Informationen, Rechte und Lizenzen hierzu verfügen. Er autorisiert Personen (Operateure) für den Betrieb des Dichtungskontrollsystems im Einvernehmen mit der zuständigen Behörde und dem Hersteller. Die Operateure werden durch den Hersteller gründlich eingewiesen. Der Betrieb des Dichtungskontrollsystems kann auch auf der Grundlage eines Dienstleistungsvertrages des Deponiebetreibers mit dem Hersteller oder mit einem von ihm autorisierten Partner abgewickelt werden. Die Möglichkeit des autarken

Betriebs der Anlage und der Einsichtnahme der zuständigen Behörde darf hierdurch jedoch nicht eingeschränkt werden.

Das Dichtungskontrollsystem wird in mit der zuständigen Behörde vereinbarten Intervallen zur Kontrolle der Oberflächenabdichtung betrieben. Die Messungen sind mindestens 2x jährlich unter geeigneten meteorologischen Randbedingungen durchzuführen. Je nach Erkenntnis kann eine Erhöhung der Messhäufigkeit erforderlich oder eine Reduzierung möglich sein. Eine Reduzierung bedarf der Zustimmung der zuständigen Behörde.

Vor jeder Messung ist das Dichtungskontrollsystem einem Selbsttest zu unterziehen. Beim Einsatz zur Überwachung von Feuchteänderung in mineralischen Schichten ist mindestens monatlich zu messen. Über jede einzelne Kontrollmessung muss ein Kontrollbericht angefertigt werden. Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems spezifiziert die für die Messungen relevanten Umgebungsparameter (z. B. Bodenfeuchte, Niederschlagsmengen, Temperatur etc.). Diese Parameter müssen gemessen und im Kontrollergebnis protokolliert werden.

Die gemäß der Genehmigung durchzuführenden regelmäßigen Messungen sind Teil der Kontrollen nach Nr. 9.6.6. TA Abfall bzw. 10.6.6 TA Siedlungsabfall und sind in ausgewerteter Form als Bestandteil des Jahresberichtes und der Erklärung zum Deponieverhalten jährlich der zuständigen Behörde vorzulegen.

Leckagestellen, die nach bestandener Funktionsprüfung mit dem Dichtungskontrollsystem festgestellt werden, müssen in jedem Fall durch Aufgrabung verifiziert, analysiert, gegebenenfalls repariert und in dem Kontrollbericht protokolliert werden.

In der Regel werden die vom Dichtungskontrollsystem generierten Rohdaten computergestützt erfasst, gespeichert und mit spezieller Software bearbeitet. Auf einem Diagramm wird als Kontrollergebnis der Zustand der Oberflächen-

dichtung sichtbar gemacht. Die automatisierte Aufarbeitung von Rohdaten zu diesem Zweck und die Darstellung von Kontrollergebnissen gehören in der Regel zum Leistungsumfang des Systems. Die dabei verwendeten Prozeduren und Algorithmen müssen in der Systemdokumentation beschrieben und nachvollziehbar sein. Werden Systemeinstellungen und -funktionen durch einen Parametersatz beeinflusst, so muss der relevante Parametersatz durch eine Bezeichnung und ein Datum identifizierbar und gegen unbeabsichtigte oder unautorisierte Veränderung geschützt sein.

Das Kontrollergebnis, welches einem Anwender vom Dichtungskontrollsystem zur Verfügung gestellt wird, muss durch ihn eindeutig zu bewerten sein. Unter einer eindeutigen Bewertung ist hier folgendes zu verstehen: Der Anwender muss auf der Grundlage des Kontrollergebnisses in der Lage sein, zu entscheiden, ob in einer Oberflächenabdichtung Leckagen von der Größe der geforderten technischen Nachweisschwelle entweder vorhanden sind oder sicher ausgeschlossen werden können. Insbesondere ist deshalb zu fordern, dass nicht leckagebedingte Störeinflüsse und Messwertanomalien von der Analysesoftware als solche erkannt und weitestgehend automatisch kompensiert werden.

Das Dichtungskontrollsystem muss die regelmäßige Datensicherung auf externen Datenträgern ermöglichen. Die Steuer- und Auswerteeinheit muss gegen unberechtigten Zugriff, insbesondere gegen unberechtigte Veränderung von Systemeinstellungen, geschützt sein. Die Führung eines computergestützten, gegebenenfalls automatisierten Logbuches wird empfohlen.

Es sind Vorkehrungen zur sicheren Archivierung von Rohdaten und Kontrollergebnissen, getrennt von der Steuer- und Auswerteeinheit, auf gebräuchlichen Speichermedien (Disketten, CD-ROM, Ausdrucke) nach dem aktuellen Stand der Technik zu treffen. Die Kontroller-

gebnisse sind in das Betriebstagebuch aufzunehmen.

## 7. Technische Dokumentation

Die technische Dokumentation des Dichtungskontrollsystems ist vom Hersteller zu erstellen. Die Dokumentation umfasst:

- a) Beschreibung des technischen Aufbaus und der Funktionsweise.
- b) Beschreibung des Installations- und Verlegevorgangs.
- c) Beschreibung aller Systemfunktionen.
- d) Spezifikation und verbindliche Festlegung der Bauart und der Werkstoffe der erdgebundenen Komponenten.
- e) Angaben zur Qualitätssicherung, Eignungsgutachten.

### **Zu a) Beschreibung des technischen Aufbaus und der Funktionsweise**

Die Beschreibung muss enthalten:

- den prinzipiellen Aufbau aus den Komponenten,
- das Zusammenwirken der Komponenten,
- das zur Anwendung kommende Messprinzip,
- die Generierung und Darstellung von Kontrollergebnissen sowie
- eine Aufzählung von Mindestvoraussetzungen und eventueller technischer Ausschlusskriterien des Standortes (Störfaktoren),
- einen Wartungsplan.

Spätestens bei der Abnahme des Dichtungskontrollsystems sind diese Angaben zu ergänzen durch einen detaillierten, objektspezifischen Installationsplan und einen objektspezifischen, verbindlichen Verlegeplan. Der Installationsplan ist gegebenenfalls durch Unterlagen über verwendete Geräte und Komponenten anderer

Hersteller zu ergänzen. Eine vollständige Liste der Komponenten der Mess- und Auswerteelektronik soll Art, genaue Typenbezeichnung, Seriennummern, Hersteller, Verwendungszweck, Funktion und Ort des Einbaus im Dichtungskontrollsystem enthalten. Der Verlegeplan muss die gesamte Auftragsfläche mit allen objektspezifischen Detaillösungen enthalten und Angaben zum zeitlichen Ablauf der Baumaßnahmen machen. Anhand des Verlegeplans muss die Strukturierung des Dichtungskontrollsystems in Teilabschnitte klar erkennbar und nachvollziehbar sein. Die Positionen von erdverlegten Komponenten, insbesondere von Sensoren und Zuleitungen sind *mit entsprechenden Toleranzen* anzugeben. Der Verlegeplan ist auf der Grundlage der Verlegeanweisung (siehe b) zu erstellen. Im Zuge der Bauausführung ist der Verlegeplan fortzuschreiben und als Bestandsplan in die Dokumentation aufzunehmen.

### **Zu b) Verlegeanweisung**

Eine detaillierte Installations- und Verlegeanweisung ist erforderlich zur Gewährleistung einer optimalen Bauablaufplanung und eines fachgerechten Einbaus des Systems. Die Verlegeanweisung muss alle zur Anlieferung, Zwischenlagerung auf der Baustelle, Handhabung und Verlegung wichtigen Angaben enthalten. Eventuell bei der Installation zu beachtende Einschränkungen und Belastungsgrenzen, wie z. B. eine im Vergleich zur Kunststoffdichtungsbahn verminderte mechanische Belastbarkeit von Komponenten des Dichtungskontrollsystems, sind explizit anzugeben. Der Verlege- und Installationsablauf ist detailliert zu beschreiben. Die hierbei verwendete Einbauverfahrenstechnik sowie die notwendigen Geräte und Hilfsmittel sind aufzuführen. *Von entscheidender Bedeutung ist die explizite Angabe von Positionstoleranzen für die erdgebundenen Komponenten, insbesondere für die Sensoren.*

### **Zu c) Beschreibung und Dokumentation aller Systemfunktionen**

*Computer, Software:* Die zur korrekten Installation und Inbetriebnahme der Software erforderlichen technischen Voraussetzungen (Hardware-Ausstattung, Betriebssystem) und Prozeduren müssen aufgelistet werden. Hierzu zählt ein Verzeichnis aller zu installierenden Files. Der Deponiebetreiber muss über die Rechte und Lizenzen sowie die entsprechenden Datenträger zur Nutzung und ggf. Neuinstallation der Software verfügen. Alle vom Anwender aktivierbaren Systemfunktionen, Befehle und Bedienelemente müssen vollständig aufgelistet und beschrieben sein. Eine detaillierte Beschreibung insbesondere der Funktionen für den normalen Kontrollbetrieb, für den Selbsttest, und zur Reaktion auf Betriebsstörungen muss enthalten sein. Eine Liste mit Erläuterungen zu den von der Steuersoftware generierten Status- und Fehlermeldungen ist erforderlich. Die für die Rohdatenverarbeitung und Kontrolleergebnisherstellung verwendeten Prozeduren und Algorithmen müssen beschrieben sein. Die Beschreibung muss explizite Hilfestellung geben für die Interpretation des Kontrolleergebnisses, sowie die softwaremäßigen Möglichkeiten der Einstellungen von Parametern und der Optimierung aufzuführen.

*Hardware, Mess- und Auswerteelektronik:* Alle vorhandenen Justier- und Einstellvorrichtungen müssen aufgeführt und beschrieben werden. Die für eine korrekte Funktion typischen und notwendigen technischen Betriebs- und Systemparameter wie z. B. Betriebsspannungen und -ströme, Übergangswiderstände, Leitungswiderstände, Dämpfungsfaktoren etc. sind zusammengefasst in einer Übersicht (Liste, Datenblatt, Datenfile etc.) aufzuführen.

### **Zu d) Spezifikation und verbindliche Festlegung von Bauart und Werkstoffen**

Die Bauart und die Werkstoffe der erdgebundenen Komponenten sind zu beschreiben. Hierzu gehören folgende Angaben:

- Nennung von Aufbau, Abmessungen, Rohstofftypen und -lieferanten, Hersteller (Werk, Ort) und Typ industriemäßig gefertigter Kabel und erdverlegten Komponenten.
- Beschreibung von Spezialanfertigungen, d.h. von nicht kabelartigen Sensoren, speziellen Anschlüsse, Abzweigungen aus Busleitungen der Kategorie a) (siehe Nr. 2.1): Beschreibung des Aufbaus, Nennung aller verwendeten Rohstofftypen und -lieferanten und ggf. Additive und Zuschlagstoffe, Nennung des/der Hersteller (Werk, Ort) und Kurzbeschreibung des Herstellungsprozesses. Beschreibung der Werksprüfungen und qualitätssichernden Maßnahmen des Herstellers.

### **Zu e) Eignungsgutachten, Prüfzeugnisse, sonstige Angaben**

Die technische Dokumentation wird durch das projektunabhängige Eignungsgutachten der BAM, sowie Prüfzeugnisse und Gutachten weiterer Institutionen vervollständigt.

# **Anhang 1**

## **Werkstoffliche Anforderungen an erdgebundene Kabel, kabelartige Sensoren und Edelstahlelektroden**

## 1. Übersicht

Werkstoffliche Anforderungen an Dichtungskontrollsystem-Komponenten bei projektierter Funktionsdauer bis ca. 30 Jahren

Kategorie	Prüfungen
<b>Kategorie a)</b> dauerhaft unzugängliche Komponenten	<b>Kabel / Zuleitungen / kabelartige Sensoren</b> → Standardverfahren, siehe Nr. 2, → spezielle Langzeitprüfungen, siehe Nr. 3  <b>Spezialanfertigungen / sonstige Sensoren</b> → Prüfverfahren und Werksprüfungen der Hersteller, → ggf. zusätzliche Prüfungen durch unabhängige Prüfinstitution → besondere Anforderungen siehe Nr. 4
	abschließende Bewertung und projektunabhängiges Eignungsgutachten durch die BAM
<b>Kategorie b)</b> zugängliche Komponenten	→ Standardverfahren, siehe Nr. 2

## 2. Mindestanforderungen an Kabel und kabelartige Sensoren nach DIN VDE 0819-104 und DIN EN 60811

Bevorzugter Werkstoff für Kabelmäntel und Isolierungen ist Polyethylen.

Prüfung	Prüfnorm	PE-Werkstoffklasse		
		LMD	HD	LLD
<b>Dichte (g/cm<sup>3</sup>)</b>	DIN EN 60811-1-3 Abschn. 8	≤ 0.940	> 0.940	≤ 0.940
<b>MFI (Melt Flow Index)</b>	DIN EN 60811-4-1 Abschn. 10	< 0.4 < 2.5	≤ 1.0	≤ 1.0
<b>mechan. Eigenschaften</b> Anlieferungszustand $\sigma_{\max}$ (MPa) $\epsilon_{\max}$ (%)	DIN EN 60811-1-1 Abschn. 9	10 300	18 300	16 300

Fortsetzung nächste Seite

Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien  
Empfehlungen des AKDKS, Anhang 1, Seite 3

Fortsetzung:

Prüfung	Prüfnorm	Kriterium
<b>Alterung in Luft</b> 100°C, Dauer 10 d 100°C, Dauer 168 d *)  ε <sub>max</sub> (%)	DIN EN 60811-1-2 Abschnitt 8; HD 620 S1	- Keine Veränderung gegenüber Anlieferungszustand -
<b>Spannungsriß</b> <b>1.</b> Kerbversuch an Prüfplatten aus Granulat Lagerung in 10% Tensidlösung (Igepal CO 630) bei 50°C  Dauer 48 h Dauer 1000 h *)  Visuelle Inspektion  <b>2.</b> Biegetest an Kabelproben nach Lagerung in 1% Tensidlösung bei 50°C, Dauer 72 h  Visuelle Inspektion  <i>alternativ zu 2.</i> <b>3.</b> Biegetest an Kabelmantelproben, Lagerung in 1% Tensidlösung bei 50°C, Dauer 48 h  Visuelle Inspektion	DIN EN 60811-4-1 Abschn. 8, Verfahren B   HD 620 S1 *)   DIN VDE 0819-104 Anhang C, Verfahren A   DIN VDE 0819-104 Anhang C, Verfahren B	- keine Beschädigungen -      - keine Beschädigungen -      - keine Beschädigungen -
<b>Rußgehalt</b> (gegebenenfalls)  <b>Rußverteilung</b> ( " )	DIN EN 60811-4-1 Abschnitt 11  DIN VDE 0819-104 Anhang B	2.5 ±0.5%  zu bestehen

\*) Verschärfungen für Kategorie a) lt. Norm HD 620 S1 5C-5

### 3. Spezielle Langzeitprüfungen für Kabel und kabelartige Komponenten der Kategorie a)

Prüfung	Prüfnorm	Kriterium
Langzeitlebensdauertest bei Installation als Erdkabel oder oberhalb Erdboden unter gemäßigten Bedingungen	DIN EN 60811-4-2, Anhang A (Entwurf 2/99)	keine Beschädigungen  ≥ 2 min
Warmlagerung von Kabelstücken bei 100°C, Dauer 42 d		
Visuelle Inspektion nach Wickeltest		
OIT-Zeit nach Warmlagerung (Messtemperatur 200°C für PE, Al-Tiegel, Schutzgas N <sub>2</sub> , Prüfstück mit Cu-Leiter)		
Fortsetzung der Warmlagerung im Umluftofen bei 60°C, Dauer 7 d		
Visuelle Inspektion nach Wickeltest		

### 4. Besondere Anforderungen an Edelstahlelektroden, Sensoren, Kontakte und Sonderanfertigungen aus Edelstahl für DKS-Komponenten der Kategorie a)

#### **Mindestanforderungen an Werkstoffe:**

- Stahlwerkstoff mit mindestens 18% Cr, 11% Ni, 2,6% Mo legiert, entsprechend den Werkstoffnummer 1.4401, 1.4571.
- Konstruktion muss metallisch blanke Oberfläche frei von Schweiß- und Bearbeitungsspuren aufweisen, Spalten sind zu vermeiden.
- Schweißverbindungen sind nicht zulässig.

#### **Mindestanforderung an die Konstruktion:**

- kein ungeschützter Kontakt zu anderen Metallen im korrosionsgefährdeten Bereich
- Kontaktstellen und elektrische Anschlüsse sind geschützt auszuführen, die Dauerhaftigkeit des Schutzes ist nachzuweisen.
- Mindestabmessungen für Elektroden entsprechend DIN EN 50114, Tabelle 1

#### **Anforderungen an das umgebende Material:**

Ein besonderer Langzeitnachweis und ein besonderer Korrosionsschutz gegen Lochfraß ist angezeigt, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen zutrifft:

- Chlorid-Konzentration im umgebenden mineralischen Material, gemessen im Bodenauszug, > 200 mg/l. (zur Messmethode siehe unten: Technische Regel DVGW GW 9).
- pH-Wert < 5 im umgebenden mineralischen Material
- hohe Konzentration an Graphit, Kohlenstoffpartikel

## 5. Übersicht Normen

**DIN EN 60811-1-3**, Ausgabe:1996-03 Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 3: Dichtebestimmung, Wasseraufnahmeprüfungen, Schrumpfungsprüfung (60811-1-3:1993); Deutsche Fassung EN 60811-1-3:1995

**DIN EN 60811-4-1**, Ausgabe:1996-03 Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Prüfverfahren - Teil 4: Besondere Verfahren für Polyethylen- und Polypropylen-Verbindungen - Hauptabschnitt 1: Spannungsrissbeständigkeit, Wickelprüfung nach thermischer Alterung in Luft, Messung des Schmelzindex, Bestimmung des Ruß- und/oder Füllstoffgehaltes in PE (IEC 60811-4-1:1985 + Corrigendum Mai 1986 + A2:1993); Deutsche Fassung EN 60811-4-1:1995

**DIN EN 60811-1-1**, Ausgabe:1996-03 Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 1: Messung der Wanddicke und der Außenmaße; Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften (IEC 60811-1-1:1993); Deutsche Fassung EN 60811-1-1:1993

**DIN EN 60811-1-2**, Ausgabe:1996-03 Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen – Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1: Allgemeine Anwendung; Hauptabschnitt 2: Thermische Alterung (IEC 60811-1-2:1985 + Corrigendum Mai 1986 + A1:1989); Deutsche Fassung EN 60811-1-2:1995

**HD 620 S1/DIN VDE 0276-620**, Ausgabe:1996-12 Starkstromkabel - Teil 620: Energieverteilungskabel mit extrudierter Isolierung für Nennspannungen U<sub>0</sub>/U 3,6/6 kV bis 20,8/36 kV; Deutsche Fassung HD 620 S1, Teile 1, 3C, 4C, 5C und 6C:1996

**DIN VDE 0819-104, Ausgabe:1997-07** Werkstoffe für Kommunikationskabel - Teil 4: PE-Mantelmischungen; Deutsche Fassung HD 624.2 S1:1996

**DIN EN 60811-4-2 (Norm-Entwurf)**, Ausgabe:1999-02 Werkstoffe zur Isolierung, Ummantelung und Kabelelemente elektrischer und Lichtwellenleiter-Kabel - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 4: Besondere Prüfverfahren für Polyethylen- und Polypropylen-Mischungen; Hauptabschnitt 2: Reißdehnung nach Vorbehandlung; Wickelprüfung nach thermischer Alterung in Luft; Messung der Massenaufnahme; Langzeit(Lebensdauer)-Prüfung; Prüfverfahren der Sauerstoffalterung unter Kupfereinfluss (IEC 60811-2-4:1990, modifiziert); Deutsche Fassung prEN 60811-4-2:1998

**DIN EN 10088 Teil 1 – 3**, Ausgabe 1995-08 Nichtrostende Stähle, Nomenklatur, Werkstoffe, Lieferbedingungen

**DIN EN 50114 (Norm-Entwurf)**, Ausgabe 1993-06, Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich Korrosion

**DIN 50929 Teil 1 + 3**, Ausgabe 1985-09, Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe

**DVGW Technische Regel GW 9**, Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der Aggressivität von Böden, März 1986, Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e.V., DVGW, Bonn

## Anhang 2

### Zusätzliche technische Vertragsbedingungen (ZTV) und Muster - Leistungsverzeichnis für Dichtungskontrollsysteme für KDB

#### Inhaltsverzeichnis

1.	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Dichtungskontrollsysteme für KDB	2
1.1	Allgemeines	2
1.2	Anforderungen an das Dichtungskontrollsystem	2
1.3	Qualitätssicherung für die erdgebundenen Komponenten	2
1.4	Liefern und Lagern der erdgebundenen Komponenten des Dichtungskontrollsystems	2
1.5	Verlegen der erdgebundenen Systemkomponenten	2
1.6	Herstellen und Prüfen von erdverlegten Anschlüssen und Durchdringungen	3
1.7	Baubegleitende Prüfung der Systemkomponenten und des Systems	3
1.8	Nachbesserungen	4
1.9	Teilfreigaben	4
1.10	Aufbringen der KDB bzw. der Abdeckschichten	4
1.11	Qualitätssicherungsplan Dichtungskontrollsystem	4
2.	Leistungsverzeichnis	5
3.	Bei Angebotsabgabe vorzulegende Nachweise	11
3.1	Allgemeine Angaben zum Dichtungskontrollsystem	11
3.2	Eignungsnachweise, Gutachten und Untersuchungsberichte	11

## **1. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Dichtungskontrollsysteme für KDB**

### **1.1. Allgemeines**

Das Dichtungskontrollsystem ist Bestandteil eines kontrollierbaren Oberflächenabdichtungssystems. Es ermöglicht, örtliche und – je nach Messintervallen – auch zeitliche Veränderungen des Dichtheitszustands der Kunststoffdichtungsbahn (KDB) als Bestandteil des Abdichtungssystems zu ermitteln, zu registrieren und für weiterführende Auswertungen über Beschädigungen in der Kunststoffdichtungsbahn bereitzustellen.

Für die in der Leistungsbeschreibung beschriebene Baumaßnahme darf ausschließlich ein Dichtungskontrollsystem verwendet werden, für das die Eignung durch Eignungsgutachten der BAM nachgewiesen wurde.

*Hinweis: Bis zum Vorliegen eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens ist die Eignung projektbezogen nachzuweisen.*

### **1.2. Anforderungen an das Dichtungskontrollsystem**

Für das Dichtungskontrollsystem gelten die Anforderungen der Empfehlungen des AKDKS.

### **1.3. Qualitätssicherung für die erdgebundenen Komponenten**

Für die Herstellung ist ein QS-System analog ISO 9000 ff nachzuweisen. Es sollen bei der Herstellung der erdgebundenen Komponenten des Dichtungskontrollsystems ausschließlich Vorprodukte aus zertifizierten Betrieben oder durch eine Eingangsprüfung nach Prüfanweisung geprüfte Vorprodukte verwendet werden. Es sollen produktionsbegleitende Prüfungen, Endprüfungen und baubegleitende Prüfungen nach Prüfanweisungen durchgeführt werden.

Der AG behält sich vor, eine projektbezogene Fremdprüfung bei der Herstellung der erdgebundenen Komponenten im Rahmen des QSP durchführen zu lassen.

### **1.4. Liefern und Lagern der erdgebundenen Komponenten des Dichtungskontrollsystems**

Die erdgebundenen Komponenten für das Dichtungskontrollsystem sind ausschließlich nach den Transport- und Lageranweisungen des Herstellers zu liefern.

Die Zwischenlagerung auf der Baustelle muss auf einem nach den Lageranweisungen des Herstellers vorbereiteten und gesicherten Lagerplatz erfolgen. Die Handhabung auf der Baustelle darf nur durch geschultes Personal des Herstellers oder der Verlegefirma mit geeignetem Gerät erfolgen.

### **1.5 Verlegen der erdgebundenen Systemkomponenten**

Der Fremdprüfer gibt die angelieferten erdgebundenen Komponenten zur Verlegung frei. Dazu müssen die Unterlagen zur Eigenüberwachung der Produktion vollständig vorliegen.

Die erdgebundenen Komponenten sind ausschließlich durch den Hersteller des Dichtungskontrollsystems selbst oder durch eine vom Hersteller benannte Verlegefirma zu verlegen. Die Verlegung der erdgebundenen Komponenten erfolgt nach einem vom AN aufzustellenden, von der zuständigen Behörde und/oder dem Fremdprüfer freigegebenen vorläufigen Verlegeplan. Der Verlegeplan ist spätestens 4 Wochen vor Beginn der Arbeiten vorzulegen. Der vorläufige Verlegeplan ist auf den gesamten Bauablauf, sowie die Nachbargewerke abzustimmen. Die Einbauverfahrenstechnik soll nachweislich für die vorgesehene Abdichtung geeignet sein. Die Lage sämtlicher erdgebundener Komponenten, Nachbesserungen, Anschlüsse, Anschlussleitungen, Durchdringungen, Feldverteiler sowie Verbindungsleitungen des Dichtungskontrollsystems sind ingenieurmäßig einzumessen und in den Verlegeplan einzutragen. Die Komponenten sind durchgehend zu nummerieren. Der Verlegeplan ist fortlaufend vom AN zu aktualisieren. Änderungen sind mit der Bauleitung des AG bzw. der Fremdüberwachung abzustimmen. Der endgültige Verlegebestandsplan ist nach Beendigung der Arbeiten vor Abnahme zu übergeben.

Die erdgebundenen Komponenten sind bis zur Abdeckung mit der KDB oder mit den Schutz- und Dränschichten sachgerecht gegen mechanische Beschädigungen zu sichern.

### **1.6 Herstellen und Prüfen von erdverlegten Anschlüssen und Durchdringungen**

Soweit Teile der erdverlegten Komponenten im Bereich der Abdichtung elektrisch leitend miteinander verbunden werden müssen und für eine Sicherstellung einer dauerhaften Funktion des Systems ein Feuchtigkeitszutritt in den Anschlussbereich sicher und dauerhaft verhindert werden muss, sind die Anschlussbereiche gegen den Zutritt von Feuchtigkeit und Sickerwasser durch eine geeignete Ummantelung wirksam zu schützen. Die Ummantelung muss dabei gegen die zu erwartenden chemischen und physikalischen Beanspruchungen im Erdreich ausreichend beständig sein. Sie muss eine günstige Dichtwirkung zwischen den zu verbindenden Komponenten aufweisen.

Die tatsächliche Ausführung ist im Rahmen des projektunabhängigen Eignungsgutachtens der BAM zu bewerten. Anschlüsse sind auf Funktion und Dichtheit zu prüfen. Die Ergebnisse der Prüfung sind zu dokumentieren und auf Verlangen vorzulegen. Mit dem Herstellen der Anschlüsse darf ausschließlich Personal betraut werden, das über eine ausreichende Erfahrung und Sachkunde verfügt. Dies ist durch entsprechende Bescheinigung des Herstellers nachzuweisen.

Durchdringungen von Abdichtungselementen, insbesondere der Kunststoffdichtungsbahn, sind zu vermeiden. Insbesondere ist Nr. 2.4 der Empfehlungen des AKDKS einzuhalten.

### **1.7 Baubegleitende Prüfung der Systemkomponenten und des Systems**

Die Baustellenprüfungen der Systemkomponenten im Rahmen der Eigenkontrolle werden folgendermaßen durchgeführt:

Alle erdgebundenen Komponenten sind auf äußere Beschaffenheit zu prüfen. Für die Anschluss- und Verbindungsleitungen ist der Durchgangswiderstand zu prüfen. Eine baubegleitende Einbaukontrollmessung als Systemprüfung ist in Abhängigkeit des Dichtungskontrollsystems durchzuführen. Weiterhin ist für die Anschlüsse nach Nr. 1.6 die Dichtheit zu prüfen. Diese Prüfungen sind im Rahmen der Eigenkontrolle durchzuführen und zu dokumentieren.

### **1.8 Nachbesserungen**

Die Reparierbarkeit und Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Dichtungskontrollsystems nach Beschädigung muss möglich sein. Entsprechende Konzepte sind mit dem Angebot vorzulegen. Die Art der Nachbesserungen wird in Abstimmung mit dem Fremdprüfer festgelegt. Alle Nachbesserungen sind fachgerecht auszuführen, im Bautagebuch und im Verlegebestandsplan festzuhalten, sowie einer erneuten Prüfung im Beisein des Fremdprüfers zu unterziehen.

### **1.9 Teilfreigaben**

Vor Aufbringen der KDB bzw. der Abdeckschichten werden die verlegten Teilbereiche der erdgebundenen Komponenten freigegeben. Die Teilfreigaben erfolgen durch den Fremdprüfer. Bis zu diesen Teilfreigaben hat der AN jeweils folgende Arbeiten durchzuführen und die Ergebnisse zu protokollieren:

- Einmessen der Komponenten nach Lage
- Funktions- und Dichtheitsprüfungen der Anschlüsse
- Prüfungen der erdgebundenen Komponenten

### **1.10 Aufbringen der KDB bzw. der Abdeckschichten**

Die KDB bzw. die Abdeckschichten sind unmittelbar nach der Teilfreigabe der jeweiligen erdgebundenen Komponenten aufzubringen.

Ein direktes Befahren der erdgebundenen Komponenten des Dichtungskontrollsystems mit Baufahrzeugen und Baugeräten ist nicht gestattet. Es ist eine Mindestüberdeckung bei Radfahrzeugen von 0,75 m und bei Kettenfahrzeugen von 0,30 m einzuhalten. Bei Abweichungen davon ist die Schadlosgkeit in Feldversuchen nachzuweisen.

### **1.11 Qualitätssicherungsplan Dichtungskontrollsystem**

Die im beigelegten QSP festgelegten Eigen- und Fremdkontrollen und Verpflichtungen zum Beibringen von Nachweisen (z. B. Eignungsnachweise, Fertigungs- und Prüfprotokolle der Herstellung der erdgebundenen Komponenten, Prüfprotokolle und Dokumentationen vom Einmessen, Verlegen, und Prüfen der erdgebundenen Komponenten) sind eine vom AN zu erbringende Leistung. Diese wird nicht gesondert vergütet.

## 2. Leistungsverzeichnis

Die Baustelleneinrichtung, das Probefeld und die Stundenlohnarbeiten werden i. d. R. im Hauptleistungsverzeichnis für alle ausgeschriebenen Bauleistungen in einem Titel bzw. in einer Position zusammengefasst. Die im folgenden aufgeführten diesbezüglichen Leistungen für die Erstellung des Dichtungskontrollsystems sind dann dort zu integrieren.

**Pos. 1** **Baustelleneinrichtung**  
.....**Monate** Einrichten, Räumen und Vorhalten aller notwendigen Einrichtungen, Geräte und Werkzeuge inkl. Transport- und Hebegerät, Gerätecontainer, Unterkünften und sämtlichen für die Arbeiten am Dichtungskontrollsystem notwendigen Kleingeräte.

..... **DM/Monat** ..... **DM**

**Pos. 2** **Verlege- und Bestandsplan**  
**pausch.** Für das Dichtungskontrollsystem ist ein Verlegeplan entsprechend den ZTV zu erstellen. Dieser Verlegeplan ist auf den gesamten Bauablauf sowie die Nachbargewerke abzustimmen, mit den tatsächlichen Baustellenbedingungen wöchentlich abzugleichen und in einen endgültigen Verlegebestandsplan zu übernehmen. Der Verlegebestandsplan muss sämtliche erdgebundenen Komponenten, Nachbesserungen, durchgehende Nummerierungen der Elektroden, Anschlüsse, Anschlussleitungen, Durchdringungen, Feldverteiler sowie Verbindungsleitungen enthalten.  
Der Verlegebestandsplan muss dem AG in siebenfacher Ausfertigung, davon einmal in pausfähiger Ausfertigung, und auf Diskette oder CD im DXF-Format übergeben werden.

Maßstab 1: .....

**pausch** ..... **DM**

**Pos. 3**  
**pausch.**

**Dokumentation**

Für das Dichtungskontrollsystem sind vom Auftragnehmer Unterlagen gemäß Nr. 7. der Empfehlung „Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien“ zu folgenden Themen zusammenzustellen:

- Beschreibung der technischen Funktion und des technischen Aufbaus
- Beschreibung des Installations- und Verlegevorgangs
- Beschreibung und Dokumentation aller Systemfunktionen
- Spezifikation und verbindliche Festlegung der Bauart und der Werkstoffe der erdgebundenen Komponenten
- Angaben zur Qualitätssicherung, Eignungsnachweise

**pausch. .... DM**

**Pos. 4**  
**pausch.**

**Probefeld nach TAA Anhang E, Teil DKS**

Dichtungskontrollsystem auf dem Probefeld gemäß Verlegeanweisung liefern, installieren, sowie wieder abbauen einschließlich aller erforderlicher Nebenarbeiten (s. a. Qualitätssicherungsplan):

Größe des Probefeldes: ca.: .....m<sup>2</sup>

**pausch. .... DM**

Eventualposition

**Pos. 5**  
**pausch.**

**Funktionsprüfung für Dichtungskontrollsystem**

Liefern einer geeigneten Mess- und Auswerteeinheit für den Betrieb des Messsystems, Einheit betriebsfähig anschließen, für den Funktionstest vorbereiten und einmessen einschließlich aller erforderlicher Nebenarbeiten (s. a. Qualitätssicherungsplan):

- Betrieb des Dichtungskontrollsystems während der Funktionsprüfung
- Einbau und wieder verschließen von 3 Testleckagen mit einem Durchmesser von ca. 5 mm
- Freilegen der Kunststoffdichtungsbahn im Randbereich

**pausch. .... DM**

**Pos. 6**

..... m<sup>2</sup>

**Erdgebundene Komponenten**

Erdgebundene Komponenten des Dichtungskontrollsystems der Oberflächenabdichtung inkl. Feldverteilern, wie in den Vorbemerkungen beschrieben, liefern, einbauen und auflegen der Kabel in den Feldverteilern, einschließlich aller erforderlicher Nebenarbeiten.

Böschungslänge maximal ca. .... m

Böschungsneigung maximal ca. 1: .....

Rasterabstand in der Fläche: ..... m

Rasterabstand im Randbereich: .... m

Das Dichtungskontrollsystem ist durch den Bieter entsprechend den Anforderungen des Bauablaufs in eigenständige Messabschnitte aufzuteilen. Jeder Messabschnitt wird im Randbereich mit einem Feldverteiler ausgestattet.

Das Aufmaß erfolgt auf der Basis des Aufmasses der KDB

..... **DM/m<sup>2</sup>**      ..... **DM**

Eventualposition

**Pos. 7**

**pausch.**

**Objektspezifische Anbindung der Messabschnitte an eine zentrale Betriebsstätte**

Verbindung zwischen den Messabschnitten bzw. Feldverteilern des Dichtungskontrollsystems und der zentralen Betriebsstätte (Lage gemäß Anlage XXX) durch geeignete, ausreichend dimensionierte Erdkabel herstellen. Die Verbindungsleitungen sind an den Endpunkten auf Klemmleisten aufzulegen. Die Verlegung der Verbindungsleitungen erfolgt in Kabelgräben. Die Verbindungsleitungen sind, falls notwendig, in Leerrohren zu verlegen und gegen Beschädigungen beim Verfüllen der Kabelgräben zu sichern. Die Abrechnung für das Herstellen und Verfüllen der Kabelgräben erfolgt über eine gesonderte Position.

**pausch.**      ..... **DM**

**Pos. 8**  
**pausch.**                    **Festinstallierte Messeinheit**  
Liefen, installieren und inbetriebnehmen einer fest installierten Messeinheit für einen automatischen Messbetrieb in einer zentralen Betriebsstätte. Komponenten der Messeinheit (z. B. Messstellenumschalter) können auch in den Feldverteilern installiert werden. Ausgabe der Messdaten kompatibel für die Auswerteeinheit.

**pausch.**                    ..... **DM**

Alternativposition zu Position 8

**Pos. 9**  
**pausch.**                    **Mobile Messeinheit**  
Leistung wie zuvor in vollem Wortlaut beschrieben, jedoch liefern einer tragbaren, mobilen Messeinheit.

**pausch.**                    ..... **DM**

**Pos. 10**  
**pausch.**                    **Festinstallierte Auswerteeinheit**  
Festinstallierte Auswerteeinheit (Leistungsmerkmale durch Ausschreibenden festzulegen) für die grafische Darstellung der Messergebnisse in Tabellen, Diagrammen und schattierten Kartendarstellungen der Messergebnisse und Berechnungen mit Farb-Grafik-Bildschirm XX“ (Größe durch Ausschreibenden festzulegen) und Ausgabegerät für die farbige Druckausgabe der Darstellungen im Format DIN AX (Größe durch Ausschreibenden festzulegen) ausstatten. *Optional bei Online-Betrieb: Auswerteeinheit mit einem zugelassenem Modem für eine automatisierte Fernalarmierung ausstatten.* Auswerteeinheit sowie Auswerteprogramm liefern und installieren, einschließlich kundenspezifischer Konfiguration inklusive aller Anpassungsarbeiten. Das Auswerteprogramm muss durch ein Passwort geschützt werden können und es muss die Archivierung der Messergebnisse auf Datenträgern (Diskette, CD) möglich sein.  
Bedienpersonal des Betreibers (max. 3 Personen) Vor-Ort in den Betrieb des Messsystems und die Bedienung der Auswerteeinheit sowie des Auswerteprogramms einweisen. Bedienpersonal in der Durchführung von Auswertungen und der tabellenmäßigen und grafischen Ausgabe von Auswertungen schulen, einschließlich aller Unterlagen.

**pausch.**                    ..... **DM**

Alternativposition zu Position 10

**Pos. 11                      Mobile Auswerteeinheit**

**pausch.**                      Leistung wie zuvor in vollem Wortlaut beschrieben, jedoch liefern einer tragbaren, mobilen Auswerteeinheit (Laptop), ohne Drucker, ohne externen Bildschirm.

**pausch.                      ..... DM**

Alternativposition zu den Positionen 8 bis 11 (auch ergänzend dazu möglich)

**Pos. 12                      Betriebs-, Mess- und Wartungsvertrag**

**pausch.**                      Vor jeder Messung ist ein Selbsttest des Dichtungskontrollsystems durchzuführen.

Der Betriebs-, Mess- und Wartungsvertrag beinhaltet:

- Inaugenscheinnahme des Systems
- Austausch und Ersatz von Teilen gemäß Wartungsplan und von defekten Teilen außerhalb der Abdichtungsfläche
- Überprüfung der Funktion des Systems
- Durchführung der Messung
- Grafische Auswertung der Messergebnisse. Darstellung und koordinatenmäßige Lokalisierung möglicher Leckagen
- Erstellung eines Abschlußberichtes mit Darstellung der Messergebnisse

Dauer des Betriebsmessungs- und Wartungsvertrages: X Jahre (durch Ausschreibenden festzulegen)

Vorgesehene Messungen pro Jahr: X Stück (durch Ausschreibenden festzulegen)

**pausch.                      ..... DM**

Anmerkung:

Die Abrechnung dieser Pauschalsumme erfolgt mit der Schlussrechnung quasi als Vorauszahlung. Soll eine Abrechnung erst nach Leistungserbringung, z. B. nach Vorliegen des jeweiligen Abschlußberichtes erfolgen, muss der Betriebsmessungs- und Wartungsvertrag gesondert abgeschlossen werden.

Eventualposition

**Pos. 13                      Lohnsätze für Regiestunden**

Vorarbeiterstundenlohn                      ..... **DM/Std.**  
 Facharbeiterstundenlohn                      ..... **DM/Std.**  
 QS-Fachkraft des Verlegers                      ..... **DM/Std.**  
 Ingenieur                      ..... **DM/Std.**

Je nach vorgesehener Betriebsart sind folgende Positionen miteinander zu kombinieren:

Betriebsart	<b>Pos. 6</b> zentraler Mess- punkt	<b>Pos. 7</b> festinstal- lierte Mes- seinheit	<b>Pos. 8</b> mobile Mes- seinheit	<b>Pos. 9</b> festinstal- lierte Aus- werteeinheit	<b>Pos. 10</b> mobile Auswer- teeinheit	<b>Pos. 11</b> Betriebs- vertrag
Onlinemessung	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		
<i>zentrale</i> Mes- sung durch Betriebsperso- nal oder Dritte	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		
<i>dezentrale</i> Messung durch Betriebs- personal oder Dritte		<b>X</b>			<b>X</b>	
			<b>X</b>		<b>X</b>	
Betrieb durch den Hersteller (Wartung und Betrieb)						<b>X</b>

### **3. Bei Angebotsabgabe vorzulegende Nachweise**

#### **3.1 Allgemeine Angaben zum Dichtungskontrollsystem**

Dem Angebot sind Angaben über folgende Punkte beizufügen:

- Produktbezeichnung
- Hersteller
- ausführliche Produktbeschreibung einschließlich der objektspezifischen Details
- Spezifikationen der erdgebundenen Komponenten, der Verbindungsleitungen *und bei Online-Betrieb der Mess- und -Auswerteeinheit sowie der Mess- und Auswerteprogramme* sowie der Komponenten der kundenspezifischen Konfiguration
- ausführliche Darstellung der qualitätssichernden Maßnahmen
- Angaben zur Schulung und Einweisung des Bedienpersonals (im Bedarfsfall)
- Angaben über Dokumentationen und Unterlagen zum Dichtungskontrollsystem
- Darstellung der Möglichkeiten des herstellerunabhängigen Betriebs und der Auswertung
- Konzept zu Möglichkeiten der Reparierbarkeit und Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit
- Referenzen ähnlicher Projekte
- Leistungsfähigkeit
- Funktionstüchtigkeit
- Selbsttestfähigkeit

#### **3.2 Eignungsnachweise, Gutachten und Untersuchungsberichte**

Mit dem Angebot sind nach der Empfehlung des AKDKS "Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien" folgende, von einer unabhängigen Institution erstellte oder geprüfte Unterlagen einzureichen:

- Eignungsgutachten der BAM nebst dazu verwendeten Gutachten und Prüfzeugnisse.  
*Hinweis: Bis zum Vorliegen eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens ist die Eignung projektbezogen nachzuweisen.*
- Konzept zur Betriebssicherheit und zum Überspannungsschutz.

## Anhang 3

### Muster-Qualitätssicherungsplan QSP- DKS

#### LIEFERUNG UND EINBAU DES DICHTUNGSKONTROLLSYSTEMS FÜR KDB

#### Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkungen	2
1.1	Allgemeines	2
1.2	Aufbau der Abdichtung	2
1.3	Beteiligte der Qualitätssicherung	2
1.4	Ziel der Qualitätssicherung und Qualitätslenkung	3
1.5	Aufgabenverteilung	3
1.6	Einbau des Dichtungskontrollsystems	3
1.7	Einbau der nachfolgenden Schichten	3
1.8	Freigaben	4
2.	Anforderungen	4
3.	Eignungsprüfungen	4
4.	Probefeld	5
5.	Baubegleitende Prüfungen	5
5.1	Allgemeines	5
5.2	Dichtungskontrollsystem	5
5.3	Nachbesserungsarbeiten	5
5.4	Abnahme	5
5.5	Prüfung des Dichtungskontrollsystems	6
6.	Dokumentation	6
Tabelle 1: Herstellung der Systemkomponenten		7
Tabelle 2: Installation der Systemkomponenten		7
Tabelle 3: Inbetriebnahme der Systemkomponenten		8

## **1. Vorbemerkungen**

### **1.1 Allgemeines**

Dieser Qualitätssicherungsplan ist auf die Lieferung und den Einbau des Dichtungskontrollsystems für flächige Abdichtungen mit Kunststoffdichtungsbahnen abgestimmt und beschreibt alle Maßnahmen der Qualitätssicherung zur Herstellung des Kontrollsystems.

Der Qualitätssicherungsplan wurde vom Fremdprüfer "NN" aufgestellt. Er berücksichtigt die projektbezogenen Plan-, Ausschreibungs- und Genehmigungsaufgaben, und den Stand der Technik.

Durch die Qualitätssicherung soll die fach- und anforderungsgerechte Ausführung und damit die mit der Planung beabsichtigte Wirksamkeit und Funktionsfähigkeit des Dichtungskontrollsystems sichergestellt werden.

Dieser Fachteil ist im Gesamtqualitätssicherungsplan der Baumaßnahme XY einzubinden.

### **1.2 Aufbau der Abdichtung**

Der Aufbau der Abdichtung ist projektspezifisch zu beschreiben. Für den Einsatz des Dichtungskontrollsystems ist der Aufbau für die Installation der Komponenten von entscheidender Bedeutung.

### **1.3 Beteiligte der Qualitätssicherung und Qualitätslenkung**

Nachfolgend sind die am Projekt Beteiligten mit ihren Zuständigkeiten aufgeführt:

- **Auftraggeber (AG)/Bauherr**  
"NN"
- **Örtliche Bauüberwachung des AG**  
"NN"
- **Planer/Bauleitung des AG**  
"NN"
- **Auftragnehmer (AN)/bauausführende Firma**  
"NN"
- **Verleger KDB/Geotextilien**  
"NN"
- **Hersteller Dichtungskontrollsystem**  
"NN"
- **Verlegefachbetrieb Dichtungskontrollsystem E**  
"NN"

- **Fremdprüfung F**  
"NN"
- **Behördliche Überwachung B**  
"NN"
- **Fremdprüfung F - Vermessung**  
"NN"

#### **1.4 Ziel der Qualitätssicherung und Qualitätslenkung**

Die Qualität des Gesamtbauwerkes ist abhängig von der Qualität der einzelnen Bauteile und der zum Einsatz gelangenden Materialien. Durch die Qualitätslenkung nach DIN 55 350, Teil 11 soll während der Bauausführung die ordnungsgemäße Qualität sichergestellt werden. Vor allem ist durch intensive qualitätssichernde Maßnahmen die Wahrscheinlichkeit von Material- und Herstellungsfehlern auszuschließen bzw. auf ein Minimum zu reduzieren.

Alle Maßnahmen, die für den Bau der Abdichtungssysteme und des Dichtungskontrollsystems getroffen werden, sind vor der Ausführung mit allen Beteiligten abzusprechen.

Der Einbau des Dichtungskontrollsystems wird durch die Fremdprüfung baubegleitend überwacht.

#### **1.5 Aufgabenverteilung**

Die Zuständigkeit für die fach- und anforderungsgerechte Leistung bleibt ausschließlich beim Auftragnehmer, insbesondere bei den verantwortlichen Fachfirmen, dem Hersteller und dem Verleger der Dichtungsbahnen und des Dichtungskontrollsystems.

#### **1.6 Einbau des Dichtungskontrollsystems**

Das Dichtungskontrollsystem ist nur im Sinne der Ausschreibung auf der Baustelle eingebaut, wenn es nachgewiesenermaßen von einer erfahrenen und mit qualifiziertem Personal sowie mit den erforderlichen Geräten und Maschinen ausreichend ausgestatteten Fachfirma installiert wird. Der Nachweis der erforderlichen Qualifikation, Ausstattung und Erfahrung muss z. B. durch die Anerkennung als Fachbetrieb durch den Hersteller des Dichtungskontrollsystems geführt werden.

Der Einbau des Dichtungskontrollsystems wird durch den Fachbauleiter des Verlegefachbetriebs betreut. Für die Eigenkontrolle auf der Baustelle ist eine Fachkraft, z. B. der Vorarbeiter des Verlegefachbetriebs zuständig. Diese Personen müssen entsprechende Erfahrungen nachweisen und sind vor Beginn der Arbeiten zu benennen.

#### **1.7 Einbau der nachfolgenden Schichten**

Unmittelbar nach Freigabe des Dichtungskontrollsystems durch den Fremdprüfer werden nachfolgende Komponenten unter Aufsicht der Fremdprüfung eingebaut. Ein direktes Befah-

ren des Dichtungskontrollsystems mit Fahrzeugen und Baugerät darf nur mit Zustimmung des Herstellers des Dichtungskontrollsystems erfolgen.

Vor Beginn des Einbaus der Entwässerungs- und Rekultivierungsschicht ist auf der Grundlage der Erkenntnisse aus dem Probefeld der Einbau im Vor-Kopf-Einbau vorgesehen. Beim Aufbringen dieser Schichten ist so vorzugehen, dass keine Überfaltungen des Geotextils und Verschiebungen des Dichtungskontrollsystems auftreten. Der Einbau hat mit den im Bericht zum Probefeld beschriebenen Einbaugeräten zu erfolgen.

Für bereifte Baufahrzeuge (LKW, Radlager etc.) sind Baustraßen mit einer Überfahrhöhe von mindestens 0,75 m und bei Kettenfahrzeugen mind. 0,30 m einzubauen.

Der Einbau der Entwässerungs- und Rekultivierungsschicht wird durch die Fremdprüfung überwacht.

Durch witterungsbedingte und bautechnische Einschränkungen bedingt können durch die zuständige Behörde und die Fremdprüfung in Abstimmung mit der örtlichen Bauleitung des AG zusätzliche Maßnahmen festgelegt werden.

### **1.8 Freigaben**

Der Einbau des Dichtungskontrollsystems wird durch die Örtliche Bauleitung des AG terminlich, organisatorisch und im Hinblick auf die Ausführungsplanung beaufsichtigt und durch die Fremdprüfung fachtechnisch überprüft.

Vor Einbau der Abdeckschichten werden die eingebauten Komponenten des Dichtungskontrollsystems einschließlich aller konstruktiven Einzelheiten in Teilflächen im Regelfall arbeitstäglich durch die zuständige Behörde bzw. in deren Auftrag durch die Fremdprüfung freigegeben. Für diese Teilfreigaben müssen folgende Unterlagen vorliegen:

- Bestandspläne der Teilflächen (Skizzen mit notwendigen Angaben)
- Verlegeprotokolle des Verlegefachbetriebs DKS

Die Teilfreigaben sind in den Baustellenberichten der Fremdprüfung vermerkt. Die endgültigen Bestandspläne werden 14 Tage nach Abschluss der Arbeiten dem Fremdprüfer übergeben und von diesem überprüft. Diese Bestandspläne werden Teil des Berichtes zur Qualitätssicherung.

## **2. Anforderungen**

Siehe hierzu die Empfehlungen des AKDKS, Anhang 2: Zusätzliche technische Vertragsbedingungen (ZTV) Nr. 1.2.

## **3. Eignungsprüfungen**

Vor Beginn der Installation des Dichtungskontrollsystems ist die Eignung durch entsprechende Prüfzeugnisse und Gutachten zu belegen. Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems

hat durch ein projektunabhängigen Eignungsgutachten der BAM die Funktionsfähigkeit seines Dichtungskontrollsystems nachzuweisen.

*Hinweis: Bis zum Vorliegen eines projektunabhängigen Eignungsgutachtens ist die Eignung projektbezogen nachzuweisen.*

## **4. Probefeld**

Die Einbaubarkeit des Dichtungskontrollsystems und die mechanische Belastbarkeit seiner erdverlegten Komponenten sind unter Baustellenbedingungen innerhalb eines Probefeldes nachzuweisen.

## **5. Baubegleitende Prüfungen**

### **5.1 Allgemeines**

Die Qualitätsüberwachung orientiert sich in ihrem Aufbau an den in der Zweiten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall Anhang E, Nr. 3) niedergelegten Vorgaben. Der Genehmigungsbescheid, die Eignungsprüfung und die darauf aufbauende Ausschreibung sind für den Prüfumfang maßgebend.

Anbindungen und Durchdringungen sind gemäß den Anlagen zum Leistungsverzeichnis zu erstellen. Alle Prüfergebnisse haben vor Ort verfügbar zu sein.

### **5.2 Dichtungskontrollsystem**

Art und Umfang der baubegleitenden Prüfungen bei der Herstellung (Herstellung und Installation der Systemkomponenten) für das Dichtungskontrollsystem sind den Tabellen 1 + 2 zu entnehmen. Ein direktes Befahren des Dichtungskontrollsystems mit Fahrzeugen darf nur mit Zustimmung des Herstellers des Dichtungskontrollsystems erfolgen. Mechanische Beschädigungen durch Werkzeuge und Baugeräte sind zu vermeiden. Bei einer Beschädigung ist gemäß Abs. 5.3 zu verfahren. Der Einbau wird durch die Fremdprüfung entsprechend Punkt 1.3 dieses QS-Planes überwacht.

### **5.3 Nachbesserungsarbeiten**

Werden bei Kontrollprüfungen Mängel festgestellt, sind diese in Abstimmung mit der Fremdprüfung entsprechend der Tabelle 2 nachzubessern und im Rahmen der Eigenkontrolle und Fremdprüfung erneut zu prüfen.

### **5.4 Abnahme**

Vor der Abnahme müssen alle Ergebnisse der Qualitätsprüfungen sowie der Abnahmeprüfungen des Dichtungskontrollsystems der jeweiligen Bauabschnitte der Bauleitung und der Fremdprüfung vorliegen.

## 5.5 Prüfungen des Dichtungskontrollsystems

Die Funktion des Dichtungskontrollsystems ist durch Testleckagen in der zu überwachenden Fläche nachzuweisen. Dabei sind die unter Nr. 5. in den *Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien* aufgeführten Bedingungen und Regeln einzuhalten.

Es sind drei Löcher  $d = 5,0$  mm in die KDB einzubringen, nach dem Messvorgang freizulegen und vom Fachverleger wieder fachgerecht zu verschließen und zu prüfen. Ein genaues Einmessen ist beim Einbringen der Testleckagen notwendig (Prüfung der Ortungsgenauigkeit des Dichtungskontrollsystems).

Die Ergebnisse werden Bestandteil der VOB-Abnahme des Dichtungssystems. Die Abnahmeprüfungen können in Teilabschnitten erfolgen.

## 6. Dokumentation

Die Eigenüberwachung hat nach Beendigung der Baumaßnahme alle Ergebnisse in einem Abschlussbericht zusammenzufassen und zu bewerten. Für das gesamte Bauvorhaben ist ein Verlegeplan entsprechend den ZTV zu erstellen. Dieser Verlegeplan ist mit den tatsächlichen Baustellenbedingungen wöchentlich abzugleichen und in einen endgültigen Verlegebestandsplan zu übernehmen. Der Verlegebestandsplan muss sämtliche erdgebundenen Komponenten, Nachbesserungen, durchgehende Nummerierungen der Elektroden, Anschlüsse, Anschlussleitungen, Durchdringungen, Feldverteiler sowie Verbindungsleitungen enthalten. Für das installierte System ist ein vollständiger Schaltplan zu erstellen. Dieser muss ein Blockschaltbild und erforderlichenfalls detaillierte Angaben über alle angeschlossenen Komponenten enthalten. Der Bestandsplan und der Schaltplan müssen dem AG in siebenfacher Ausfertigung, davon einmal in pausfähiger Ausfertigung, und auf Diskette oder CD im DXF-Format übergeben werden. Alle Unterlagen sind 14 Tage vor dem Abnahmetermin dem Fremdprüfer vorzulegen.

Der Fremdprüfer stellt seine Prüfungen in einem Abschlußbericht zusammen. Dieser Bericht enthält eine Beurteilung der durch die Eigenprüfung durchgeführten Untersuchungen und Prüfungen. Alle Berichte und Stellungnahmen der Eigenprüfung sind als Anlage beigefügt. Er legt diesen Bericht rechtzeitig vor dem Abnahmetermin der zuständigen Behörde zur Prüfung vor.

Die Abnahme durch die Behörde kann für Teilflächen erfolgen. Für jede Teilabnahme ist ein gesonderter Bericht zu fertigen.

## Qualitätsanforderungen an Dichtungskontrollsysteme bei der Herstellung (Tab. 1), Installation (Tab. 2) und Betrieb (Tab. 3) der Systemkomponenten

**Tabelle 1:** Herstellung der Systemkomponenten

Material / Komponente des Dichtungskontrollsystems	Prüfparameter	Prüfzeitpunkt	Prüfverfahren	Anforderungen / Toleranzen	Nachweisdokument	Prüfraster	Prüfung durch*)
Sensoren, Elektroden	Unversehrtheit	Anlieferung	Inaugenscheinnahme	Funktionstüchtigkeit,	Herstellerprüfzeugnis	jeder Sensor Stichproben	E F
	Werkstoff	Anlieferung	Inaugenscheinnahme	Übereinstimmung	Herstellereklärung	jeder Sensor Stichproben	E F
Verbindungskabel	Werkstoff, Unversehrtheit	Anlieferung	Inaugenscheinnahme, Durchgangsmessung	Funktionstüchtigkeit	Herstellerprüfzeugnis, Werksprüfzeugnis	jede Rolle	E
Schrumpfschlauch, Stecker, Kabelklemmen	Unversehrtheit	Anlieferung	Inaugenscheinnahme	Funktionstüchtigkeit	Lieferschein,	Stichproben	E
Verlegeplan	Plausibilität, Flexibilität	vor Verlegung, bei Änderungen	Durchsicht	Ausführbarkeit, Abstimmung auf Bauablauf		vollständig	E, F, BL

**Tabelle 2:** Installation der Systemkomponenten

Material / Komponente des Dichtungskontrollsystems	Prüfparameter	Prüfzeitpunkt	Prüfverfahren	Anforderungen / Toleranzen	Nachweisdokument	Prüfraster	Prüfung durch*)
Sensoren, Elektroden oberhalb und unterhalb der KDB	Rastermaß, Plangenaugigkeit	Einbau, Verlegung	Messend,	Systemabhängig; Raster der Messpunkte	Aufmaß, Bestandsplan	jeder Sensor Stichproben	E F, BL
	Funktion	nach Einbau - vor Überschütten	nach Hersteller-Prüfanweisung	Bodenabhängig, Situationsabhängig nach Angaben des Herstellers	Aufschriebe	jeder Sensor Stichproben	E F
Verbindungskabel	Funktion	nach Einbau	Durchgangsprüfung, Widerstand	Systemspezifisch	Aufschriebe	jeder Sensor Stichproben	E F
	Dehnungsreserve	vor Überdeckung	visuell, Inaugenscheinnahme, Messend	Dehnungsreserve $\geq 6\%$ , (Auswertung Probefeld)	Aufschriebe	jedes Kabel	E F
Busleitungen, Kabelstränge, Verteiler	Lage / Verlauf, Schutz, Durchdringungen durch die KDB	nach Verlegung, vor dem Überschütten	visuell, ggf. Prüfung der Durchdringung mit elektrischer Hochspannung nach DVS 2225 T4	Übereinstimmung mit Verlegeplan, Dichtigkeit	Bestandsplan, Eintrag in Prüfprotokolle KDB bei Durchdringung	jeder Kabelstrang, jede Durchdringung, Stichproben	E F

**Tabelle 3:** Inbetriebnahme der Systemkomponenten, Probemessungen

Material / Komponente des Dichtungskontrollsystems	Prüfparameter	Prüfzeitpunkt	Prüfverfahren	Anforderungen / Toleranzen	Nachweisdokument	Prüfraster	Prüfung durch*)
Sensoren, Elektroden	Funktion	Probemessung, Inbetriebnahme	Testleckage nach Herstellerprüfanweisung	Auffinden der Testleckage	Aufzeichnung der Messergebnisse, graphische Darstellung der Messergebnisse	Messabschnitt, Gesamtsystem	E in Anwesenheit von F
Verbindungskabel	Funktion	nach Einbau der "Abdeckschichten" bzw. Abschluss der Arbeiten	Herstellerprüfanweisung, Durchgangswiderstand	Systemspezifisch	Aufschriebe	jedes Kabel	E
Anschlüsse, Abgriffe, Kabelboxen	Witterungsschutz	bei Abnahme	visuell	Systemspezifisch	Aufschriebe	alle Anschlüsse	E in Anwesenheit von BL, F
Messsystem	Funktion	Selbsttest vor der eigentlichen Messung	Herstellerprüfanweisung	Systemspezifisch	Nullmessung	vor jeder neuen Messung, arbeitstäglich	E in Anwesenheit von BL, F
	Ortungsgenauigkeit, Nachweis-schwelle	Funktionsprüfung, Abnahme, Inbetriebnahme	genaues Auffinden aller Testleckagen (mindestens 3), Loch-Ø = 5 mm	Ortungsgenauigkeit ≤ 20 m <sup>2</sup> bei Loch-Ø = 5 mm	Messprotokoll der Steuer- und Auswertesoftware, Aufgrabung - Vermessung	einmalig vor bzw. bei ersten Messung	

\*) **E:** Verlegefachbetrieb DKS, **BL:** Bauleitung, **F:** Fremdprüfung<sup>†</sup>)

†) Der F-Kunststoff oder F-Geotechnik sollte üblicherweise mit der Übernahme der Aufgaben betraut werden; Projekterfahrung mit Dichtungskontrollsystemen ist nachzuweisen. Eine entsprechende Fachkunde ist in Abstimmung mit den Herstellern der Dichtungskontrollsysteme nachzuweisen.

*Hinweis: Eine stichprobenartige Prüfung durch die zuständige Behörde ist möglich.*