



BAM

Bundesanstalt für
Materialforschung
und -prüfung

**Richtlinie für die Zulassung
von Dichtungskontrollsystemen für
Konvektionssperren in
Deponieoberflächenabdichtungen**

herausgegeben vom
Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“

3. Auflage, November 2016

Diese Zulassungsrichtlinie, eine Liste zugelassener Dichtungskontrollsysteme und weitere auf der Grundlage der Deponieverordnung erstellte Zulassungsrichtlinien für Geokunststoffe und Polymere sowie Listen derartiger zugelassener Produkte können als pdf-Dateien unter der Internetadresse:
<http://www.tes.bam.de/de/mitteilungen/abfallrecht/index.htm> heruntergeladen werden.

Vorwort

Am 16. Juli 2009 trat die neue Deponieverordnung (DepV) in Kraft. Sie wurde zuletzt durch Art. 2 der Verordnung zur Umsetzung der novellierten abfallrechtlichen Gefährlichkeitskriterien vom 4. März 2016 geändert. Gemäß der aktuellen Fassung dürfen nach Anhang 1 Nr. 2.1 der DepV für das Abdichtungssystem Materialien, Komponenten oder Systeme nur eingesetzt werden, wenn sie dem Stand der Technik nach Anhang 1 Nr. 2.1.1 entsprechen und wenn dies der zuständigen Behörde nachgewiesen worden ist. Als Nachweis ist für Geokunststoffe, Polymere und serienmäßig hergestellte Dichtungskontrollsysteme die Zulassung dieser Materialien, Komponenten oder Systeme durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) nach Anhang 1 Nr. 2.4 erforderlich.

Abweichend davon können in Deponieabdichtungssystemen Materialien, Komponenten oder Systeme eingesetzt werden, die auf der Grundlage harmonisierter europäischer technischer Spezifikationen nach der EU-Bauproduktenrichtlinie deklariert worden sind, wenn die durch die harmonisierten technischen Spezifikationen festgelegten Material-, Komponenten- und Systemeigenschaften im Wesentlichen denen gleichwertig sind, die sich aus den Anforderungen der DepV an den Stand der Technik ergeben. Derzeit gibt es keine harmonisierten europäischen technischen Spezifikationen, die insbesondere im Hinblick auf die Dauer der Funktionserfüllung den Anforderungen der DepV an den Stand der Technik gleichwertig sind.

Ferner können in Deponieabdichtungssystemen Materialien, Komponenten oder Systeme eingesetzt werden, die in einem anderen Mitgliedstaat der EU oder der Türkei gemäß den dort geltenden Regelungen oder Anforderungen rechtmäßig hergestellt oder in Verkehr gebracht wurden oder die in einem anderen Vertragsstaat des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum gemäß den dort geltenden Regelungen oder Anforderungen rechtmäßig hergestellt und in Verkehr gebracht wurden, wenn die mit den Prüfungen und Überwachungen im Herstellerstaat nachgewiesenen Material-, Komponenten- und Systemeigenschaften das nach der DepV geforderte Schutzniveau gleichermaßen dauerhaft gewährleisten. Bei der Prüfung entsprechender Nachweise können die zuständigen Behörden die fachliche Unterstützung der BAM in Anspruch nehmen.

In der Nummer 2.4 des Anhangs 1 der DepV wird die Verfahrensweise bei der Zulassung geregelt. Zu den Aufgaben der BAM gehört nach Nummer 2.4.1 die Definition von Prüfkriterien, die Aufnahme von Nebenbestimmungen in die Zulassung und insbesondere auch die Festlegung von Anforderungen an den fachgerechten Einbau und das Qualitätsmanagement. Nach Nummer 2.4.4 wirkt ein Fachbeirat beratend an der Erarbeitung entsprechender Zulassungsrichtlinien mit.

Nach dem Inkrafttreten der Deponieverordnung hatte sich am 16. Oktober 2009 der Fachbeirat konstituiert und eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die diese neue Richtlinie für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen für Konvektionsperren in Deponieoberflächenabdichtungen erarbeitet hat.

An den Beratungen haben mitgewirkt:

1. die Mitglieder des Fachbeirats:

Dipl.-Ing. K.-H. Albers, *G quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH*; Dipl.-Ing. W. Bräcker, *Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim*; Dipl.-Ing. S. Baldauf, *GSE Lining Technology GmbH*; Dipl.-Ing. R. Drewes, *Landesamt für Umwelt Brandenburg*; Dipl.-Ing. K. J. Drexler, *Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)*; H. Ehrenberg, *NAUE GmbH & Co. KG*; Dipl.-Ing. A. Elsing, *HUESKER Synthetic GmbH*; Dr.-Ing. B. Engelmann, *Umweltbundesamt*; Dipl.-Ing. F. Fabian, *LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg*; Dipl.-Ing. R. Heichele, *Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)*; Dr.-Ing. D. Heyer, *TU München, Zentrum Geotechnik*; Dipl.-Ing. M. Müller, *Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt*; Dr. rer. nat. W. Müller, *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)*; Dr.-Ing. E. Reuter, *IWA Ingenieurgesellschaft für Wasser- und Abfallwirtschaft*; Dipl.-Ing. P. Riegl,

GEO-POLYMER Trading e.U.; Dipl.-Ing. G. P. Romann, *AGAS Arbeitsgemeinschaft Abdichtungstechnik e.V.*; Prof. Dr.-Ing. F. Saathoff, *Geotechnik und Küstenwasserbau, Universität Rostock*; Dipl.-Ing. T. Sasse, *Umtec | Prof. Biener | Sasse | Konertz*; Prof. Dr. F.-G. Simon, *Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)*; Dipl.-Ing. W. Spiel, *Landesdirektion Sachsen, Dienststelle Chemnitz*; Dr.-Ing. M. Tiedt, *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen*; Dipl.-Ing. L. Wilhelm, *Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie*; Dipl.-Ing. Ch. Witolla, *Ingenieurbüro Geoplan GmbH*; Prof. Dr.-Ing. K. J. Witt, *Fakultät Bauingenieurwesen, Bauhaus-Universität Weimar*, A. Wöhlecke, M. Eng., *Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)*; Dipl.-Ing. K. Wohlfahrt, *Low and Bonar GmbH & Co. KG*; Dipl.-Ing. H. Zanzinger, *SKZ Süddeutsches Kunststoff-Zentrum*.

2. weitere Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Dipl.-Ing. M. Arndt, *SENSOR IEP Luxembourg*; Dipl.-Ing. U. Dengel, *SKZ (Süddeutsches Kunststoff-Zentrum)*; Dr. B. Kallies, *PROGEO Monitoring GmbH*; Dr. H.-D. Leppert, *LEPPERT Sachverständige Beratung GmbH*; Dipl.-Ing. H.-J. Paulick, *TÜV Rheinland Industrie Service GmbH*; Dipl.-Ing. H.-J. Peters, *Südbrandenburgischen Abfallzweckverband*; Dipl.-Ing. A. Piepenburg, *Grontmij GmbH*; Dipl.-Ing. A. Rödel, *PROGEO Monitoring GmbH*; Dr. Rainer Schuhmann, *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*; Dipl.-Ing. S. Schwöbken, *Sensor Dichtungs-Kontroll-Systeme GmbH*.

Inhaltsverzeichnis

1. Rechtliche Grundlagen, Geltungsbereich und Vorschriften	7
2. Zulassungsgegenstand	8
2.1. Allgemeines	9
2.1.1. Beschreibung von DKS	9
2.1.2. Anwendungen von DKS in Deponieoberflächenabdichtungen	9
2.2. Technischer Aufbau und Funktionsweise	10
2.3. Beschreibung der Systemfunktionen	10
2.4. Werkstoffe und Bauart	11
2.5. Kennzeichnung	12
2.6. Produktionsstätte und Produktionsverfahren	12
3. Anforderungen und Prüfverfahren	13
3.1. Rechtsform und Versicherungsschutz des Herstellers	13
3.2. Erdgebundene Komponenten	13
3.2.1. Beständigkeit	13
3.2.2. Mechanische Belastbarkeit	15
3.3. Leistungsfähigkeit und Leistungskriterien des DKS	15
3.3.1. Eignungsgutachten	15
3.3.2. Leistungskriterien für DKS	16
3.4. Funktionsprüfung des DKS	16
3.4.1. Allgemeine Regeln der Funktionsprüfung	16
3.4.2. Durchführung der Funktionsprüfung	17
3.5. Herstellerunabhängiger Betrieb	18
3.6. Systemverträglichkeit und Integration in das Abdichtungssystem	18
3.7. Elektrische und allgemeine Betriebssicherheit	19
4. Qualitätsmanagement	20
4.1. Eigen- und Fremdüberwachung bei der Produktion	20
4.1.1. Eingangskontrollen und -prüfungen	20
4.1.2. Eigenüberwachung	21
4.1.3. Fremdüberwachung	21
4.1.4. Lieferpapiere	22
4.2. Qualitätsmanagement Bau	22
4.2.1. Eigenprüfung	22
4.2.2. Fremdprüfung	22
4.3. Probefeld	23
5. Anforderungen an den Einbau	23
5.1. Verlegeanweisung	24
5.2. Anforderungen an das Auflager, die Kontrollschicht und die Umgebungsbedingungen beim Einbau von DKS	25
5.2.1. Anforderungen an das Auflager von Kunststoffdichtungsbahnen in Verbindung mit DKS	25
5.2.2. Anforderungen an den Einbau von DKS in Kombination mit Asphaltbetondichtungen	25
5.3. Einbau des DKS	26
5.4. Lagerung	26
5.5. Verlegung der erdgebundenen Systemkomponenten	26

5.6. Herstellen und Prüfen von erdverlegten Anschlüssen und Durchdringungen	27
6. Nutzungsphase	27
7. Änderungen, Mängelanzeige und Geltungsdauer	28
8. Anforderungstabellen	29
Tabelle 2: Allgemeine physikalische Anforderungen an Isolierungen, Kabel und kabelartige Sensoren und deren Werkstoffe	29
Tabelle 3: Anforderungen an Edeltahlelektroden, Sensoren, Kontakte und Sonderanfertigungen aus Edelstahl für DKS - Komponenten der <i>Kategorie a)</i>	30
Tabelle 4: Mechanische Anforderungen an Isolierungen, Kabel, Leitungen und kabelartige Sensoren	31
Tabelle 5: Elektrische Anforderungen für Isolierungen, Kabel, Leitungen und kabelartige Sensoren	32
Tabelle 6: Anforderungen an die Langzeit- und Chemikalienbeständigkeit von Isolierungen, Kabeln, Leitungen und kabelartigen Sensoren	32
Tabelle 7: Art und Umfang der Prüfungen an der Formmasse, dem Rußbatch und den verwendeten Leitern im Rahmen der Eigenüberwachung während der Produktion der erdgebundenen Komponenten	34
Tabelle 8: Art und Umfang der Prüfungen im Rahmen der Eigenüberwachung während der Produktion der erdgebundenen Komponenten.....	34
Tabelle 9: Art und Umfang der Prüfungen im Rahmen der Fremdüberwachung während der Herstellung der erdgebundenen Komponenten.....	35
Tabelle 10: Art und Umfang der Prüfungen im Rahmen der Fremdprüfung an den erdgebundenen Komponenten während der Herstellung des DKS.....	35
Tabelle 11: Qualitätsprüfungen bei der Herstellung es DKS	36
Tabelle 12: Qualitätsprüfungen bei der Installation der DKS	37
Tabelle 13: Qualitätsprüfungen bei der Inbetriebnahme der DKS, Probemessungen.....	38
9. Verzeichnis der Normen.....	39
10. Anlagen zum Zulassungsschein, Verzeichnis der Länderkennzahlen und Prüf- und Inspektionsstellen.....	41

1. Rechtliche Grundlagen, Geltungsbereich und Vorschriften

Der Schutz von Mensch und Umwelt bei der Erzeugung und Bewirtschaftung von Abfällen wird durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24. Februar 2012 geregelt. Noch auf der Grundlage des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) war am 16. Juli 2009 eine neue Deponieverordnung (DepV) in Kraft getreten. Diese wurde zuletzt durch Art. 2 der Verordnung zur Umsetzung der novellierten abfallrechtlichen Gefährlichkeitskriterien vom 4. März 2016 geändert. Nach Anhang 1 Nummer 2.1 der DepV dürfen für das Abdichtungssystem nur dem Stand der Technik nach Nummer 2.1.1 entsprechende und von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) nach Nummer 2.4 zugelassene oder eignungs festgestellte Geokunststoffe (Kunststoffdichtungsbahnen, Schutzschichten, Kunststoff-Dränelemente, Bewehrungsgitter aus Kunststoff, etc.), Polymere und serienmäßig hergestellte Dichtungskontrollsysteme eingesetzt werden. Die BAM ist nach Nummer 2.4.1 zuständig für die Prüfung und Zulassung von Geokunststoffen, Polymeren und Dichtungskontrollsystemen für die Anwendung in Basis- und Oberflächenabdichtungen von Deponien auf der Basis eigener Untersuchungen und von Ergebnissen akkreditierter Stellen. Sie hat in diesem Zusammenhang die folgenden Aufgaben:

- die Definition von Prüfkriterien,
- die Aufnahme von Nebenbestimmungen in die Zulassung und
- die Festlegung von Anforderungen an den fachgerechten Einbau und das Qualitätsmanagement.

Auf dieser rechtlichen Grundlage und unter Berücksichtigung der in Nummer 2.1.1 des Anhangs 1 der DepV genannten Anforderungen zum Stand der Technik werden in dieser Richtlinie die Anforderungen für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen (DKS) für Deponieoberflächenabdichtungen beschrieben. Die Richtlinie ist die technische Grundlage, auf der die BAM auf Antrag des jeweiligen Herstellers die

DKS prüft und die Eignung durch Erteilung einer Zulassung in Form eines Zulassungsscheins feststellt. Deponieabdichtungen müssen nach dem Stand der Technik errichtet werden. In der vorliegenden Zulassungsrichtlinie wird daher auch beschrieben, welche Anforderungen beim Einbau der zugelassenen Dichtungskontrollsysteme erfüllt werden müssen, damit ein dem Stand der Technik entsprechende Abdichtungskomponente entsteht. Auf diese Anforderungen wird auch im Zulassungsschein ausdrücklich hingewiesen. Die zuständigen Behörden der Länder müssen dafür Sorge tragen, dass diese Nebenbestimmungen Bestandteil der Genehmigung und somit rechtlich verbindlich werden. Nur unter dieser Voraussetzung kann die BAM-Zulassung zum Nachweis der Eignung nach dem Stand der Technik der mit den mit DKS hergestellten Abdichtungen verwendet werden.

Die Zulassung wird ausdrücklich unter Widerrufsvorbehalt erteilt. Ein Widerrufsgrund liegt vor, wenn der Hersteller von dem in den Prüfungsunterlagen und in den Anhängen des Zulassungsscheins beschriebenen Verfahren, von den für die Prüfungsmuster verwendeten Materialien oder von den anderen im Zulassungsschein genannten Anforderungen abweicht. In diesem Fall darf kein Dichtungskontrollsystem unter Verwendung der BAM-Zulassungsnummer mehr gefertigt werden.

Änderungen des Werkstoffs, des Produktionsverfahrens der Komponenten oder der Maßnahmen der Eigen- und Fremdüberwachung der Produktion bedürfen einer neuen Zulassung. Bewähren sich vom Hersteller eingesetzte Produktionsverfahren oder von den Betrieben eingesetzte Einbauverfahren nicht und kann dies anhand von neuen technischen Erkenntnissen belegt werden, hat sich also die Sachlage, der Stand der Technik oder die Rechtslage so verändert, dass keine Zulassung mehr erteilt werden kann, so liegt auch hierin ein Widerrufsgrund.

Im Falle des Widerrufs ist der Hersteller verpflichtet, der Zulassungsbehörde umgehend den Zulassungsschein auszuhändigen.

Den Zulassungen liegen die folgenden Gesetze, Vorschriften und Richtlinien in der jeweils aktuell gültigen Fassung zugrunde:

- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG), vom 24. Februar 2012, Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 10. S. 212-264.
- Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV); Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009 (BGBl I Nr. 22 vom 29. April 2009 S. 900), zuletzt geändert durch Art. 2 der Verordnung zur Umsetzung der novellierten abfallrechtlichen Gefährlichkeitskriterien vom 4. März 2016 (BGBl. I Nr. 11 vom 10. März 2016 S. 382).
- Richtlinie für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle beim Einbau von Kunststoffkomponenten und -bauteilen in Deponieabdichtungssystemen (Richtlinie-Fremdprüfer), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).
- Richtlinie für die Anforderungen an Fachbetriebe für den Einbau von Kunststoffdichtungsbahnen, weiteren Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen in Deponieabdichtungssystemen (Richtlinie-Verlegefachbetriebe), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).
- Richtlinie für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen für Konvektionssperren in Deponieoberflächenabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Dichtungskontrollsysteme), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).
- Richtlinie für die Zulassung von Geotextilien zum Filtern und Trennen in Deponieabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Geotextilien), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).
- Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-KDB), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).
- Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen in Deponieoberflächenabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Kunststoff-Dränelemente), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).
- Richtlinie für die Zulassung von Schutzschichten für Kunststoffdichtungsbahnen in Deponieabdichtungen (Zulassungsrichtlinie-Schutzschichten),

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).

- Vorläufige Richtlinie für die Zulassung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff für Deponieoberflächenabdichtungen (Vorläufige Zulassungsrichtlinie-Geogitter), Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM).

Die jeweils gültige Ausgabe der aufgeführten Normen wird im Abschnitt 9 angegeben.

2. Zulassungsgegenstand

Zulassungsgegenstand sind Dichtungskontrollsysteme für die Anwendung an Konvektionssperren (Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) und Asphaltabdichtungen) in Deponieoberflächenabdichtungssystemen. Antragsteller und Zulassungsnehmer ist der Hersteller des DKS.

Das Dichtungskontrollsystem muss durch den Antragsteller vollständig und eindeutig beschrieben werden. Dazu gehören eine Beschreibung der Produktionsverfahren der erdgebundenen Komponenten sowie der dabei verwendeten Vorprodukte, genaue Angaben über die Art und Spezifikation der Werkstoffe und die Art und Menge von polymergebundenen Zuschlagstoffen (Masterbatch) oder anderer Zuschlagstoffe, die bei der Produktion von Vorprodukten und dem Produkt selbst verwendet werden.

Für das Zulassungsverfahren ist es damit erforderlich, dass die jeweiligen Rohstoffhersteller und die Vorprodukthersteller den Antragsteller unterstützen. Zudem wird die Zusammensetzung der Komponenten, deren Verbindung zum Gesamtsystem und das Zusammenwirken der Bestandteile erläutern. Der Zulassungsgegenstand muss mit definierten, reproduzierbaren Eigenschaften werkmäßig oder nach einem genau festgelegten Verfahrensablauf auf der Baustelle hergestellt werden.

Darüber hinaus muss das Messprinzip genau beschrieben und die Erzeugung und Darstellung der Messergebnisse dargestellt werden. Neben einem Wartungsplan für das DKS hat der Antragsteller auch eine Aufzählung von Mindestvoraussetzungen und eventueller technischer Ausschlusskriterien für

Standorte zu beschreiben.

Der Zulassungsgegenstand wird im Zulassungsschein durch die Abmessungen sowie durch die im Folgenden erläuterten Angaben genau beschrieben. Die Produktion des Systems und der Komponenten muss im Rahmen eines nach der DIN EN ISO 9001 zertifizierten Qualitätsmanagementsystems eigen- und fremdüberwacht werden.

Jede Änderung muss der Zulassungsstelle mitgeteilt und mit ihr abgestimmt werden. Erfolgt dies nicht, so verliert die Zulassung ihre Gültigkeit.

2.1. Allgemeines

2.1.1. Beschreibung von DKS

Dichtungskontrollsysteme sollen die flächige Überwachung eines fertig hergestellten Oberflächendichtungssystems ermöglichen und auf diese Weise einen unzulässigen Wasserdurchtritt durch eine Abdichtungskomponente nachweisen. Technische Grundlage hierfür ist die Messung und Analyse von örtlichen Verteilungen physikalischer Größen in einem technischen Abdichtungssystem wie z. B.:

- das elektrische Potenzial,
- den elektrischen Widerstand,
- die Dielektrizitätszahl,
- die Temperatur.

Zu diesem Zweck werden Sensoren und andere erdgebundene Komponenten in, unterhalb und/oder oberhalb der zu kontrollierenden Abdichtungskomponente angeordnet. Die Sensorenanordnung und Sensorendichte 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 der Abdichtungskomponente, 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 unterschiedli-

che Messprinzipien. Einige Verfahren¹ nutzen aus, dass z. B. eine aus Kunststoffdichtungsbahnen gefügte, intakte Abdichtungskomponente einen sehr guten elektrischen Isolator darstellt. Zwischen einer Quellelektrode oberhalb der Abdichtungskomponente und einer Fernelektrode außerhalb der Abdichtung wird ein elektrisches Potenzial erzeugt. An einer Schadstelle entsteht ein niederohmiger Strompfad, welcher die Schichten ober- und unterhalb der Abdichtungskomponente verbindet und dadurch eine lokale Anomalie des elektrischen Potenzials 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. Neben dem hier exemplarisch aufgeführten Verfahren existieren weitere Dichtungskontrollsysteme (s. dazu ²).

2.1.2. Anwendungen von DKS in Deponieoberflächenabdichtungen

Dichtungskontrollsysteme müssen in den folgenden Fällen in Deponieoberflächenabdichtungen eingesetzt werden:

- als Bestandteil des Deponieoberflächenabdichtungssystems der Deponieklasse (DK) III nach DepV Anhang 1 Tabelle 2,
- in Verbindung mit einer Konvektionssperre, als Alternative zu einer zweiten Abdichtungskomponente, im Oberflächenabdichtungssystem der

¹ 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.

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.

² 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".

DK II nach DepV Anhang 1 Tabelle 2 Fußnote 6.

Sie können darüber hinaus in den folgenden Fällen eingesetzt werden:

- als Maßnahme der Eigenkontrolle von Deponien gemäß DepV Anhang 5 Nr. 3.2,
- zum Nachweis der Funktionsfähigkeit des Oberflächenabdichtungssystems bei der Entlassung der Deponie aus der Nachsorge gemäß DepV Anhang 5 Nr. 10 Ziffer 4,
- als zusätzliches Kontroll- und Sicherungselement bei Standorten mit höheren Sicherheitsanforderungen.

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

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

2.2. Technischer Aufbau und Funktionsweise

Für eine Zulassung müssen die genaue Funktionsweise und der grundsätzliche technische Aufbau des Dichtungskontrollsystems beschrieben werden. Darüber hinaus muss jeweils eine objektspezifische technische Dokumentation erstellt werden, in der sowohl der genaue Installations- als auch der Verlegeplan sowie die eingesetzten Komponenten mit deren nötigen Nachweisen zu den Herstellern und Produkten enthalten sind.

Dabei müssen mindestens die folgenden Punkte dargelegt werden:

- der prinzipielle Aufbau der Komponenten und deren Zusammensetzung zum DKS,
- das Zusammenwirken dieser Komponenten,
- das zugrunde liegende Messprinzip,
- die Generierung und Darstellung von Kontrollergebnissen,
- eine Aufzählung von Mindestvoraussetzungen und eventueller technischer Ausschlusskriterien des Standortes (Störfaktoren),

- ein Wartungsplan für das Dichtungskontrollsystem.

Des Weiteren sind diese Angaben spätestens bei der Abnahme des Dichtungskontrollsystems durch einen detaillierten, objektspezifischen Installationsplan und einen objektspezifischen, verbindlichen Verlegeplan zu ergänzen. Der Installationsplan ist gegebenenfalls durch Unterlagen über verwendete Geräte und Komponenten anderer Hersteller zu ergänzen. Eine vollständige Liste der Komponenten der Mess- und Auswerteelektronik muss 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 Kapitel 5.1) zu erstellen. Im Zuge der Bauausführung ist der Verlegeplan fortzuschreiben und als Bestandsplan in die Dokumentation aufzunehmen.

2.3. Beschreibung der Systemfunktionen

Dichtungskontrollsysteme bilden eine komplexe Einheit aus den erdverlegten Komponenten und den entsprechenden Mess- und Auswerteeinheiten zum Umsetzen der aufgenommenen Parameter in verwertbare und aussagekräftige Ergebnisse. Aus diesem Grund ist eine genaue Dokumentation der Auswerteeinheit notwendig, um eine Beurteilung des Dichtungskontrollsystems und gegebenenfalls einen herstellerunabhängigen Betrieb zu gewährleisten. Für die Zulassung eines Dichtungskontrollsystems ist damit neben der Dokumentation der nötigen Spezifikationen von Computern und Software-Komponenten für die Auswertung der Messungen auch eine genaue Beschreibung der Hardware, Mess- und Auswerteelektronik Voraussetzung. Im Folgen-

den soll deshalb eine genaue Angabe über die nötigen Spezifikationen gegeben werden.

Computer und 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 Dateien. 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 Kontrollergebnisherstellung verwendeten Prozeduren und Algorithmen müssen beschrieben sein. Die Beschreibung muss explizite Hilfestellung für die Interpretation der Kontrollergebnisse geben sowie die softwaremäßigen Möglichkeiten der Einstellungen von Parametern und der Optimierung aufzuführen.

Hardware, Mess- und Auswertelektronik: 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.

2.4. Werkstoffe und Bauart

Die Grundlage von Beständigkeits- und Leistungs-

bewertungen der Komponenten ist die explizite Festlegung und Angabe der verwendeten Werkstoffe, Werkstoffzusätze bzw. Werkstoffkombinationen sowie die Festlegung der Konstruktion und Bauart, der Herstellungsweise und der Qualitätssicherungsmaßnahmen des Herstellers des Dichtungskontrollsystems und seiner Sublieferanten. In den Tabellen 2 „Allgemeine physikalische Anforderungen an Isolierungen, Kabel und kabelartige Sensoren und deren Werkstoffe“ und 3 „Anforderungen an Edelstahl Elektroden, Sensoren, Kontakte und Sonderanfertigungen aus Edelstahl für DKS – Komponenten der Kategorie a)“ sind die Eigenschaften, die Prüfungen und die Anforderungen an die Prüfgrößen aufgelistet, die die allgemeine Beschaffenheit und die Anforderungen an die Werkstoffe der jeweiligen Komponenten charakterisieren. Ermittelt bzw. geprüft werden u. a. die Homogenität des Materials, Rußgehalt und Homogenität der Verteilung, geometrische Faktoren etc.

Die eindeutige und rechtlich verbindliche Beschreibung der Werkstoffe, die Überprüfbarkeit der Angaben durch die Zulassungsstelle und die Möglichkeit einer Kontrolle anhand der spezifizierten Werte ist dabei Voraussetzung, um die geforderte Funktionsdauer von mindestens 30 Jahren gewährleisten und damit eine Zulassung erteilen zu können.

Zu der Dokumentation von Bauart und Werkstoff der erdgebundenen Komponenten gehören:

- die Beschreibung von Aufbau, Abmessungen, Rohstofftypen und -lieferanten, Hersteller (Werk, Ort) und Typ industriemäßig gefertigter Kabel und erdverlegter Komponenten und
- die Darstellung von Spezialanfertigungen d. h. von nicht kabelartigen Sensoren, speziellen Anschlüssen, Abzweigungen aus Busleitungen der Kategorie a) (siehe Nr. 3.2.1) sowie die Beschreibung des Aufbaus, Nennung aller verwendeten Rohstofftypen und -lieferanten und ggf. der Additive und Zuschlagstoffe, des/der Hersteller(s) (Werk, Ort) und Kurzbeschreibung des Herstellungsprozesses. Zudem müssen die produktionbegleitenden Werksprüfungen und qualitätssichernden Maßnahmen des Herstellers beschrieben werden.

Weitere vertrauliche Angaben zu den Formmassen

und Additiven und zu den polymergebundenen Zuschlagstoffen (Hersteller, Typenbezeichnung und genaue Rezeptur des Masterbatch) oder sonstigen Zuschlagstoffen sowie Probenmaterial müssen bei der Zulassungsstelle hinterlegt werden.

Es muss dabei eine rechtsverbindliche Vereinbarung zwischen den Herstellern von Vorprodukten und dem DKS-Hersteller über die Spezifikation der verwendeten Werkstoffe bestehen.

Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems legt der Zulassungsstelle bei der Antragstellung Datenblätter zu den Werkstoffen und Zusätzen vor, in denen die entsprechenden Angaben enthalten sind.

Im Anhang zur Zulassung gibt der Zulassungsnehmer eine rechtsverbindliche Erklärung über die verwendeten Werkstoffe ab.

Diese verbindlichen Angaben werden durch die Zulassungsstelle im direkten Kontakt mit den Herstellern der Formmassen und Zusätze überprüft. Beschreibung und Masseanteil der Zusätze und die Molekülmassenverteilung sowie alle weiteren speziellen Angaben zu Formmassen und Zusätzen, also die vollständige Rezeptur, werden von der Zulassungsstelle vertraulich behandelt und dort hinterlegt. Die erdgebundenen Komponenten von Dichtungskontrollsystemen müssen über die geforderte Funktionsdauer gegenüber physikalischen, chemischen und biologischen Einwirkungen beständig sein. Bei Anwendungen mit Funktionsdauern, die 30 Jahre deutlich überschreiten sollen, oder bei vorhersehbaren außerordentlichen chemischen (dauerhafte Einwirkung von Materialalterung bewirkenden, hochkonzentrierten Substanzen) und/oder physikalischen Belastungen (mechanische Beanspruchung, Temperatur etc.) können keine generellen Aussagen getroffen werden.

Die Wartung und Reparatur sowie gegebenenfalls der Austausch und die Modernisierung der nicht erdgebundenen Komponenten müssen dabei möglich sein.

2.5. Kennzeichnung

Die erdgebundenen Komponenten des zugelassenen DKS müssen mit einer fortlaufenden Kennzeichnung in Anlehnung an E DIN VDE 0276-620 versehen sein. Aus der Kennzeichnung müssen die Produktbezeichnung und die Zulassungsnummer

hervorgehen. Darüber hinaus muss aus ihr direkt oder indirekt der Zeitpunkt der Produktion hervorgehen, aus dem in eindeutiger Weise die Ergebnisse der Qualitätssicherungsmaßnahmen dem Produkt zugeordnet werden können. Entsprechend der genannten Norm können für die Kennzeichnung die folgenden Verfahren eingesetzt werden:

- Bedrucktes Band im Kabel und Sensor,
- Bedruckung, Tiefprägung oder erhabene Prägung auf der Kabel- oder Sensoroberfläche.

Sie muss sich vom Untergrund abheben. Fortlaufend bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Abstand zwischen dem Ende der einen und dem Anfang der folgenden Kennzeichnung nicht größer als:

- 550 mm bei Kennzeichnung auf der Komponentenoberfläche,
- 275 mm bei Kennzeichnung auf einem Band ist.

Sie muss insbesondere so haltbar sein, dass sie den Transport, die Lagerungs- und die Einbaubeanspruchungen übersteht. Jede Spule muss ein Etikett gemäß DIN EN ISO 10320 tragen, aus dem der Hersteller, die Art des Produkts bzw. die Produktbezeichnung, die Abmessungen, das Gewicht sowie ein firmeninterner Code (z. B. Spulenummer) hervorgeht, aus dem direkt oder indirekt der Zeitpunkt der Produktion abgelesen werden kann und der in eindeutiger Weise den Unterlagen und Ergebnissen der Qualitätssicherungsmaßnahmen an der Liefereinheit zugeordnet ist. Im Einzelfall können weitere Angaben festgelegt werden. Ein Musteretikett wird der Zulassung als Anlage beigelegt.

Abweichungen von den hier vorgegebenen Verfahren sind im Einzelfall, z. B. für Sensoren, nach Abstimmung mit der Zulassungsstelle möglich.

2.6. Produktionsstätte und Produktionsverfahren

Der Hersteller muss das Produktionsverfahren der Komponenten detailliert beschreiben. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens überzeugt sich die BAM in Zusammenarbeit mit dem Fremdüberwacher durch einen Besuch beim Hersteller am Produktionsort von der Richtigkeit der zum Produktionsverfahren

ren und den Maschinen gemachten Angaben. Die Probenahme für die Zulassungsprüfungen erfolgt in der Regel bei diesem Besuch. Die BAM und der Fremdüberwacher überzeugen sich dabei weiterhin davon, dass qualifiziertes Personal, Maschinen, Betriebsräume, Einrichtungen zur Lagerung und Handhabung der Formmassen (Basispolymer, Masterbatch etc.), Vorprodukte, Prüfeinrichtungen und sonstige Ausstattungen der Produktion und des Prüflabors eine einwandfreie fortlaufende Produktion und eine Eigenüberwachung der Produktion gewährleisten.

Im Einzelfall muss der Hersteller nachweisen, wie aus dem gewählten Produktionsverfahren sich ergebende potenzielle Beeinträchtigungen einer einwandfreien Produktion durch Maßnahmen im Verfahrensablauf und im Qualitätsmanagement ausgeschlossen werden.

3. Prüfverfahren und Anforderungen

Im Folgenden werden die Prüfverfahren und die Zulassungsanforderungen an die Eigenschaften der Dichtungskontrollsysteme beschrieben. Die Prüfungen werden von der BAM im Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“ und in von der BAM anerkannten Prüfstellen durchgeführt. Dabei kann die Zulassungsstelle in begründeten Einzelfällen abweichend von den hier aufgeführten technischen Anforderungen und in Ergänzung dazu Sonderregelungen treffen. Diese besonderen technischen Anforderungen werden nach Rücksprache mit dem und Erörterung im Fachbeirat für die Zulassung festgelegt.

Die Einhaltung der technischen Anforderungen ist unter einheitlichen Bedingungen zu prüfen und zu belegen. Die Zulassung eines Dichtungskontrollsystems wird auf Antrag und Rechnung des Dichtungskontrollsystem-Herstellers nach erfolgter Prüfung in projektunabhängigen und produkt- bzw. bauartbezogenen Untersuchungen erteilt. Zusätzlich sind weitere Prüfungen und Nachweise während der projektspezifischen Planung, der Bauausführung und der Abnahme notwendig.

Für die projektunabhängigen Untersuchungen zieht die BAM Gutachten und Prüfberichte anderer Prüfinstitutionen hinzu, die im Auftrag und auf Rechnung des Antragstellers (d. h. des DKS-Herstellers) separat erstellt werden.

Mit der Beurteilung der Betriebssicherheit (s. Kapitel 3.7) muss der Antragsteller in Absprache mit der Zulassungsstelle eine anerkannte Fachinstitution seiner Wahl beauftragen.

3.1. Rechtsform und Versicherungsschutz des Herstellers

Der Hersteller eines Dichtungskontrollsystems muss rechtlich identifizierbar und wirtschaftlich leistungsfähig sein. Als Nachweis dienen der Handelsregisterauszug sowie die aktuellen Unbedenklichkeitsbescheinigungen des Finanzamts, der Krankenkassen und der Berufsgenossenschaft. Es wird empfohlen, einen angemessenen Versicherungsschutz des DKS-Herstellers für den Schadensfall zwischen den Projektpartnern zu vereinbaren.

3.2. Erdgebundene Komponenten

3.2.1. Beständigkeit

Die erdgebundenen Komponenten von Dichtungskontrollsystemen müssen nach dem Stand der Technik über eine Funktionsdauer von mindestens 30 Jahren 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 geforderten Funktionsdauer aufrechterhält.

In Tabelle 4 sind dabei die mechanischen Anforderungen an die erdgebundenen Komponenten definiert. Darüber hinaus finden sich in Tabelle 5 die Prüfverfahren zum Nachweis der Stabilität gegen elektrische Einflüsse. Die Langzeitbeständigkeit sowie die Beständigkeit gegen Chemikalien sind anhand der Prüfungen der Tabelle 6 nachzuweisen. Wartung, Reparatur sowie gegebenenfalls Austausch und Modernisierung, der nicht erdgebundenen Komponenten, müssen möglich sein.

Tabelle 1: Werkstoffliche Anforderungen an Dichtungskontrollsystem-Komponenten bei einer geforderten Funktionsdauer von mindestens 30 Jahren.

Kategorie	Zugänglichkeit der Komponenten	Beständigkeitsnachweis	Prüfungen
a)	Dauerhaft unzugänglich oder schwer zugänglich	besonderer Beständigkeitsnachweis erforderlich	<p>Kabel / Zuleitungen / kabelartige Sensoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Standardverfahren gemäß Tabellen 2 bis 6 und → spezielle Langzeitprüfungen der Tabelle 6. <p>Spezialanfertigungen / sonstige Sensoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Prüfverfahren und Werksprüfungen der Hersteller, → ggf. zusätzliche Prüfungen durch unabhängige Prüfinstitution und → besondere Anforderungen.
b)	zugänglich	kein besonderer Beständigkeitsnachweis erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> → Standardverfahren der Tabellen 2 bis 6

Die erdgebundenen Komponenten von Dichtungskontrollsystemen lassen sich bezüglich der Beständigkeitsanforderung in die folgenden zwei Kategorien aufteilen. Die Zuordnung der Prüfverfahren ist dabei in Tabelle 1 aufgeführt.

Zu Kategorie a): Diese Komponenten sind derart dauerhaft in einem Deponieoberflächenabdichtungssystem installiert, dass ein anschließender Zugriff praktisch nicht möglich ist. Hierzu zählen u. a. Standardprodukte wie kabelartige Sensoren, Signalkabel, Busleitungen und unterhalb von Abdichtungskomponenten angeordnete Kabel und Elektroden zur Einspeisung elektrischer Spannungsimpulse. Für die Bewertung der Beständigkeit von ummantelten Erdkabeln (Elektrokabel, Lichtwellenleiter etc.) und erdgebundenen kabelähnlichen Sensoren liegen einschlägige Normenwerke vor. Für Dichtungskontrollsysteme mit einer Funktionsdauer von mindestens 30 Jahren müssen diese Komponenten den in

den Anforderungstabellen (s. Kapitel 8) aufgeführten Normen entsprechen bzw. die dort genannten Prüfkriterien erfüllen. Die dort aufgeführten Normprüfungen sollen durch entsprechend akkreditierte Prüfinstitute vorgenommen werden. Ferner sind bei den Anforderungstabellen die relevanten Anforderungen für Elektroden und andere Komponenten aus Edelstahl zusammengestellt.

Weiter zählen zu dieser Kategorie 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.

Zu Kategorie b): Auf diese Komponenten wie z. B. Buskabel, Anschlussstellen, Überflurverteiler 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 Anwendung.

3.2.2. Mechanische Belastbarkeit

Die erdgebundenen Komponenten müssen mechanische Belastungen während der Bauphase, durch das Eigengewicht aufliegender Schichten und anderer Auflasten, sowie aufgrund von Setzungen schadlos überstehen. Die nötigen Prüfungen zum Nachweis der mechanischen Belastbarkeit sind in Tabelle 4 aufgeführt. Hinsichtlich der zulässigen Verformung sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Eine zulässige dauerhafte Dehnung der Abdichtungskomponente darf weder zu Beschädigungen der Abdichtungskomponente 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. Um den Besonderheiten der unterschiedlichen zu testenden Komponenten zu entsprechen, wird die BAM 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 zu den projektunabhängigen Untersuchungen muss der Nachweis der mechanischen Belastbarkeit durch Beanspruchungen während der Bauphase jeweils im Rahmen eines Probefeldes

erbracht werden. Der Hersteller eines Dichtungskontrollsystems muss in einer 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.

3.3. Leistungsfähigkeit und Leistungskriterien des DKS

Dichtungskontrollsysteme müssen nach anerkannten technischen Prinzipien arbeiten sowie vorgegebene Leistungskriterien erfüllen.

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 Nachweis-schwelle 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 nur einmalig im Sinne einer Musterprüfung zu bewerten, sondern darüber hinaus in jedem Projekt einzelfallbezogene Funktions- und Abnahmeprüfungen nach einem möglichst standardisierten Verfahren durchzuführen. Der Ort einer Leckage wird vom Dichtungskontrollsystem durch zwei eindeutige Koordinatenwerte in der Ebene angegeben. Es wird typischerweise eine Ortungsgenauigkeit von wenigen Quadratmetern erreicht.

Im Folgenden werden Leistungskriterien für die Überwachung von Konvektionssperren genannt.

3.3.1. Eignungsgutachten

Die Leistungsfähigkeit eines Dichtungskontrollsystems muss im Rahmen des projektunabhängigen

Eignungsgutachtens an einem funktionsbereiten DKS überprüft werden.

3.3.2. Leistungskriterien für DKS

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

- *Technische Nachweisschwelle:* Alle Leckagen aufgrund von kreisförmigen Löchern ab 5 mm Durchmesser (entsprechend einer Fläche je Leckagestelle ab 20 mm²) müssen nachgewiesen werden.
- *Ortungsgenauigkeit:* Die von einem Dichtungskontrollsystem angezeigte Position einer Leckage muss innerhalb eines Kreises mit Radius $\cong 2,5$ m (entsprechend einer Fläche von ca. 20 m²) um die tatsächliche Position der Leckage liegen.

In trockenen Witterungsperioden ist es durch eine eventuelle Austrocknung der Entwässerungs-/Rekultivierungsschicht 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 mangels Niederschlags während dieser Zeiträume kein unzulässiger Wasserdurchtritt in die Deponie zu befürchten ist. Diese potenzielle Gefahr entsteht erst, wenn es aufgrund von Niederschlagsereignissen zu Wasserabflüssen oberhalb der Abdichtungskomponente kommt. Dann werden sich in der Regel, zumindest bei schwach bindigen mineralischen Entwässerungs-/Rekultivierungsschichten 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 Entwässerungs-/Rekultivierungsschicht.

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 Funktionsprü-

fung ist andererseits u. U. entscheidend für den weiteren Bauablauf und kann daher zeitkritisch sein. In solchen Fällen kann es erforderlich sein, den zu prüfenden Bauabschnitt künstlich zu bewässern.

3.4. Funktionsprüfung des DKS

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 (s. hierzu Kapitel 4.2.2) 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 sofort nach dessen Einbau in das Deponieoberflächenabdichtungssystem funktionstüchtig sein. Der Nachweis muss in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen spätestens jedoch 1 Jahr nach Fertigstellung des Oberflächenabdichtungssystems erbracht werden.

Von dem Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“, Themenfeld „Kunststoffe in der Geo- und Umwelttechnik“ der BAM werden Hinweise zu der Durchführung der Funktionsprüfungen gegeben. Diese sind auf der Internetseite der BAM veröffentlicht³.

3.4.1. 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

³ Weitere Hinweise und Erläuterungen zu der Durchführung finden sich auf der Internetseite der BAM: <http://www.tes.bam.de/de/mitteilungen/abfallrecht/index.htm>.

des Dichtungskontrollsystems kann erst nach Freigabe durch den Hersteller erfolgen. Dabei sind die folgenden Punkte bei der Durchführung zu beachten:

- 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 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 werden.
- Die Funktionsprüfung des DKS ersetzt nicht die Prüfung der Fehlerfreiheit an der gesamten Konvektionssperre. Unabhängig von der Funktionsprüfung des DKS müssen damit alle Flächen fehlerfrei geprüft werden.

Nach dem Abschluss der Funktionsprüfung veranlasst der Deponiebetreiber die ordnungsgemäße Reparatur aller absichtlichen Beschädigungen und aller Beschädigungen aus dem Baubetrieb der Abdichtungskomponente und die ordnungsgemäße Herstellung des Dichtungsaufbaus durch die Baufirma in Zusammenarbeit mit einer Fachfirma (z. B. Verlegefachbetrieb bei Einsatz von KDB⁴). Der Fremdprüfer kontrolliert ob diese Arbeiten vollständig, ordnungsgemäß und fachgerecht durchgeführt worden sind.

3.4.2. Durchführung der Funktionsprüfung

Für eine Funktionsprüfung in Verbindung mit Kunststoffdichtungsbahnen müssen diese entsprechend den Anforderungen der KDB-Zulassungsrichtlinie⁵

⁴ „Richtlinie für die Anforderungen an Fachbetriebe für den Einbau von Kunststoffdichtungsbahnen, weiteren Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen in Deponieabdichtungssystemen“ BAM, Berlin.

⁵ „Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für die Abdichtung von Deponien und Altlasten“ BAM, Berlin.

wellenfrei verlegt sein. Die die KDB bedeckenden Schichten müssen mächtig genug sein, um eine flächige Anpressung der KDB auf das Auflager zu gewährleisten.

Die Testleckagen werden nach den Anweisungen des Fremdprüfers oder der zuständigen Behörde eingebracht. Die genaue Position und Anzahl von Testleckagen ist dabei, vom Fremdprüfer zu protokollieren.

Bei dem Einbringen von Leckagen ist darauf zu achten, dass es nicht zu unzulässigen Aufwölbungen der Kunststoffdichtungsbahn kommt, die eine Detektion der Leckage erschweren oder sogar verhindern können. Es wird empfohlen, die Löcher durch Bohren oder Fräsen einzubringen. Weitere Hinweise zu der Durchführung der Funktionsprüfung an Dichtungskontrollsystemen für Konvektionssperren werden auf der Internetseite der BAM unter „Hinweise zu den Prüfungen“ gegeben⁵.

Der Nachweis der einwandfreien Funktion stützt sich auf zwei Aspekte:

1. Nachweis von Leckagen: Mindestens drei künstlich in die Abdichtungskomponente eingebrachte kreisförmige Leckagen mit einem Durchmesser von 5 mm, deren Positionen dem Hersteller des DKS zuvor nicht bekannt sind, müssen vom Dichtungskontrollsystem mit einer Ortungsgenauigkeit von $\leq 20 \text{ m}^2$ festgestellt werden.
2. Nachweis der Fehlerfreiheit der Prüffläche: Alle Leckagen können sukzessive beseitigt werden. Hierbei ist durch Kontrollmessungen zu prüfen, ob ein dann tatsächlich leakagefreier Testabschnitt vom Dichtungskontrollsystem auch als solcher erkannt 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 mm^2 verstan-

den.

Die folgenden Punkte gelten zusätzlich für Dichtungskontrollsysteme, die ihre Messungen auf der Grundlage elektrischer Potenziale bzw. Widerstände durchführen:

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

3.5. Herstellerunabhängiger Betrieb

Dichtungskontrollsysteme müssen unabhängig vom jeweiligen Hersteller auch vom Deponiebetreiber bzw. von einem von ihm beauftragten Dritten betrieben und gegebenenfalls repariert werden können. Betriebsstörungen des Dichtungskontrollsystems müssen dabei vom Bedienpersonal rasch erkannt werden können.

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

- Modulare, sinnvoll strukturierte Sensorenanord-

nung 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 müssen für jede Bauart an einem funktionsfähigen Dichtungskontrollsystem im Rahmen einer projektunabhängigen Überprüfung demonstriert und nachgewiesen werden.

Als ergänzenden Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen gilt die Vorlage einer vollständigen technischen Dokumentation des Dichtungskontrollsystems einschließlich Funktionsbeschreibungen, Bestückungslisten, Installations- und Bauplänen. Die Überprüfung der Dokumentation im Rahmen des Praxistests, mit Ausnahme der projektspezifischen Unterlagen, auf Ihre Vollständigkeit durch die BAM und ihre Anwendbarkeit durch eine unabhängige Prüfinstitution sind Bestandteil des Zulassungsverfahrens.

3.6. 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 durch sie beeinträchtigt werden. Die Konstruktion und die Bauart eines DKS müssen den Betrieb auf Teilabschnitten ermöglichen.

Durch den Einbau des Dichtungskontrollsystems dürfen umgebende Schichten wie z. B. 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 nicht zulässig.

Durchdringungen von Abdichtungsschichten durch das DKS sind auf ein Minimum zu begrenzen. Durchdringungen von Kunststoffdichtungsbahnen sind kunststoffgerecht zu konstruieren, durch geschultes Fachpersonal (geprüfter Kunststoffschweißer gemäß DVS 2212 Teil 3 mit gültigen Prüfungsbescheinigungen der Untergruppen III-1 und III-3) herzustellen, einzubauen und von einem Fremdprüfer für Geokunststoffe einzeln freizugeben.

Hinsichtlich der Verträglichkeit der Werkstoffe beim Schweißen sind die einschlägigen Regelwerke⁶ zu beachten. Werden unterschiedliche Formmassen für Kunststoffdichtungsbahn und Durchdringung verwendet, so gelten folgende Anforderungen: Miteinander schweißbar sind Formmassen lediglich, wenn sie nach DIN EN ISO 1872 innerhalb einer MFR-Gruppe oder nach der DVS Richtlinie 2207-1 innerhalb des Intervalls 0,3 bis 1,7 g/10 min sind.

Dichtungskontrollsysteme dürfen die Verbundwirkung der Dichtungskomponenten sowie die Langzeitstandsicherheit des Dichtungsaufbaus nicht beeinträchtigen. Die Überprüfung und Begutachtung der grundsätzlichen Systemverträglichkeit und Integration eines Dichtungskontrollsystems in das Abdichtungssystem wird durch eine unabhängige Prüfinstitution im Rahmen einer projektunabhängigen Überprüfung vorgenommen.

Zur Einhaltung der hier aufgestellten Anforderungen ist in der Planungsphase eine weitere Überprüfung durch den Planer bzw. die zuständige Behörde unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten sowie besonders die Berücksichtigung der folgenden Aspekte notwendig:

⁶ „Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen“ BAM, Berlin.

- Für jedes Projekt muss die vom Dichtungskontrollsystem zu überwachende Fläche explizit festgelegt und in der Genehmigungsplanung 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 Funktionsprüfung und der Betrieb auf Teilabschnitten möglich sind. Die Teilabschnitte sind bei der Ausführungsplanung im Einzelfall nach den örtlichen Gegebenheiten festzulegen und im vorläufigen Verlegeplan für das Dichtungskontrollsystem auszuweisen.
- Eine mit einem Dichtungskontrollsystem ausgestattete Deponiefläche darf nur dann mit einer Photovoltaikanlage genutzt werden, wenn nachgewiesen ist, dass keine gegenseitigen negativen Beeinflussungen der Systeme zu erwarten sind.

3.7. Elektrische und allgemeine Betriebssicherheit

Vom Dichtungskontrollsystem dürfen keine unzulässigen Beeinflussungen auf Personen, elektrische Anlagen (z. B. im Fall der Nachnutzung des Standortes mit einer Photovoltaikanlage) und die Umgebung ausgehen. Ein Dichtungskontrollsystem muss unempfindlich gegenüber äußeren Störeinflüssen sein. Solche Störungen können z. B. durch Erdpotenziale, Fremdspannungen, elektromagnetische Störungen aufgrund der Einstrahlungen elektromagnetischer Felder sowie durch Blitzschlag hervorgerufen werden. Das installierte Dichtungskontrollsystem muss in allen Komponenten den geltenden Bestimmungen und Normen⁷ für die Errichtung und den

⁷ Normenauswahl "Elektrische Anlagen":

DIN VDE 0100-540; Norm-Entwurf DIN VDE 0118-1/A2; Norm-Entwurf DIN VDE 0118-2/A2; DIN VDE 0165; DIN VDE 0168; DIN VDE 0845-1; DIN VDE 0845-2; DIN EN 61644-21; DIN EN 61663-1.

Betrieb von erdgebundenen elektrischen Anlagen entsprechen. Vom Hersteller sind hinsichtlich einschränkender Bedingungen und Faktoren 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:

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

Dieses Konzept sowie die Maßnahmen zur Sicherung der Betriebssicherheit müssen durch eine unabhängige Institution (z. B. TÜV) für jede Bauart individuell begutachtet werden. Die Gutachten sind dabei Bestandteil der Zulassung des DKS durch die BAM.

4. Qualitätsmanagement

Die Qualität des Gesamtbauwerkes ist abhängig von der Qualität der einzelnen Bauteile und der zum Einsatz gelangenden Materialien. Durch das Qualitätsmanagement soll während der Bauausführung die ordnungsgemäße Qualität sichergestellt werden.

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

Es muss ein Qualitätsmanagementplan nach der GDA-Empfehlung E 5-1⁸ „Grundsätze des Qualitätsmanagements“ aufgestellt werden. Dieser muss die speziellen Elemente des Qualitätsmanagements sowie die Verantwortlichkeiten, sachlichen Mittel und Tätigkeiten so festlegen, dass die im Anhang 1 der DepV und in dieser Zulassungsrichtlinie genannten Qualitätsmerkmale der eingebauten Dichtungskontrollsysteme eingehalten werden.

⁸ Die GDA-Empfehlungen können über die Internetseite www.gdaonline.de eingesehen werden.

trollsysteme eingehalten werden.

4.1. Eigen⁹- und Fremdüberwachung bei der Produktion

Eine regelmäßige Eigen- und Fremdüberwachung muss nach Anhang 1 Nummer 2.1 der DepV eine gleichmäßige Qualität der Produktion der Vorprodukte und des Dichtungskontrollsystems selbst sicherstellen.

Für die Herstellung der unter Kapitel 3.2.1 aufgeführten Komponenten von Dichtungskontrollsystemen ist ein nach EN ISO 9001 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nachzuweisen. Dabei dürfen ausschließlich Vorprodukte zertifizierter Betriebe oder durch eine Eingangsprüfung nach Prüfanweisung geprüfte Vorprodukte verwendet werden. Die gültige Zertifizierungsurkunde, das Organigramm, aus dem die Zuständigkeiten hervorgehen, und die die Eigenüberwachung betreffenden Arbeitsanweisungen und Prüfpläne der Produzenten müssen der Zulassungsstelle vorgelegt werden.

Die Qualität von Komponenten der Kategorie a) muss regelmäßig und nachvollziehbar produktionsbegleitend durch Dritte geprüft werden. Für jede Lieferung ist neben den Lieferdokumenten ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 in Anlehnung an DIN EN 10204 mit den Ergebnissen der Eigenüberwachung des Herstellers von dieser Lieferung dem Fremdprüfer auszuhändigen.

Die Tabellen 7 bis 9 beschreiben die Verzahnung von Wareneingangsprüfungen sowie Eigenüberwachung und Fremdüberwachung bei der Produktion von Kabeln und kabelartigen Sensoren. Art und Häufigkeit der Prüfung müssen mit der Zulassungsstelle abgestimmt und im Anhang zum Zulassungsschein beschrieben werden.

4.1.1. Eingangskontrollen und -prüfungen

Die Übereinstimmung der eingesetzten Werkstoffe, Formmassen und Zuschlagstoffe – z. B. der Basispolymere und des Additiv-Batches – für Komponenten der Kategorie a), die bei der Produktion der Prüfmuster für das Zulassungsverfahren verwendet wurden, muss vom Produzenten kontrolliert werden.

⁹ Die Eigenüberwachung wird im Bauwesen (Bauproduktenrichtlinie) als werkseigene Produktionskontrolle bezeichnet.

Die Eigenschaften jeder Lieferung müssen durch Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 der jeweiligen VorproduktHersteller in Anlehnung an DIN EN 10204 dokumentiert werden. Art und Umfang der dabei erforderlichen Eingangsprüfungen des Herstellers der Komponenten des Dichtungskontrollsystems werden ausgehend von Tabelle 7 im Anhang zum Zulassungsschein aufgeführt.

4.1.2. Eigenüberwachung

Im Rahmen der Eigenüberwachung der Produktion von Komponenten des DKS müssen bestimmte charakteristische Eigenschaften der Produkte überprüft werden. Tabelle 8 beschreibt Verfahren und gibt Häufigkeiten an, mit denen geprüft werden muss. Art und Umfang der Prüfungen des Produzenten werden ausgehend von Tabelle 8 im Anhang zum Zulassungsschein festgelegt. Dabei müssen die im Zulassungsschein angegebenen produktbezogenen Anforderungen und Toleranzen erfüllt werden. Sollte die Produktion der Komponenten länger als 730 Tage ausgesetzt werden, so müssen sämtliche in den Tabellen 2 bis 6 aufgeführten Prüfungen der Produkteigenschaften erneut durchgeführt werden. Die Daten aus der Überwachung müssen über zehn Jahre so archiviert werden, dass jederzeit eine Zuordnung der Prüfergebnisse zu einer Liefereinheit möglich ist. Auf Verlangen sind die Daten der Zulassungsstelle zugänglich zu machen.

Zu jeder Lieferung muss ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 in Anlehnung an DIN EN 10204 ausgestellt werden. Die Prüfwerte im Abnahmeprüfzeugnis müssen den Spulen, an denen sie gemessen wurden, zugeordnet werden können.

4.1.3. Fremdüberwachung

Die laufende Produktion der Komponenten des DKS wird durch eine mit der BAM vereinbarte, neutrale Stelle überwacht. Die mit der Fremdüberwachung beauftragte Prüf- und Inspektionsstelle muss über ausreichend qualifiziertes Personal und die notwendigen Prüfeinrichtungen verfügen. Das Prüflabor muss für die bei der Fremdüberwachung anzuwendenden genormten Prüfungen nach der DIN EN ISO/IEC 17025 und mit Bezug auf diese Zulassungsrichtlinie als Inspektionsstelle nach der DIN EN ISO/IEC 17020 akkreditiert sein. Der Überwa-

chungsvertrag zwischen fremdüberwachender Stelle und Dichtungskontrollsystemhersteller muss vor Erteilung der Zulassung vorgelegt werden. Die Überwachung umfasst die Prüfungen an den Dichtungskontrollsystemen sowie die Überprüfung ihrer Produktion und Eigenüberwachung. Maßgebend für die Überwachung sind die DIN 18200 sowie die weiteren im Überwachungsvertrag zwischen fremdüberwachender Stelle und Dichtungskontrollsystemhersteller festgelegten Anforderungen. Der Überwachungsvertrag muss folgende Anforderungen berücksichtigen:

- Zu Beginn der Produktion hat sich die fremdüberwachende Stelle davon zu überzeugen, dass die Voraussetzungen für eine sachgemäße Produktion und eine anforderungsgerechte werkseigene Produktionskontrolle gegeben sind.
- Bei der Fremdüberwachung der Produktion der Komponenten des DKS sind die im Anhang zum Zulassungsschein aufgeführten Prüfungen zur Identifikation und zu den Eigenschaften durchzuführen (s. Tabelle 9). Beim Überwachungsbesuch sind durch Besichtigung von Labor und Produktion und durch Einblick in die Unterlagen Art und Umfang der werkseigenen Produktionskontrolle zu kontrollieren.
- Die Fremdüberwachungsmaßnahmen müssen zweimal jährlich durchgeführt werden. Die Probenahme aus der Produktion muss durch die überwachende Institution erfolgen. Sollte der Produzent der Komponenten die Herstellung nur einmal im Jahr starten und diese Produktion nicht länger als 4 Produktionswochen des Kalenderjahres andauern, so kann die Fremdüberwachungsmaßnahme, nach Abstimmung mit der Zulassungsstelle, auf einmal pro Jahr reduziert werden.

Die Überwachungsbesuche sind in der Regel unangemeldet durchzuführen. Der Nachweis über die durchgeführte Fremdüberwachung wird durch den aktuellen Überwachungsbericht erbracht, in dem die fremdüberwachende Stelle ihre Prüfergebnisse darstellt. Der Bericht wird dem überwachten Produzenten regelmäßig zugesandt.

Bei festgestellten Mängeln ist nach den Festlegungen der fremdüberwachenden Stelle zu verfahren.

Bei wiederholten oder ernsthaften Mängeln hat diese die BAM zu informieren.

4.1.4. Lieferpapiere

Aus den Anforderungen an die Eigen- und Fremdüberwachung leiten sich auch die Anforderungen an Art und den Umfang der Papiere ab, die einer Lieferung des Dichtungskontrollsystems zur Dokumentation der Qualität beigelegt werden müssen. Erforderlich ist ein Lieferschein, der die Angaben zum Hersteller, die Typenbezeichnung und eine Aufstellung der Spulenummern enthält. Dazu gehört ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 in Anlehnung an DIN EN 10204.

4.2. Qualitätsmanagement Bau

Das Dichtungskontrollsystem ist Bestandteil des Deponieabdichtungssystems. Der Einbau unterliegt daher den Qualitätsmanagementmaßnahmen, die in der DepV gefordert werden. Die DepV sieht ein dreigliedriges Qualitätsmanagementsystem vor, bei dem die Eigenprüfung des für die Qualität seines Gewerks verantwortlichen Herstellers, die Fremdprüfung durch einen unabhängigen Dritten und die Überwachung durch die zuständige Fachbehörde sicherstellen, dass das Deponieabdichtungssystem mit den vorgesehenen Qualitätsmerkmalen hergestellt wird.

Dabei muss insbesondere auf die Einhaltung der in dieser Richtlinie beschriebenen Anforderungen für den Einbau des DKS sowie auf die Übereinstimmung mit den Angaben des Zulassungsscheins und seiner Anlagen geachtet werden. Der Qualitätsmanagementplan muss eine koordinierte Zusammenarbeit zwischen dem Fachbetrieb für den Einbau des DKS und allen anderen Beteiligten auf der Baustelle ermöglichen, die für den speziellen Bauverfahrensablauf erforderlich ist. Die Eigenprüfung durch den Fachbetrieb für den Einbau und die Fremdprüfung beim Einbau des DKS, die im Folgenden näher beschrieben werden, sind Bestandteile des Qualitätsmanagementplans.

4.2.1. Eigenprüfung

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

- Alle erdgebundenen Komponenten sind auf äußere Beschaffenheit und 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 die Dichtheit zu prüfen.
- Die Ergebnisse der Eigenprüfungen sind zu dokumentieren.

Die Tabellen 11 bis 13 listen Art und Umfang der Kontrollprüfungen an den Dichtungskontrollsystemen im Rahmen der Eigenprüfung auf. Darüber hinaus sind in diesen Tabellen die Qualitätsanforderungen bei der Herstellung, der Installation und Inbetriebnahme des Dichtungskontrollsystems selbst aufgeführt.

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 sind eine ingenieurmäßige Einmessung der Bauteile und Sensoren und deren Dokumentation im Bestandsplan durch den Fachbetrieb für den Einbau des DKS erforderlich. Die Einmessung ist durch den Fremdprüfer in dem im Qualitätsmanagementplan festgelegten Umfang zu überprüfen.

4.2.2. Fremdprüfung

Der Einbau des DKS bedarf einer geeigneten Fremdprüfung, deren Ergebnisse die Grundlage für die abfallrechtliche Abnahme durch die zuständige Behörde sind. Sie muss von einer fachkundigen, erfahrenen und ausreichend mit Personal und Geräten ausgestatteten Stelle durchgeführt werden. Der Fremdprüfer für das Dichtungskontrollsystem muss dabei sinngemäß den Anforderungen der „Richtlinie für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle beim Einbau von Kunststoffkomponenten und -bauteilen in Deponieabdichtungssystemen“¹⁰ entsprechen und über ein-

¹⁰ „Richtlinie für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle beim Einbau von Kunststoffkomponenten und -bauteilen in Deponieabdichtungssystemen“, BAM, Berlin.

schlägige Erfahrungen als Fremdprüfer im Deponiebau verfügen. Die Fremdprüfung für das DKS soll von der fremdprüfenden Stelle, die auch für die zu überwachende Abdichtungskomponente zuständig ist, durchgeführt werden.

Der verantwortliche Fremdprüfer muss Projekterfahrung mit dem zum Einbau kommenden Dichtungskontrollsystem aus mindestens einem Bauprojekt haben oder er muss vom Hersteller des Dichtungskontrollsystems ausführlich in das System eingewiesen worden sein. Diese Einweisung soll mindestens die Demonstration eines funktionsfähigen Dichtungskontrollsystems auf einem Testfeld und die Unterrichtung über installationsspezifische Aspekte umfassen. Der Hersteller des DKS stellt über diese fachliche Einweisung einen personenbezogenen Nachweis der Sachkunde aus.

Die fremdprüfende Stelle und der Leistungsumfang der Fremdprüfung sind mit der zuständigen Behörde abzustimmen. Die Tabellen 10 bis 13 listen Art und Umfang der Kontrollprüfungen an den Dichtungskontrollsystemen im Rahmen der Fremdprüfung auf. Darüber hinaus sind in diesen Tabellen die Qualitätsanforderungen bei der Herstellung, der Installation und Inbetriebnahme des Dichtungskontrollsystems selbst aufgeführt.

Die Einmessung der erdgebundenen Komponenten und Sensoren des DKS durch den Fachbetrieb für den Einbau von DKS ist von der fremdprüfenden Stelle in dem im Qualitätsmanagementplan festgelegten Umfang zu überprüfen (vgl. Kapitel 4.2.1).

Des Weiteren leitet der Fremdprüfer die Funktionsprüfungen an den Einzelkomponenten, der Auswerteeinheit und der Gesamtsystem nach der Installation und Herstellung der Betriebsbereitschaft des DKS (s. hierzu Kapitel 3.4).

4.3. Probefeld

Das Dichtungskontrollsystem ist zunächst in einem Probefeld entsprechend den Anforderungen der DepV Anhang 1 Nr. 2.1 einzubauen. Dabei darf der Aufbau des Probefeldes nach Art, Materialien und Einbauverfahren nicht vom Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems abweichen. Die Einbaubarkeit des Dichtungskontrollsystems und die mechanische Belastbarkeit seiner erdverlegten Komponenten sind hier unter Baustellenbedingungen nachzuweisen. Ins-

besondere wird empfohlen, den Einbau des Dichtungskontrollsystems in steilen Böschungen zu testen.

5. Anforderungen an den Einbau

Dichtungskontrollsysteme stellen komplexe Gefüge aus ihren unterschiedlichen Einheiten und Komponenten dar. Für die einwandfreie Funktionsfähigkeit ist es nicht nur notwendig, dass die einzelnen Komponenten dem Stand der Technik entsprechen und geprüft sind, sondern, dass diese auch ordnungsgemäß und damit funktionstüchtig in ihren Bestimmungsort eingebaut werden. Aus diesem Grund ist es neben den Anforderungen an die Beständigkeit und Eigenschaften der einzelnen Komponenten auch notwendig den Einbau in ein entsprechendes Qualitätsmanagement-System einzugliedern. Dies besteht dabei aus der Eigenprüfung der ausführenden Firma, der Fremdprüfung durch einen beauftragten Dritten und aus der Überwachung durch die zuständige Behörde.

Der Einbau des Dichtungskontrollsystems wird durch die örtliche Bauüberwachung des Auftraggebers terminlich, organisatorisch und im Hinblick auf die Ausführungsplanung beaufsichtigt und durch die Fremdprüfung fachtechnisch kontrolliert.

Vor dem Einbau der Entwässerungs-/Rekultivierungsschichten 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. Bis zu diesen Teilfreigaben müssen folgende Unterlagen eingereicht und Arbeiten durchgeführt und protokolliert werden:

- das Einmessen der Komponenten nach Lage,
- die Funktions- und Dichtheitsprüfungen der Anschlüsse,
- die Prüfungen der erdgebundenen Komponenten,
- die Bestandspläne der Teilflächen (Skizzen mit notwendigen Angaben),
- die Verlegeprotokolle des Fachbetriebs für den Einbau des DKS.

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

Unmittelbar nach Freigabe des Dichtungskontrollsystems durch den Fremdprüfer werden nachfolgende Komponenten unter Aufsicht der Fremdprüfung eingebaut. Ein direktes Befahren 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 Vorkopf-Einbau vorgesehen. Beim Aufbringen dieser Schichten ist so vorzugehen, dass keine Verschiebungen des Dichtungskontrollsystems auftreten. Der Einbau hat mit den im Bericht zum Probefeld beschriebenen Einbaugeräten zu erfolgen.

Für den Transport und die Verteilung des Materials auf dem DKS sollten geeignete Fahrstraßen von mindestens 1 m Dicke aufgeschüttet werden. Andere Einbauverfahren können eingesetzt werden, wenn deren Eignung bei einem Probeeinbau überprüft wurde.

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 Bauüberwachung des Auftraggebers zusätzliche Maßnahmen festgelegt werden.

5.1. Verlegeanweisung

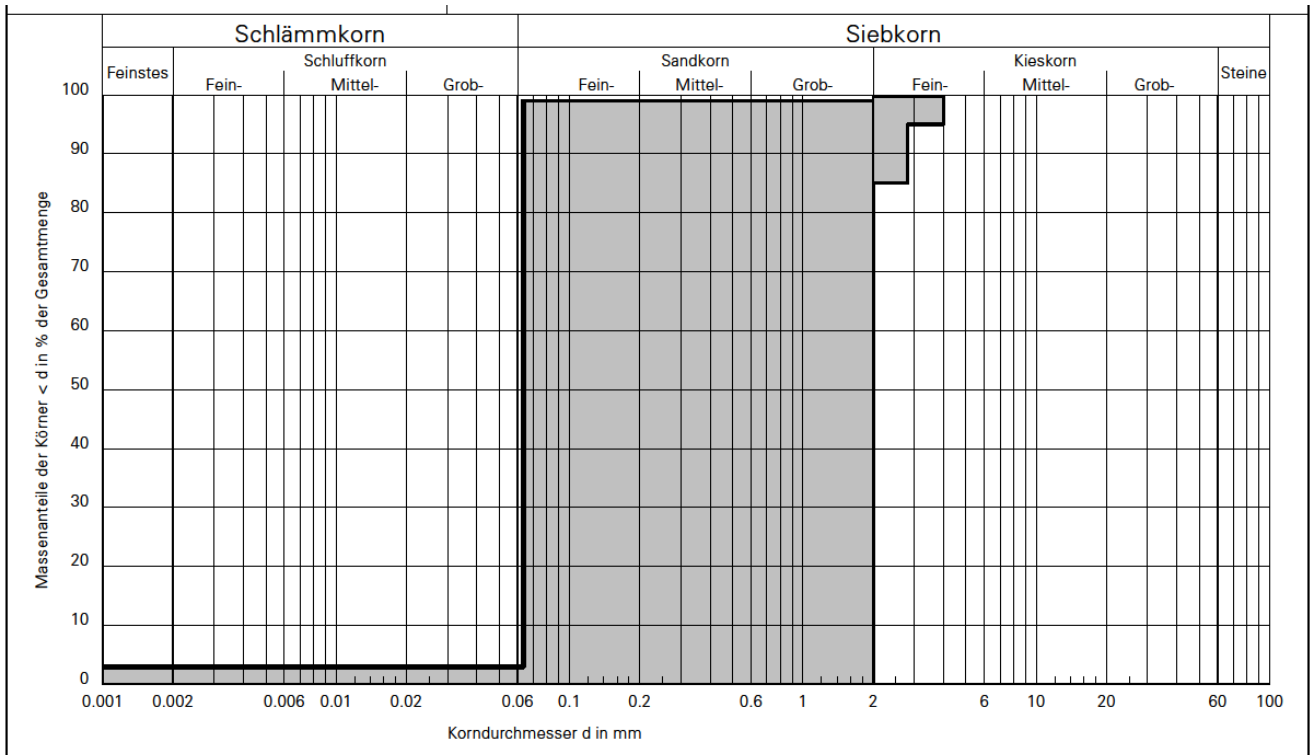
Eine detaillierte Installations- und Verlegeanweisung ist für eine optimale Bauablaufplanung und einen fachgerechten Einbaus des Systems erforderlich. Die Verlegeanweisung muss alle zur Anlieferung, Zwischenlagerung auf der Baustelle, Handhabung und Verlegung wichtigen Angaben enthalten. Eventuell bei 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.

Für das Dichtungskontrollsystem ist ein Verlegeplan 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 Positionsangaben sämtliche erdgebundenen Komponenten, Nachbesserungen, durchgehende Nummerierungen der Elektroden, Anschlüsse, Anschlussleitungen, Durchdringungen, Feldverteiler sowie Verbindungsleitungen enthalten.

Der Verlegebestandsplan muss dem Auftraggeber und der Behörde übergeben werden. Die Positionen müssen unter Angaben von Toleranzen dokumentiert werden und validiert sein.

Von entscheidender Bedeutung ist die explizite Angabe von Positionstoleranzen für die erdgebundenen Komponenten, insbesondere für die Sensoren.

Abb. 1: Zulässiger Körnungsbereich (0/2 mm) für Auflager von KDB ohne weitere mineralische Abdichtungskomponente bei Verwendung von zugelassenen Dichtungskontrollsystemen für Konvektionssperren in Deponieoberflächenabdichtungen



5.2. Anforderungen an das Auflager, die Kontrollschicht und die Umgebungsbedingungen beim Einbau von DKS

5.2.1. Anforderungen an das Auflager von Kunststoffdichtungsbahnen in Verbindung mit DKS

Bei Verwendung von zugelassenen Dichtungskontrollsystemen für Konvektionssperren in Deponieoberflächenabdichtungen ohne weitere mineralische Abdichtungskomponente muss das Auflager für die KDB den Anforderungen der in Abb. 1 dargestellten Körnungslinie (0/2 mm) entsprechen. Weiterhin soll die Ungleichförmigkeit des verwendeten Auflagers $d_{60}/d_{10} \geq 5$ sein.

Wird die KDB direkt auf einer mineralischen Dichtungsschicht verlegt, entfällt diese Anforderung.

5.2.2. Anforderungen an den Einbau von DKS in Kombination mit Asphaltbetondichtungen

Besondere Anforderungen ergeben sich bei der Verwendung von Dichtungskontrollsystemen in Verbindung mit Asphaltbetondichtungen. Derzeit liegen keine Erfahrungen beim Einbau von Dichtungskontrollsystemen in dieser Konstellation im Deponiebau vor. Es wird aus diesem Grund empfohlen, die Dichtungskontrollsysteme nur in Konfigurationen einzusetzen, bei denen keine Komponenten unterhalb der Asphaltbetonschicht eingebaut werden.

Andernfalls müssen im Einzelfall in den Projekten in Zusammenarbeit mit der Zulassungsstelle Verfahren erarbeitet und ausprobiert werden, auf deren Grundlage eine Zulassung im Einzelfall erteilt werden kann. So müssen die Komponenten z. B. entsprechend geschützt und zudem Belastungsobergrenzen angegeben werden.

Diese Anforderungen ergeben sich vor dem Hintergrund der hohen thermischen und zugleich mechanischen Beanspruchungen der DKS-Komponenten während des Einbaus von Asphaltbetonabdichtun-

gen in Deponieoberflächenabdichtungen.

Um den thermischen Auswirkungen entgegenzuwirken, müssen mindestens 10 cm tiefe Rillen in das Planum eingebracht, dort die Kabel und Sensoren verlegt und die Rillen anschließend mit Sand wieder verfüllt werden. Zum Nachweis des ausreichenden Abstandes zu Hochtemperaturzonen müssen dabei in einem gewissen, mit der Zulassungsstelle abgestimmten, Umfang Temperatursensoren in unterschiedlichen Tiefen in das Planum eingebracht werden.

Es muss im Einzelfall in einem Probefeld, in Abstimmung mit der Zulassungsstelle, nachgewiesen werden, dass unter den zu erwartenden Belastungen keine Schädigung der erdgebundenen Komponenten auftritt.

5.3. Einbau des DKS

Das Dichtungskontrollsystem ist nur sachgemäß eingebaut, wenn es nachgewiesenermaßen von einer erfahrenen und mit qualifiziertem Personal sowie mit den erforderlichen Geräten und Maschinen ausreichend ausgestatteten Fachfirma installiert wird. Die Nachweise der erforderlichen Qualifikation, Ausstattung und Erfahrung müssen z. B. durch die Anerkennung als Fachbetrieb durch den Hersteller des Dichtungskontrollsystems geführt werden.

Der Einbau des Dichtungskontrollsystems wird durch den Fachbauleiter des Fachbetriebs für den Einbau des DKS betreut. Für die Eigenkontrolle auf der Baustelle ist eine Fachkraft wie z. B. der Vorarbeiter des Fachbetriebs für den Einbau zuständig. Diese Personen müssen entsprechende Erfahrungen aus mindestens einem Bauprojekt nachweisen oder durch den DKS-Hersteller in die fachgerechte Handhabung der Komponenten eingewiesen worden sein. Der Umfang der Einweisungsmaßnahmen muss dabei dokumentiert werden (Teilnehmer, Art der Unterweisung, Dauer, Datum etc.)

5.4. Lagerung

Der Transport und die Lagerung der Komponenten auf der Baustelle müssen von dem Hersteller des Dichtungskontrollsystems in der Anlage zum Zulassungsschein eindeutig beschrieben werden. Sie müssen damit Bestandteil des Qualitätsmanage-

ments sein.

Die Zwischenlagerung auf der Baustelle muss witterungsgeschützt auf einem nach den Lageranweisungen des Herstellers vorbereiteten und gesicherten Lagerplatz erfolgen. Die Komponenten müssen mit Etiketten in Anlehnung an DIN EN 10320 gekennzeichnet auf die Baustelle geliefert werden. Die vor Witterung schützende Verpackung darf erst kurz vor der Verlegung entfernt werden. Diese Anforderung entfällt, wenn die Komponenten in einem geschlossenen Gebäude und somit witterungsgeschützt gelagert werden.

Die Handhabung auf der Baustelle darf nur durch geschultes Personal des Herstellers oder der Verlegefirma mit geeignetem Gerät erfolgen.

5.5. Verlegung der erdgebundenen Systemkomponenten

Die angelieferten erdgebundenen Komponenten müssen zunächst durch den Fremdprüfer zur Verlegung freigegeben werden. Dazu müssen die Unterlagen zur Eigenüberwachung der Produktion vollständig vorliegen. Auf Grundlage der Vereinbarung müssen für jede Lieferung Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 in Anlehnung an DIN EN 10204 ausgestellt werden.

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 Auftragnehmer aufzustellenden, von der zuständigen Behörde und/oder dem Fremdprüfer freigegebenen vorläufigen Verlegeplan. Der Verlegeplan ist spätestens vier 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 Hersteller zu aktualisieren. Änderungen sind mit der Bauüberwachung des Auftraggebers bzw. der Fremdprüfung ab-

zustimmen. Der endgültige Verlegebestandsplan ist nach Beendigung der Arbeiten, aber vor der Abnahme zu übergeben.

Die erdgebundenen Komponenten sind bis zur Abdeckung mit der KDB oder mit den Schutz- und Drän-schichten sachgerecht gegen mechanische Beschädigungen zu sichern. Werden Komponenten der Kategorie a) (s. dazu Kapitel 3.2.1) oberhalb der Abdichtungskomponente in das System eingebaut, so müssen diese mindestens 80 cm unterhalb der Erdoberfläche verlegt werden. Bei geringeren Verlegetiefen sind die Komponenten durch andere Maßnahmen entsprechend zu schützen.

Zusätzlich muss die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit des Dichtungskontrollsystems nach Beschädigung möglich sein. Entsprechende Konzepte sind im Anhang des Zulassungsscheins darzustellen. Die Arten von Nachbesserungen werden 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.

5.6. Herstellen und Prüfen von erdverlegten Anschlüssen und Durchdringungen

Werden Teile der erdverlegten Komponenten außerhalb der Abdichtung miteinander elektrisch leitend verbunden, so müssen die Anschlussbereiche gegen den Zutritt von Feuchtigkeit durch eine geeignete Ummantelung wirksam und dauerhaft geschützt werden. Nur auf diese Weise kann eine dauerhafte Funktion des Systems sichergestellt werden.

Die Ummantelung muss dabei gegen die zu erwartenden chemischen, physikalischen und biologischen Beanspruchungen im Erdreich ausreichend beständig und dicht sein.

Die tatsächliche Ausführung ist im Rahmen projektunabhängiger Untersuchungen der BAM zu bewerten. Die Anschlüsse sind auf Funktion und Dichtheit zu prüfen. Die Ergebnisse der Prüfungen 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 nach-

zuweisen.

Durchdringungen von Abdichtungskomponenten, insbesondere der Kunststoffdichtungsbahn, sind auf ein Minimum zu begrenzen. Insbesondere ist Kapitel 3.6 zu berücksichtigen.

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 dazu nötigen Informationen, Rechte und Lizenzen verfügen. Er autorisiert Personen für den Betrieb des Dichtungskontrollsystems im Einvernehmen mit der zuständigen Behörde und dem Hersteller. Diese 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.

Die vierteljährlich durchzuführenden Messungen zur Kontrolle des Oberflächenabdichtungssystems sind nach Anhang 5 Nr. 3.2 der DepV Teil des Mess- und Kontrollprogramms des Deponiebetreibers und damit von entsprechend sachkundigen und erfahrenen Personen auszuführen.

Mit Zustimmung der zuständigen Behörde können bei Deponien oder Deponieabschnitten Abweichungen von der Häufigkeit der durchzuführenden Kontrollen und Messungen festgelegt werden.

Über jede einzelne Kontrollmessung muss ein Kontrollbericht angefertigt werden. Der Hersteller des Dichtungskontrollsystems spezifiziert für die Zulassung durch die BAM die für die Messungen relevanten Messparameter (z. B. Bodenfeuchte, Niederschlagsmengen, Temperatur etc.). Diese Parameter müssen gemessen und im Kontrollergebnis protokolliert werden.

Leckagestellen in Konvektionssperren, die nach bestandener Funktionsprüfung mit dem Dichtungskontrollsystem festgestellt werden, müssen in jedem Fall durch Aufgrabungen verifiziert, analysiert, ge-

gegebenfalls 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 Oberflächendichtung 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 leakagebedingte Störeinflüsse und Messwertanomalien von der Analysesoftware als solche erkannt und weitestgehend automatisch kompensiert werden.

Das Dichtungskontrollsystem muss die regelmäßige Datensicherung auf externen Datenträgern ermögli-

chen. 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 nach dem aktuellen Stand der Technik zu treffen. Die Kontrollergebnisse sind in das Betriebstagebuch aufzunehmen.

7. Änderungen, Mängelanzeige und Geltungsdauer

Änderungen des Zulassungsgegenstands, d. h. der Werkstoffe, der Vorprodukte, der Abmessungen, des Produktionsverfahrens, des Produktionsorts, der Komponenten, des Gesamtsystems, des Einbaus oder Anordnung oder der Mess- und Auswerteverfahren, erfordern eine neue Zulassung oder einen Nachtrag zur Zulassung. Wird bei der Produktion, beim Transport oder beim Verlegen gegen die Anforderungen, Bestimmungen oder Auflagen der Zulassung verstoßen, so gilt das so hergestellte und eingebaute DKS als nicht geeignet und nicht zugelassen. Wiederholte oder wesentliche Mängel bei der Produktion oder beim Einbau sowie Schadensfälle an Deponieabdichtungen, die im Zusammenhang mit dem Zulassungsgegenstand stehen, müssen der Zulassungsstelle durch die die Produktion fremdüberwachende bzw. den Einbau fremdprüfende Stelle oder durch die zuständige Behörde angezeigt werden.

8. Anforderungstabellen

Tabelle 2: Allgemeine physikalische Anforderungen an Isolierungen, Kabel und kabelartige Sensoren und deren Werkstoffe¹

Nr.	Eigenschaft	Prüfgröße	Anforderung	Prüfverfahren
2.1	Schmelzmasseflussrate (MFR)	MFR der Formmasse und des Produktes.	$ \delta \text{ MFR} \leq 15 \%$; $ \delta \text{ MFR} $: Betrag der relativen Änderung zwischen MFR der Formmasse und des Produktes	DIN EN ISO 1133-1.
2.2	Dichte	Dichte der Polymeren Bestandteile von Isolierungen und kabelartigen Bestandteilen.	Festlegung gemäß Zulassungsschein.	DIN 1183-1 Verfahren A; Schmelzestrag aus MFR-Bestimmung an der Ummantelung und Isolierung sowie am Granulat (Granulat der fertigen Formmasse oder Granulat des Basispolymers).
2.3	Rußgehalt	Masseanteil	$2,5 \pm 0,5 \text{ Gew.-%}$	Thermogravimetrische Analyse in Anlehnung an DIN EN ISO 11358; Bestimmung nach ASTM D 4218 oder ASTM D 1603.
2.4	Rußverteilung	Agglomerate, Schlieren, Streifen, Blasen, Lunken etc. in Isolierungen und Kabelummantelung.	Die Einstufung der unter Prüfgröße aufgelisteten Bestandteile muss $\leq 4,0$ sein.	DIN EN 50290-2-24 Anhang B.
2.5	Geometrische Abmaße	Wanddicke und Außenmaße der Isolierung, Kabelmäntel und kabelartiger Sensoren.	Festlegungen gemäß Zulassungsschein.	DIN EN 60811-1-1 Abschn. 8.
2.6	Homogenität	Erscheinungsbild der Querschnittsfläche.	frei von Poren, Lunkern und Fremdeinschlüssen.	In Anlehnung an DIN 16726; Betrachten von Schnittflächen bei 6-facher Vergrößerung.

¹⁾ Bevorzugter Werkstoff für Kabelmäntel und Isolierungen ist Polyethylen.

Tabelle 3: Anforderungen an Edelstahlelektroden, Sensoren, Kontakte und Sonderanfertigungen aus Edelstahl für DKS - Komponenten der Kategorie a)

Mindestanforderungen an die Werkstoffe		
Nr.	Parameter	Anforderung
3.1	Werkstoff	Stahlwerkstoff mit mindestens 18 % Cr, 11 % Ni, 2,6 % Mo legiert, entsprechend den Werkstoffnummern 1.4401 und 1.4571.
3.2	Kontakte und Konstruktion	Die Konstruktion muss metallisch blanke Oberflächen frei von Schweiß- und Bearbeitungsspuren aufweisen, Spalten sind zu vermeiden.
3.3	Fügetechnik	Schweißverbindungen sind nicht zulässig.
Mindestanforderungen an die Konstruktion		
Nr.	Parameter	Anforderung
3.4	Kontakt	Kein ungeschützter Kontakt zu anderen Metallen im korrosionsgefährdeten Bereich.
3.5	Ausführung der Kontakte	Kontaktstellen und elektrische Anschlüsse sind geschützt auszuführen, die Dauerhaftigkeit des Schutzes ist nachzuweisen.
3.6	Abmaße	Mindestabmessungen für Elektroden entsprechend DIN VDE 0151 Tabelle 1
Mindestanforderungen an das umgebende Medium		
Nr.	Ein besonderer Langzeitnachweis und Korrosionsschutz gegen Lochfraß ist notwendig, wenn mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:	
3.7	Chlorid-Konzentration im umgebenden mineralischen Material, gemessen im Bodenauszug, > 200 mg/l. ¹⁾ ,	
3.8	pH-Wert < 5 im umgebenden mineralischen Material oder	
3.9	Hohe Konzentration an Grafit, Kohlenstoffpartikel.	

¹⁾ Gemäß Bestimmungsmethode der *Technische Regel DVGW GW 9*.

Tabelle 4: Mechanische Anforderungen an Isolierungen, Kabel, Leitungen und kabelartige Sensoren

Nr.	Eigenschaft	Prüfgröße	Anforderung	Prüfverfahren
4.1	Eigenschaften der Kunststoffkomponenten im Zugversuch	σ_{\max} (MPa) ε_{\max} (%)	Festlegung gemäß Zulassungsschein ¹	DIN EN 60811-1-1 Abschn. 9.
4.2	Kälte-Schlagprüfung ²	Visuelle Inspektion mit dem unbewaffneten Auge.	Keine Risse	Die Prüfung ist in Anlehnung an DIN EN 60811-1-4 Abschn. 8.5 unter den Prüfbedingungen in DIN EN 50305 Abschn. 5.1 durchzuführen. Als Prüftemperatur ist -40 °C zu wählen.
4.3	Abriebbeständigkeit	Anzahl der Wiederholungszyklen bis zum Kontakt des Leiters oder des elektrischen Schirms.	Mittelwerte: ≥ 150 Hübe und 9 N Belastung bei < 2,5 mm ² (Nennquerschnitt des Leiters) und ≥ 150 Hübe und 11 N Belastung bei ≥ 2,5 mm ² .	DIN EN 50305 Abschn. 5.2.
4.4	Weiterreiß-Widerstandstest	Ergebnis der Spannungsprüfung nach dem Weiterreiß-Widerstandstest	Kein Durchschlag in der Spannungsprüfung.	DIN EN 50305 Abschn. 5.3 und Abschn. 6.2. bei 1.000 V.
4.5	Dynamische Durchdringungsprüfung	Kraft zum Durchdringen des Mantels mit einer Federstahlnadel.	Mittelwert: ≥ 100 N bei 1,5 mm ² (Nennquerschnitt des Leiters) und ≥ 120 N bei 2,5 mm ² (Nennquerschnitt des Leiters).	DIN EN 50305 Abschn. 5.6.

¹⁾ Die Anforderungen müssen jedoch die Mindestanforderungen der DIN EN 50290-2-24 erfüllen.

²⁾ Bei Ummantelungen / Isolierungen aus PE-HD kann auf die Prüfung der Kälte-Schlagprüfung verzichtet werden.

Tabelle 5: Elektrische Anforderungen für Isolierungen, Kabel, Leitungen und kabelartige Sensoren

Nr.	Eigenschaft	Anforderung	Prüfung und Prüfbedingungen
5.1	Spannungsprüfung an dem vollständigen Kabel oder der vollständigen Leitung	Kein Durchschlag	DIN EN 50305 Abschn. 6.2; $U_0/U = 300 \text{ V} / 500 \text{ V}: 2 \text{ kV} / 5 \text{ min};$ $U_0/U = 0,6 \text{ kV} / 1 \text{ kV}: 4 \text{ kV} / 5 \text{ min}.$
5.2	Spannungsprüfung am Mantel	Kein Durchschlag	DIN EN 50305 Abschn. 6.3; Prüfung bei AC 50 Hz und 3 kV / 15 min.
5.3	Isolationswiderstand	Bei 20 °C → 1,5 GΩ; Bei 90 °C → 1,0 GΩ.	DIN EN 50305 Abschn. 6.4.
5.4	Durchlaufspannungsprüfung	Kein Loch in der Isolierung und dem Mantel.	DIN EN 50305 Abschn. 6.5; Sparktest $W_d < 0,25\text{mm}$ 3 kV AC 50 Hz $W_d \geq 0,25\text{mm}$ 4 kV
5.5	Gleichspannungsbeständigkeit	Stabiler Stromverlauf über der Prüfzeit und das anschließende Bestehen der Spannungsprüfung nach Nr. 5.1.	DIN EN 50305 Abschn. 6.7; $U_0/U = 300 \text{ V} / 500 \text{ V}: 300 \text{ V};$ $U_0/U = 0,6 \text{ kV} / 1 \text{ kV}: 1,5 \text{ kV}.$
5.6	Durchschlagsfestigkeit	> 5 kV	DIN EN 50305 Abschn. 6.8.

Tabelle 6: Anforderungen an die Langzeit- und Chemikalienbeständigkeit von Isolierungen, Kabeln, Leitungen und kabelartigen Sensoren

Nr.	Eigenschaft	Prüfgröße	Anforderung	Prüfung und Prüfbedingungen
6.1	Langzeitalterung der Leitungen oder Adern.	(/)	Kein Durchschlag in der Spannungsprüfung.	Prüfung in Anlehnung an DIN EN 50305 Abschn. 7.2 bei 80 °C für 10.000 h.
6.2	Alterung an Luft	ϵ_B (%)	$\leq \pm 25\%$ gegenüber Anlieferungszustand.	DIN EN 60811-1-2 Abschnitt 8; HD 620 S1 100 °C, Dauer 10 d 100 °C, Dauer 168 d ¹
6.4	Wärmedruckprüfung	Eindrucktiefe (mm)	Der Median der Eindrucktiefe, gemessen an drei Proben des zu prüfenden Mantels, darf nicht größer als 50 % des Mittelwertes der Wanddicke der Probe sein.	DIN EN 60811-3-1 Abschn. 8; DIN EN 50305 Abschn. 7.5. Prüfdauer 6 Stunden bei 115 °C
6.5	Spannungsrisssbeständigkeit am polymeren Werkstoff.	Visuelle Inspektion mit dem unbewaffneten Auge	Keine Beschädigung.	DIN EN 60811-4-1 Abschn. 8, Verfahren B; Kerbversuch an Prüfplatten aus Granulat, Dauer 48 h; Dauer 1000 h (HD 620 S1) ¹
6.7	Spannungsrisssbeständigkeit: im Biegetest an Kabelproben	Visuelle Inspektion mit dem unbewaffneten Auge.	Keine Beschädigung.	DIN EN 50290-2-24 Anhang C Verfahren A; Biegetest an Kabelproben nach 72 h Lagerung in 1 %er Tensidlösung bei 50 °C.
6.8	<i>Alternativ zu 6.7</i> Spannungsrisssbeständigkeit: Biegetest an Kabelmantelproben.	Visuelle Inspektion mit dem unbewaffneten Auge.	Keine Beschädigung.	DIN EN 50290-2-24 Anhang C Verfahren B; Biegetest an Kabelmantelproben nach 48 h Lagerung in 1 %er Tensidlösung bei 50 °C.
6.9	Schrumpfung	Betrag der Schrumpfung L	$L \leq 4 \%$; für alle Einzelwerte	DIN VDE 0276-605 Kapitel 2.4.4.1 (Verfahren 1)

¹⁾ Verschärfungen für Kategorie a) lt. Norm HD 620 S1 5C

Tabelle 6: Anforderungen an die Langzeit- und Chemikalienbeständigkeit von Isolierungen, Kabeln, Leitungen und kabelartigen Sensoren

Nr.	Eigenschaft	Prüfgröße	Anforderung	Prüfung und Prüfbedingungen
6.10	Mineralöl- und Kraftstoffbeständigkeit	Änderung der Zugfestigkeit σ , Änderung der Bruchdehnung ϵ	Bei Lagerung in IRM 902 bei 90 °C für 72 h: $\Delta\sigma_{\max} = \pm 50 \%$; $\Delta\epsilon_{\max} = \pm 40 \%$. Bei Lagerung in IRM 903: bei 70 °C für 168 h: $\Delta\sigma_{\max} = \pm 50 \%$; $\Delta\epsilon_{\max} = \pm 40 \%$; .	DIN EN 50305 Abschn. 8.1 Mineralölbeständigkeit geprüft im Öl des Typs IRM 902 Kraftstoffbeständigkeit geprüft im Kraftstoff des Typs: IRM 903.
6.11	Beständigkeit gegenüber verdünnten Säuren- und Laugen ²	Spannungsprüfung und visuelle Beurteilung.	Keine Beschädigung; kein Durchschlag.	DIN EN 50305 Abschn. 8.2; Lagerung der Prüfkörper für 7 Tage bei 20 °C in 10%-igen HCL- und NaOH-Lösungen.
6.12	Wasseraufnahme des Mantels ²	Spannungsprüfung und Masseänderung.	Kein Durchschlag; Gewichtszunahme $\leq 15 \text{ mg/cm}^2$	DIN EN 50305 Abschn. 8.3; Lagerung der Proben in einem Wasserbad für 168 h bei 70 °C.
6.13	Beständigkeit gegen Mikroorganismen ²	visuelle Beurteilung; Masseänderung m; Änderung der Bruchdehnung ϵ_{\max} und der Zugfestigkeit σ_{\max} .	Keine wesentliche Veränderung der Mittelwerte $\Delta m \leq 5 \%$, $\Delta \epsilon_{\max} \leq 10 \%$ $\Delta \sigma_{\max} \leq 10 \%$	Erdeingrabsversuch in mikrobiell aktiver Erde in Anlehnung an DIN EN 12225; Einlagerung der Messproben für die Zugversuche, Zugversuch (s. Tabelle 2.2)
Spezielle Langzeitprüfungen für Kabel und kabelartige Komponenten der Kategorie a)				
6.14	Langzeitlebensdauer-test bei Installation als Erdkabel oder oberhalb des Erdbodens unter gemäßigten Bedingungen	Visuelle Inspektion nach Wickeltest und OIT-Zeit nach Warmlagerung.	Keine Beschädigung $\geq 2 \text{ min}$	DIN EN 60811-4-2 Anhang A; Warmlagerungen von Kabelstücken. Zunächst 42 Tage bei 100 °C lagern. Im Anschluss erster Wickeltest und OIT-Bestimmung in Anlehnung an ISO 11357-6 bei 200 °C an Prüfstück mit Kupferdraht. Anschließend weitere Lagerung von 7 Tagen bei 60 °C und erneuten Wickeltest.

²⁾ Bei Ummantelungen / Isolierungen aus PE-HD wird auf diese Prüfungen verzichtet.

Tabelle 7: Art und Umfang der Prüfungen an der Formmasse, dem Rußbatch und den verwendeten Leitern im Rahmen der Eigenüberwachung während der Produktion der erdgebundenen Komponenten

Nr.	Prüfgröße	Prüfung/Probenmaterial	Häufigkeit	Anforderung und Toleranzen
7.1	Schmelze-Massefließrate	DIN EN ISO 1133-1, Granulat der fertigen Formmasse oder Granulat des Basispolymers	Jede Lieferung	Festlegung gemäß Zulassungsschein
7.2	Dichte	DIN EN ISO 1183-1, Verfahren A, Schmelzestrang aus MFR-Bestimmung am Granulat (Granulat der fertigen Formmasse oder Granulat des Basispolymers).	Jede Lieferung	Festlegung gemäß Zulassungsschein
7.3	Masseanteil an Ruß	Tabelle 2 Nr. 2.3, Granulat der fertigen Formmasse oder Granulat des Rußbatch.	Jede Lieferung	Festlegung gemäß Zulassungsschein
7.4	Masseanteil an flüchtigen Bestandteilen, Feuchtigkeit	Messung des Masseverlusts nach DIN EN 12099, Granulat der fertigen Formmasse oder Granulat des Basispolymers und Granulat des Rußbatch.	Jede Lieferung, mindestens jedoch einmal in der Produktionswoche.	< 0,10 Gew.-% fertige Formmasse bzw. Basispolymer ----- < 0,25 Gew.-% Rußbatch

Tabelle 8: Art und Umfang der Prüfungen im Rahmen der Eigenüberwachung während der Produktion der erdgebundenen Komponenten

Nr.	Prüfgröße	Prüfung/Probenmaterial	Häufigkeit	Anforderung und Toleranzen
8.1	Geometrische Abmaße ¹	Tabelle 2 Nr. 2.5	Jede Liefereinheit	Festlegung gemäß Zulassungsschein.
8.2	Kennzeichnung	Kapitel 2.5	Laufend	Festlegung gemäß Zulassungsschein
8.3	Masseanteil an Ruß ²	Tabelle 2 Nr. 2.3	Jedes Fertigungslos	2,5 ± 0,5 Gew.-%
8.4	Rußverteilung	Tabelle 2 Nr. 2.4	Jedes Fertigungslos	Die Einstufung der unter Prüfgröße aufgelisteten Bestandteile muss ≤ 4,0 sein.
8.5	Eigenschaften im Zugversuch	Tabelle 4 Nr. 4.1	Jede Schicht	Festlegung gemäß Zulassungsschein
8.6	Durchlaufspannungsprüfung (Sparktest)	Tabelle 5 Nr. 5.4	Kontinuierlich	Kein Loch in der Isolierung und dem Mantel mit einem Durchmesser ≥ 0,5 mal der Isolier- und Manteldicke
8.7	Durchschlagsfestigkeit	Tabelle 5 Nr. 5.6	Jede fünfte Liefereinheit	> 5 kV

¹⁾ Je nach Ausführung der verwendeten Produkte können im Einzelfall erweiterte Anforderungen, z. B. kontinuierliche Dickenmessung während der Produktion, im Zulassungsschein festgelegt werden.

²⁾ Nur bei Zugabe von Ruß (Rußbatch) durch den Komponentenhersteller.

Tabelle 9: Art und Umfang der Prüfungen im Rahmen der Fremdüberwachung während der Herstellung der erdgebundenen Komponenten

Nr.	Prüfgröße	Prüfung	Probenmaterial	Anforderung und Toleranzen ¹
9.1	Dichte	Tabelle 2 Nr. 2.2	Formmasse / Produkt	Festlegung gemäß Zulassungsschein
9.2	Schmelze-Massefließrate	Tabelle 2 Nr. 2.1	Formmasse / Produkt	Festlegung gemäß Zulassungsschein
9.3	Geometrische Abmaße/ Aufbauprüfung	Tabelle 2 Nr. 2.5	Produkt	Festlegung gemäß Zulassungsschein
9.4	Erscheinungsbild des Querschnitts	Tabelle 2 Nr. 2.6	Produkt	frei von Poren, Lunkern und Fremdeinschlüssen
9.5	Masseanteil an Ruß	Tabelle 2 Nr. 2.3	Produkt	2,5 ± 0,5 Gew.-%
9.6	Homogenität der Rußverteilung	Tabelle 2 Nr. 2.4	Produkt	Tabelle 2 Nr. 2.4
9.7	Eigenschaften im Zugversuch	Tabelle 4 Nr. 4.1	Isolierung / Mantel	Festlegung gemäß Zulassungsschein
9.8	Durchschlagsfestigkeit	Tabelle 5 Nr. 5.6	Produkt	> 5 kV

Tabelle 10: Art und Umfang der Prüfungen im Rahmen der Fremdprüfung an den erdgebundenen Komponenten während der Herstellung des DKS

Nr.	Prüfgröße	Prüfung und Probenmaterial	Häufigkeit	Anforderung und Toleranzen ¹
10.1	Geometrische Abmaße	Tabelle 2 Nr. 2.5	Stichprobenartig am Fertigungslos.	Festlegung gemäß Zulassungsschein
10.2	Kennzeichnung	Kapitel 2.5	Stichprobenartig am Fertigungslos	Übereinstimmung mit den Lieferdokumenten und dem Zulassungsschein.

¹⁾ Grundsätzlich müssen die Anforderungen der Anforderungstabellen erfüllt werden. Zusätzlich werden im Anhang 1 des Zulassungsscheins Anforderungen und Toleranzen festgelegt, die die besonderen Eigenschaften des jeweiligen zugelassenen Produkts charakterisieren.

Tabelle 11: Qualitätsüberwachung bei der Herstellung des DKS

Nr.	Material / Komponenten des Dichtungskontrollsystems	Prüfparameter	Prüfzeitpunkt	Prüfverfahren	Anforderungen / Toleranzen	Nachweisdokument	Prüfraster	Prüfung durch ¹⁾
11.1	Sensoren, Elektroden	Unversehrtheit	Anlieferung	Inaugenscheinnahme	Funktionsfähigkeit, Inaugenscheinnahme	Herstellerprüfzeugnis	jeder Sensor Stichproben	EP FP
		Werkstoff	Anlieferung	Inaugenscheinnahme	Übereinstimmung	Herstellererklärung	jeder Sensor Stichproben	EP FP
11.2	Verbindungska- bel	Werkstoff, Unversehrtheit	Anlieferung	Inaugenscheinnahme, Durchgangsmessung	Funktionsfähigkeit	Herstellerprüfzeugnis, Werksprüfzeugnis	jede Rolle	EP
11.3	Schrumpf- schlauch, Ste- cker, Kabel- klemmen	Unversehrtheit	Anlieferung	Inaugenscheinnahme	Funktionsfähigkeit	Lieferschein	Stichproben	EP
11.4	Verlegeplan	Plausibilität, Flexibilität	vor Verlegung, bei Änderungen	Durchsicht	Ausführbarkeit, Ab- stimmung auf Bau- ablauf		vollständig	EP, FP, BÜ

¹⁾ EP: Fachbetrieb für den Einbau des DKS, BÜ: Bauüberwachung, FP: Fremdprüfung*)

²⁾ Der FP-Kunststoff oder FP-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.

Tabelle 12: Qualitätsüberwachung bei der Installation der DKS

Nr.	Material / Komponenten des Dichtungskontrollsystems	Prüfparameter	Prüfzeitpunkt	Prüfverfahren	Anforderungen / Toleranzen	Nachweisdokument	Prüfraster	Prüfung durch ¹⁾
12.1	Sensoren, Elektroden oberhalb und unterhalb der KDB	Rastermaß, Plangenaugigkeit	Einbau, Verlegung	Messend	Systemabhängig; Raster der Messpunkte	Aufmaß, Bestandsplan	jeder Sensor Stichproben	EP FP, BÜ
		Funktion	nach Einbau - vor Überschütten	nach Hersteller-Prüfanweisung	Bodenabhängig, situationsabhängig nach Angaben des Herstellers	Protokolle	jeder Sensor Stichproben	EP FP
12.2	Verbindungskabel	Funktion	nach Einbau	Durchgangsprüfung, Widerstand	Systemspezifisch	Protokolle	jeder Sensor Stichproben	EP FP
		Dehnungsreserve	vor Überdeckung	visuell, Inaugenscheinnahme, messend	Dehnungsreserve $\geq 6\%$, (Auswertung Probefeld)	Protokolle	jedes Kabel	EP FP
12.3	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 oder durch Vakuumprüfung	Übereinstimmung mit Verlegeplan, Dichtigkeit	Bestandsplan, Eintrag in Prüfprotokolle KDB bei Durchdringung	jeder Kabelstrang, jede Durchdringung, Stichproben	EP FP

¹⁾ EP: Fachbetrieb für den Einbau des DKS, BÜ: Bauüberwachung, FP: Fremdprüfung²⁾

²⁾ Der FP-Kunststoff oder FP-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.

Tabelle 13: Qualitätsüberwachung bei der Inbetriebnahme der DKS, Probemessungen

Nr.	Material / Komponenten des Dichtungskontrollsystems	Prüfparameter	Prüfzeitpunkt	Prüfverfahren	Anforderungen / Toleranzen	Nachweisdokument	Prüfraster	Prüfung durch 1)
13.1	Sensoren, Elektroden	Funktion	Probemessung, Inbetriebnahme	Testleckagen ³⁾	Auffinden der Testleckage	Aufzeichnung der Messergebnisse, graphische Darstellung der Messergebnisse	Messabschnitt, Gesamtsystem	EP in Anwesenheit von FP
13.2	Verbindungskabel	Funktion	nach Einbau der "Abdeckschichten" bzw. Abschluss der Arbeiten	Herstellerprüfung, Durchgangswiderstand	Systemspezifisch	Protokolle	jedes Kabel	EP
13.3	Anschlüsse, Abgriffe, Kabelboxen	Witterungsschutz	bei Abnahme	visuell	Systemspezifisch	Protokolle	alle Anschlüsse	EP in Anwesenheit von BÜ, FP
13.4	Messsystem	Funktion	Selbsttest vor der eigentlichen Messung	Herstellerprüfung	Systemspezifisch	Protokoll	vor jeder neuen Messung, arbeitstäglich	EP in Anwesenheit von BÜ, FP
		Ortungsgenauigkeit, Nachweis-schwelle	Funktionsprüfung, Abnahme, Inbetriebnahme	genaues Auffinden aller Testleckagen (mindestens 3), (s. Kapitel 3.3.)	Ortungsgenauigkeit: (s. Kapitel 3.3.)	Messprotokoll der Steuer- und Auswertsoftware, Aufgrabung - Vermessung	einmalig vor bzw. bei ersten Messung	EP in Anwesenheit von BÜ, FP

1) **EP**: Fachbetrieb für den Einbau des DKS, **BÜ**: Bautüberwachung, **FP**: Fremdprüfung*)

2) Der FP-Kunststoff oder FP-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.

3) Weitere Hinweise und Erläuterungen zu den Prüfungen finden sich auf der Internetseite der BAM unter <http://www.tes.bam.de/de/mitteilungen/abfallrecht/index.htm>

9. Verzeichnis der Normen und Empfehlungen

Die in der Richtlinie angegebenen Normen beziehen sich auf die hier angegebene Ausgabe der Norm.

ASTM D1603	2006	Standard Test Method for Carbon Black In Olefin Plastics
ASTM D4218	2008	Standard Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds By the Muffle-Furnace Technique
DIN 16726	1986-12	Kunststoffbahnen - Prüfungen
DIN 18200	2000-05	Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte – Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten
DIN EN 10204	2005-01	Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN 50290-2-24; VDE 0819-104	2009-07	Kommunikationskabel - Teil 2-24: Gemeinsame Regeln für Entwicklung und Konstruktion - PE-Mantelmischungen
DIN EN 50305; VDE 0260-305	2003-03	Bahnanwendungen - Kabel und Leitungen für Schienenfahrzeuge mit verbessertem Verhalten im Brandfall - Prüfverfahren
DIN EN 50306-2 VDE 0260-306-2	2003-05	Bahnanwendungen - Kabel und Leitungen für Schienenfahrzeuge mit verbessertem Verhalten im Brandfall; Reduzierte Isolierwanddicken - Teil 2: Einadrige Kabel und Leitungen
DIN EN 50306-4 VDE 0260-306-4	2003-05	Bahnanwendungen - Kabel und Leitungen für Schienenfahrzeuge mit verbessertem Verhalten im Brandfall; Reduzierte Isolierwanddicken - Teil 4: Mehradrige und mehrpaarige Leitungen mit Standardmantelwanddicke
DIN EN 60079-14; VDE 0165-1	1998-08	Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen
DIN EN 60216-1; VDE 0304-21	2002-09	Elektroisolierstoffe - Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens - Teil 1: Warmlagerungsverfahren und Auswertung von Prüfergebnissen
DIN EN 60811-1-1; VDE 0473-811-1-1	2002-05	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1-1: Allgemeine Anwendung; Messung der Wanddicke und der Außenmaße; Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften
DIN EN 60811-1-3; VDE 0473-811-1-3	2002-09	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1-3: Allgemeine Anwendung; Dichtebestimmung, Wasseraufnahmeproofungen, Schrumpfungsprüfung
DIN EN 60811-1-4; VDE 0473-811-1-4	2002-09	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 1-4: Allgemeine Anwendung; Prüfungen bei niedriger Temperatur
DIN EN 60811-3-1; VDE 0473-811-3-1	2002-07	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 3-1: Verfahren für PVC-Mischungen; Wärmedruckprüfung, Prüfung der Rissbeständigkeit
DIN EN 60811-4-1; VDE 0473-811-4-1	2005-04	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 4-1: Besondere Verfahren für Polyethylen- und Polypropylen-Verbindungen - Spannungsrissbeständigkeit - Messung des Schmelzindex - Bestimmung des Ruß- und/oder Füllstoffgehaltes in Polyethylen durch direkte Verbrennung - Bestimmung des Rußgehaltes durch thermogravimetrische Analyse (TGA) - Bewertung der Rußverteilung in Polyethylen unter Verwendung eines Mikroskops
DIN EN 60811-4-2; VDE 0473-811-4-2	2005-04	Isolier- und Mantelwerkstoffe für Kabel und isolierte Leitungen - Allgemeine Prüfverfahren - Teil 4-2: Besondere Verfahren für Polyethylen- und Polypropylen-Mischungen - Zugfestigkeit und Reißdehnung nach Vorbehandlung bei erhöhter Temperatur - Wickelprüfung nach Vorbehandlung bei erhöhter Temperatur - Wickelprüfung nach thermischer Alterung in Luft - Messung der Masseaufnahme - Langzeit(Lebensdauer)-Prüfung - Prüfverfahren der Sauerstoffalterung unter Kupfereinfluss
DIN EN 61643-21; VDE 0845-3-1	2013-07	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung - Teil 21: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Telekommunikations- und signalverarbeitenden Netzwerken - Leistungsanforderungen und Prüfverfahren
DIN EN 61663-1; VDE 0845-4-1	200-07	Blitzschutz - Telekommunikationsleitungen - Teil 1: Lichtwellenleiteranlagen
DIN EN ISO 1133-1	2012-03	Kunststoffe; Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten - Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren
DIN EN ISO 1872-1	1999-10	Kunststoffe - Polyethylen (PE)-Formmassen - Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen
DIN EN ISO 9001	2015-11	Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen (ISO 9001:2008);

DIN EN ISO 10320	1999-04	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Identifikation auf der Baustelle
DIN EN ISO/IEC 17020	2012-07	Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen
DIN EN ISO/IEC 17025	2005-08	Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien
DIN VDE 0100-540; VDE 0100-540	2012-06	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel - Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter
DIN VDE 0118-1; VDE 0118-1	2010-02	Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage - Teil 1: Allgemeine Festlegungen
DIN VDE 0118-2; VDE 0118-2	2010-2	Errichten elektrischer Anlagen im Bergbau unter Tage - Teil 2: Zusatzfestlegungen
DIN VDE 0151; VDE 0151	1986-06	Werkstoffe und Mindestmaße von Erdern bezüglich der Korrosion
DIN VDE 0168; VDE 0168	1992-01	Errichten elektrischer Anlagen in Tagebauen, Steinbrüchen und ähnlichen Betrieben
DIN VDE 0845-1	1987-10	Schutz von Fernmeldeanlagen gegen Blitzeinwirkung, statische Aufladungen und Überspannungen aus Starkstromanlagen; Maßnahmen gegen Überspannungen
DVS R 2212-3	1994-10	Prüfung von Kunststoffschweißern - Prüfgruppe III - Bahnen im Erd- und Wasserbau
DVS R 2207-1	2015-08	Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD
DVS 2225-4	2006-12	Schweißen von Dichtungsbahnen aus Polyethylen (PE) für die Abdichtung von Deponien und Altlasten
E DIN VDE 0276-620; VDE 0276-620	2010-11	Starkstromkabel – Energieverteilungskabel mit extrudierter Isolierung für Nennspannungen von 3,6/6 (7,2) kV bis einschließlich 20,8/36 (42) kV
GDA E 5-1	1997	Grundsätze des Qualitätsmanagements

10. Anlagen zum Zulassungsschein, Verzeichnis der Länderkennzahlen und Prüf- und Inspektionsstellen

Anlagen zum Zulassungsschein

- Anlage 1: Anforderungen und Toleranzen für die Eigen- und Fremdüberwachung
- Anlage 2: Genaue Bezeichnung des Herstellers mit Produktionsstätten
- Anlage 3: Beschreibung des Produktionsverfahrens
- Anlage 4: Werkstoffklärung des Herstellers (Formmassentyp, Additive, Verwendung von Rückführungsmaterial, Vorprodukte)
- Anlage 5: Beschreibung von Aufbau und Anordnung der Kennzeichnung
- Anlage 6: Beschreibung der Spulenaufkleber (Etikett)
- Anlage 7: Beschreibung der Qualitätssicherungsmaßnahmen
 - a) Eigenüberwachung
 - b) Fremdüberwachung
- Anlage 8: Lagerungs- und Transportanweisungen des Herstellers

Länderkennzahlen

(gemäß Bundesarbeitsblatt 4/91, Seite 61):

Baden-Württemberg	01	Niedersachsen	07
Bayern	02	Nordrhein-Westfalen	08
Berlin	03	Rheinland-Pfalz	09
Brandenburg	12	Saarland	10
Bremen	04	Sachsen	14
Hamburg	05	Sachsen-Anhalt	15
Hessen	06	Schleswig-Holstein	11
Mecklenburg-Vorpommern	13	Thüringen	16

Fremdüberwachungsstellen zur Überwachung der Produktion

SKZ – TeConA GmbH
Friedrich-Bergius-Ring 22
97076 Würzburg
Tel.: 0931 4104-142
Fax: 0931 4104-273
E-Mail: tecona@skz.de

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Alboinstraße 56
12103 Berlin
Tel.: +49 (0)1803 - 252535 - 6200
Fax: +49 (0)1803 - 252535 - 6299
E-Mail: service-is-bbm@de.tuv.com