

# Die Kunststoffdichtungsbahn als alleinige Dichtung

## gemäß DepV § 14 Abs. 6

Klaus-Hermann Albers\*

### 1. Einleitung

In den 70 er Jahren wurde die Deponierung von Abfällen in Deutschland neu geordnet. Mit den verschiedenen LAGA-Merkblättern wurden technische Anforderungen an Dichtungssysteme und an Infrastrukturmaßnahmen der Deponien geregelt. Durch diese technischen Maßnahmen verringerte sich die Gefährdung durch Müllablagerungen in Deutschland. Mit der TA-Abfall und der TA-Siedlungsabfall wurden Anfang der 90 er Jahren technische Regelwerke als Verwaltungsvorschriften etabliert. In diesen Regelwerken stiegen die technischen Anforderungen. Die Dichtungssysteme wurden vor dem Hintergrund der umfangreichen Forschungsarbeiten der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) optimiert. An der Basisdichtung wurde die Kombination aus Kunststoffdichtungsbahnen und mineralischer Dichtung vorgeschrieben. So sind die Rückhalteeigenschaft mineralischer Dichtstoffe und der exzellenten Konfektionssperre der Kunststoffdichtungsbahnen optimal kombiniert worden. Um diese Eigenschaften auch an der Oberfläche zu erreichen, wurde als Dichtungssystem an der Oberflächen ebenfalls als Kombination vorgeschrieben.

In der Umsetzung der Deponieverordnung im Jahre 2002 sollten diese technischen Anforderungen ebenfalls festgeschrieben werden. Um jedoch der technischen Entwicklung Freiraum zu geben und gleichzeitig den Betreibern die Möglichkeit zu eröffnen standortangepasste und wirtschaftliche Dichtungssysteme realisieren zu können, wurde mit dem § 14 Abs. 6 eine Öffnungsklausel zu den technisch anspruchsvollen Dichtungssystemen erfasst.

Dieser Vortrag wird aufzeigen, dass an fast allen Standorten der Bundesrepublik Deutschland das einfache Dichtungssystem mit Kunststoffdichtungsbahnen und Geokunststoffen sowohl wirtschaftlich als auch technisch anderen Lösungen überlegen ist.

Als wesentliche Basis für diesen Vortrag gilt die gutachtliche Stellungnahme der BAM zu den Eigenschaften einer Oberflächendichtung aus PEHD Dichtungsbahnen für Altdeponien [Lit. 1].

## 2. Anforderungen an Deponieoberflächendichtungen und Eigenschaften von Kunststoffdichtungsbahnen

Um ein optimales Dichtungssystem für die jeweilige Deponie standortgerecht und anforderungsgerecht auswählen zu können, ist es erforderlich, die notwendigen Eigenschaften des Dichtungssystem zu ermitteln. Im Anhang der GDA-Empfehlungen [Lit. 2] sind die Anforderungen an Dichtungselemente in Deponieabdichtungssystemen detailliert beschrieben. Diese Grundsätze sind vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) berücksichtigt worden, als das DIBt noch Zulassungen für Dichtungssysteme oder Dichtungselemente ausgesprochen hat. Diese Grundlagen haben jedoch nicht an ihrer Aktualität verloren. Bei Oberflächendichtungen müssen demnach die chemischen Einwirkungen aus infiltriertem Niederschlagswasser, biologischen Einwirkungen, die Temperaturen, die Witterung, die mechanischen Einwirkungen und schließlich die hydraulischen Einwirkungen betrachtet werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass sich mehrere Einwirkungen überlagern und dabei gegenseitig verstärken können. Zur Erinnerung ist an dieser Stelle noch einmal die Tabelle aus der GDA-Empfehlung [Lit. 2] angefügt.

Tabelle 1:

### Maßgebende Leistungen von Deponiedichtungen

Leistungen	Eigenschaften	Einwirkungen
Dichtigkeit	Konvektionsverhalten - Durchtrittszeit - Durchflussrate  Diffusionsverhalten - Induktionszeit - Permeationsrate  Sorptionsverhalten - Adsorption	- hydraulischer Gradient - Schadstoff - Temperatur  - Schadstoff - Konzentrationsgradient - Temperatur  - Schadstoff - Konzentration der Lösung
Mechanische Widerstandsfähigkeit	Verhalten bei mechanischer Belastung - Standsicherheit - Verformungssicherheit - hydraulische Widerstandsfähigkeit	Mechanische Einwirkungen: - Verformung aus Setzungen - Kräfte aus Verformungen - Kräfte aus Neigung und Auflast - Verkehrslasten - Wasserspannungen - Sonderlasten Hydraulische Einwirkungen: - Strömungskräfte
Beständigkeit	Beständigkeit gegenüber chemischen Einwirkungen  Beständigkeit gegenüber physikalischen Einwirkungen  Beständigkeit gegenüber biologischen Einwirkungen	Chemische Einwirkungen: - Sickerwasser - aggressive fl. Medien - Gase  Physikalische Einwirkungen: - Temperaturen - Feuchtigkeit - UV-Strahlung  Biologische Einwirkungen: - Mikroorganismen, Pilze - Pflanzen - Tiere
Herstellbarkeit	- Einbaubarkeit - mechanische Empfindlichkeit - Witterungsempfindlichkeit - Eigenschaften der Materialien im eingebauten Zustand - Anschlüsse u. Durchdringungen - Prüfbarkeit - Reparierbarkeit	- Einbaubeanspruchungen - Witterung

## **2.1 Dichtigkeit**

Die BAM-zugelassene und nach den Grundsätzen des Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V. (AK GWS) installierte Kunststoffdichtungsbahn ist im technischen Sinne konvektionsdicht. Diese Dichtigkeit muss erhalten bleiben, wenn infiltriertes Niederschlagswasser chemisch belastet ist. Die genaue Zusammensetzung des Niederschlagswassers hängt sehr von den örtlichen Verhältnissen ab. Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> aus der Atmosphäre sowie ggf. Karbonate der Rekultivierungs- und drän-schicht bei PH-Werten zwischen 3 und 9 die Dichtung belasten. Bei vielen Dichtungssystemen können die chemischen Einwirkungen zu Strukturveränderungen, Gefügebildungen oder zu Verockerungen der Dichtungssysteme führen. Diese Einwirkungen führen bei der Kunststoffdichtungsbahn im Gegensatz zu anderen Dichtungselementen erst nach sehr großen Zeiträumen zu relevanten technischen Veränderungen. Darüber hinaus ist die Kunststoffdichtungsbahn nahezu gasundurchlässig und ermöglicht so eine wirkungsvolle Nutzung des Deponiegases. Eine Schädigung der Umgebung durch austretendes Methangas ist daher nahezu ausgeschlossen.

## **2.2 Mechanische Widerstandsfähigkeit**

Die Kunststoffdichtungsbahn mit einer Stärke von 2,5 mm folgt den zu erwartenden Setzungen der Deponieoberfläche relativ problemlos. Flächendehnungen bis zu 6 % führen zu keinen nachhaltigen Schäden der Kunststoffdichtungsbahn. Insbesondere bei relativ dicken Schichten führen lokale Setzungen zu großen Biegungen, die schon aus der Geometrie des Dichtungssystems nicht mitgemacht werden können. Schon geringe Dehnungen führen zu Rissen in mineralischen Dichtschichten. Das spezifische Spannungsrelaktionsverhalten von Kunststoffdichtungsbahnen führt darüber hinaus zur schnelleren Verringerung der Restspannung. Eine Schädigung der Kunststoffdichtungsbahn ist auch über diesem Weg nicht zu erwarten. Bei größeren Verformungen der Oberflächendichtung muss später als bei anderen Dichtungssystemen nachgearbeitet werden. Dies ist jedoch bei Oberflächendichtungen sicherlich nicht das grundsätzliche Problem.

In der Vergangenheit führte der Aufbau der Deponien immer wieder zu sehr steilen Außenböschungen, um das Müllvolumen möglichst zu vergrößern. Diese steilen Böschungen führen heute zu Problemen bei der Gestaltung einer standsicheren Oberflächendichtung. Die Hersteller von Kunststoffdichtungsbahnen haben sich mit diesem Thema schon vor 20 Jahren intensiv auseinandergesetzt. Die Kunststoffdichtungsbahnen besitzen heute eine Oberflächenstruktur, die eine Scherkraftübertragung durch die Kunststoffdichtungsbahn langfristig in den Untergrund ermöglicht. Diese Strukturen sind derzeit so gestaltet, dass es zu keiner schädlichen Spannungskonzentration an einzelnen Strukturpartikeln kommt. So werden heute Deponieböschungen bis zu einer Neigung von 1 zu 2,5 realisiert.

## **2.3 Hydraulische Widerstandsfähigkeit**

Die Fliess- und Strömungsvorgänge auf der Dichtung führen zu einer Belastung des Dichtungssystems. Da sich diese Vorgänge nur begrenzt theoretisch abbilden lassen wird es zu bevorzugten Sicker- und Fliesswegen kommen. Insbesondere bei diesen Fliesswegen werden die Dichtungen besonderen hydraulischen Belastungen ausgesetzt. Speziell die Erosions- und Suffosionsvorgängen sind zu berücksichtigen. Hydraulische Einwirkungen können einer PEHD-Dichtungsbahn nichts anhaben.

### 3. Beständigkeit

#### 3.1 Beständigkeit gegen chemische Einflüsse

20 Jahre intensive Auseinandersetzung mit den Fragen der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) zeigt heute ihre positive Wirkung. Die Fragen hinsichtlich der Langzeitwirksamkeit und der chemischen Beständigkeit von Dichtungssystemen die derzeit an Materialien, wie Wasserglas und Trioplast an die Kapillarsperre gestellt werden, sind in vielen Jahren Forschungsarbeit für die Kunststoffdichtungsbahnen so umfangreich und wissenschaftlich belegbar beantwortet worden. Mit diesem wissenschaftlichen Hintergrund kann kein anderes Dichtungsprodukt aufwarten. Für die Dichtungsbahnen gibt es z. B. Untersuchungen hinsichtlich der Beständigkeit gegen oxidative Abbauprozesse. Intensive Forschungsarbeit wurde zur Spannungsrisssbeständigkeit von Kunststoffdichtungsbahnen geleistet. Vor dem Hintergrund dieser gesammelten Erkenntnisse können wir heute Langzeitwirksamkeiten von mehreren 100 Jahren als wissenschaftlich fundiert bestätigen.

#### 3.2 Verformungsverhalten der PEHD-Dichtungsbahn

Die Klärung des Verformungsverhaltens einer Abdichtung ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für den Einsatz einer Oberflächenabdichtung.

Es können hier erhebliche Setzungen mit relativ kleinen Krümmungsradien auftreten.

Vom Grundsatz her muss für jede Deponie und für jedes Dichtungssystem eine Setzungsberechnung durchgeführt werden. Es muss der langfristige Nachweis für diesen Beanspruchungsfall erbracht werden.

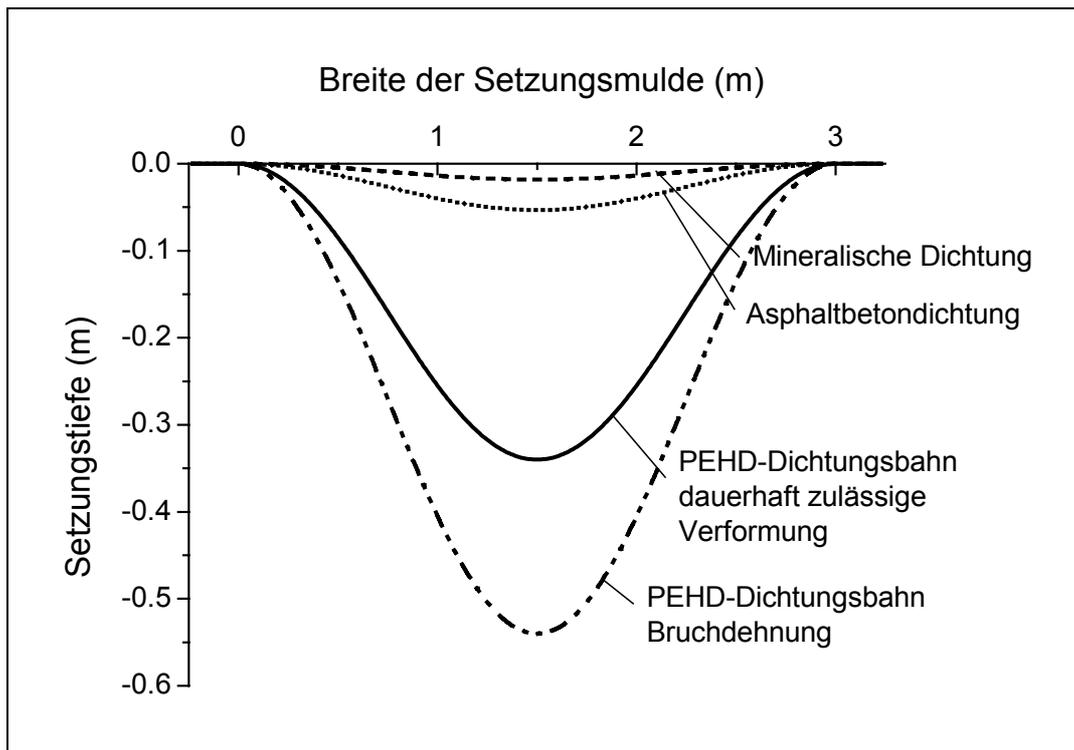
Die Tabelle 2 zeigt zulässige Verformungen bei Abdichtungsmaterialien [Lit. 1].

Tabelle 2: Zulässige Verformungen bei Abdichtungsmaterialien

Dichtungselement	$\epsilon_{max}$ (%)	Anmerkung
Mineralische Dichtung	0,1 - 3	stark abhängig vom verwendeten Material [28] [Lit.3]
Asphalttragschicht	1,75	Grenzwert für uniaxialen Zug, ohne Berücksichtigung von Alterung [52] [Lit. 4]
Asphaltdichtungsschicht	0,85	Grenzwert für uniaxialen Zug, ohne Berücksichtigung von Alterung [52] [Lit. 4]
PEHD-Dichtungsbahn	6	langzeitig zulässige Verformung bei 25 °C
Bentonitmatte	~ 10 - 15	Zulässiger Kurzzeitwert, ohne Berücksichtigung von Langzeiteffekten [77] [Lit. 6]

Um die Verformungen noch plastischer darstellen zu können, zeigt Bild 3 die möglichen Setzungsmulden der verschiedenen Dichtungssysteme.

Bild 3: PEHD-Dichtungsbahnen bei unzulässiger Verformung bei 25° [Lit. 1]



PEHD-Dichtungsbahnen erlauben eine vielfache dauerhafte Verformung gegenüber anderen Dichtelementen. Wobei klar ist, dass eine Verbesserung des Setzungsverhaltens der Deponieoberfläche unter Umständen mit sehr hohen Kosten verbunden ist, wenn nicht sogar unmöglich ist.

### 3.3 Beständigkeit gegen biologische Einwirkungen

Die biologischen Einwirkungen werden untergliedert in Einwirkungen durch Mikroorganismen und Pilze sowie durch Pflanzen und Nagetiere. Die gesättigten Kohlenwasserstoffe, aus denen der PEHD Werkstoff besteht, können dagegen nur schlecht von Mikroorganismen und Pilzen angegriffen werden. PEHD-Dichtungsbahnen sind daher ohne Einschränkungen beständig gegen Mikroorganismen und Pilze [Lit. 5].

Das größte Problem bei Oberflächendichtungen stellen jedoch die Pflanzenwurzeln dar. Die Besiedlung der Deponieoberflächendichtung mit Pflanzengesellschaften kann über einen sehr langen Zeitraum nur schwer vorhergesagt werden. Es muss damit gerechnet werden, dass tiefwurzelnde Pflanzen den Weg in das Oberflächendichtungssystem finden. Besonders an langen Trockenperioden versuchen Pflanzenwurzeln die Feuchtigkeitsreservate der Dichtungen unter Umständen sogar der Asphalt dichtungen zu erreichen. Trockenrissbildung in Dichtungen unter einer Rekultivierungsschicht ist meistens von Durchwurzelung begleitet. Wurzeln können daher durch eine aufwendig Gestaltung der Rekultivierungsschicht oder durch eine Kunststoffdichtungsbahn abgefangen werden. PEHD-Dichtungsbahnen sind wurzelfest, was in vielfältigen Untersuchungen belegt wurde.

Die Nagetierbeständigkeit kann zur Zeit nur von der Kunststoffdichtungsbahn nachgewiesen werden. Zwar ist die Nagetierbeständigkeit nicht Bestandteil der BAM-Zulassung, wird jedoch vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) für die Zulassung: „Dichtungsbahnen als Abdichtungselement von Auffangwannen und Räumen in Anlagen zur Lagerung wassergefährdenden Flüssigkeiten“ verlangt.

### 3.4 Herstellbarkeit

Die Kunststoffdichtungsbahn wird in Produktionsstätten, die DIN ISO 9001 überwacht sind, hergestellt. Sowohl die Rohstoffe als auch die Stabilisatoren haben einen langen Prüf- und Überwachungszyklus durchlaufen und die Anforderungen erfolgreich erfüllt. Die so hergestellte Dichtungsbahn wird nach genauen Transportvorschriften auf die Baustelle geliefert. Anschließend wird die Kunststoffdichtungsbahn auf das vorbereitete Planum verlegt und durch Heizkeilüberlappnähte mit Prüfkanal sowie mit Auftragnähten zu einer durchgehenden Abdichtung verschweißt. Dabei wird jeder mm Schweißnaht exakt überprüft. Die Funktionsweise der Schweißgeräte wird arbeitstäglich überwacht. Ferner stehen Dichtungskontrollsysteme für Kunststoffdichtungsbahnen zur Verfügung, die eine exakte Prüfung der gesamte Dichtheit des Systems ermöglichen. Versuche haben gezeigt, dass Fehlstellen auf wenige Meter genau geortet werden können [Lit. 7]. Um eine fehlerfreie Abdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen zu erhalten werden folgende Anforderungen gestellt:

- Die Anforderungen an die Stützschicht werden eingehalten.
- Die Bauverfahrenstechnik des Einbaus von Drainage- und Rekultivierungsschichten werden sorgfältig auf die Erfordernisse einer Abdichtung aus Dichtungsbahnen abgestimmt.
- Es werden nur zugelassene PEHD-Dichtungsbahnen mit einer Dicke von mindestens 2,5 mm verwendet und die Bestimmungen und Anforderungen der Zulassungsrichtlinie und des Zulassungsschein eingehalten. Das heißt genauer:
- Die Verlege- und Schweißarbeiten werden auf der Grundlage der jeweils gültigen Zulassungsanforderungen und der einschlägigen DVS-Richtlinien, insbesondere DVS-R 2225-4, von erfahrenen und qualifizierten Verlegefachbetrieben durchgeführt, die einer Güteüberwachung (z. B. durch den AK GWS) nach den Anforderungen der Zulassung unterliegen.
- Sowohl die Herstellung der Dichtungsbahnen wie auch deren Einbau werden im Rahmen von Qualitätsmanagementsystemen eigen- und fremdüberwacht, wobei die fremdprüfenden Stellen sowohl für die erforderlichen Inspektionsmaßnahmen (nach DIN EN 45004) wie auch für die dabei durchzuführenden Prüfungen (nach DIN EN ISO 17025) akkreditiert sein müssen. [Lit. 8]

Selbstverständlich müssen die Witterungsverhältnisse so sein, dass eine fachlich einwandfreie Verschweißung der Dichtungsbahnen möglich ist. Die Anforderungen an die Witterung werden ebenfalls in der BAM-Zulassung bzw. in der Zulassungsrichtlinie detailliert erläutert. Werden die Anforderungen eingehalten, so ist pro Verlegeteam eine durchschnittliche Leistung von 800 m<sup>2</sup> pro Tag ohne weiteres möglich. In der Regel ist der Baufortschritt auf der Deponie von den Vorleistungen des Erdbauers bzw. von der Nacharbeit des Erdbauers eher abhängig als von der Verlegekapazität der Installationsbetriebe. Speziell die Anbindung an Bauwerke ist im Bereich der Kunststoffdichtungsbahn technisch hervorragend gelöst. Anschlüsse an Rohrdurchführungen, an Schachtbauwerke für Entgasung oder Sickerwassersammlungen sind technisch einwandfrei lösbar.

### 3.5 Kontrollierbarkeit

Nach § 13 Abs. 5 der Deponieverordnung kann ein Abschluss der Nachsorgephase grundsätzlich nur festgestellt werden, wenn unter anderem nachgewiesen wird, dass die Oberflächenabdichtung sich in einem funktionsstüchtigen und stabilen Zustand befindet. Die TA-Abfall Punkt 9.4.1.4 abs. 2 verlangt, dass Undichtigkeiten in Deponieabdichtungssystemen für die Dauer der Nachsorgephase lokalisiert und repariert werden können. Danach ist die Funktion des Abdichtungssystems regelmäßig zu kontrollieren und bei der Feststellung von Leckagen sind diese unverzüglich zu reparieren [Lit. 10].

Dichtungskontrollsysteme (DKS) ermöglichen es, die Funktion flächiger Abdichtungselemente von Oberflächenabdichtungen für die Dauer der Nachsorge und prinzipiell auch darüber hinaus regelmäßig auf ihre Funktion zu überprüfen. DKS stellen neue Entwicklungen zur kontinuierlichen wiederkehrenden flächendeckenden Messung dar, die mittels zerstörungsfreier Messmethoden Deponieabdichtungselemente kontrollieren können. Insbesondere Konvektionssperren (KDB, Asphalt) können damit überwacht und bei Feststellung von Leckagen nach deren Reparaturen in funktionsfähigem Zustand gehalten werden [Lit. 10].

Hier wird deutlich dargelegt, dass der Deponiebetreiber für die langfristige Zukunft seines Deponiestandortes ein funktionierendes Kontrollsystem benötigt. Aus heutiger Sicht ist dieses Kontrollsystem nur mit Kunststoffdichtungsbahn technisch zufriedenstellend lösbar. Bei allen anderen Dichtungssystemen müssen Hilfskonstruktionen wie Messung des Sickerwasseranfalls oder Untersuchungen des Grundwasserabstroms gewählt werden. Dies ist jedoch immer nur eine indirekte Kontrolle des Oberflächendichtungssystems und stehen aus unserer Sicht nicht in Deckung zur TA-Abfall.

## 4. Zusammenfassung

Mit der neuen Deponieverordnung insbesondere des § 14 Abs. 6 wird den Deponiebetreibern die Möglichkeit gegeben, bei schneller Beendigung des Deponiebetriebes eine wirtschaftliche Lösung für ihre Oberflächendichtung zu realisieren. Dies darf jedoch nicht dazu führen, dass die abenteuerlichsten Konstruktionen gewählt werden, um auf Altstoffen, Abfällen und Sonstigen eine aus jetziger Sicht geradeausreichende Oberflächendichtung zu bauen. Betrachtet man das Gesamtsystem, so ist die Kunststoffdichtungsbahn als industriell gefertigtes und wissenschaftlich untersuchtes Dichtungselement auch noch wirtschaftlicher als die meisten Konstruktionen. In diesem Vortrag wird nicht auf die Nachteile anderer Dichtungssysteme eingegangen. Vielmehr wird herausgestellt, mit welcher Souveränität und Sicherheit Oberflächendichtungssysteme mit Kunststoffdichtungsbahnen gebaut werden können. Um dies genau zu erläutern, wird ein Anforderungsprofil aus der DIBt-Zulassung herangezogen und mit der Kunststoffdichtungsbahn verglichen. Wer heute ein Oberflächendichtungssystem auswählt sollte dieses Anforderungsprofil genauestens berücksichtigen. Wenn das ausgewählte Dichtungssystem alle Anforderungen erfüllt, kann der Bauherr davon ausgehen, dass er sowohl ein z. Z. wirtschaftliches Dichtungssystem hat, als auch langfristig nicht mit zusätzlichen Kosten für Nachrüstung oder Kontrolle belastet wird, um aus der Nachsorge entlassen zu werden.

Literaturhinweis:

1. Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) Aktenzeichen: IV.32/1304/03: Gutachtliche Stellungnahme zu den Eigenschaften einer Oberflächenabdichtung aus PEHD-Dichtungsbahnen für Altdeponien
2. GDA-Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten, 3. Auflage 1997
3. Bautechnik 69 (1992) H. 9, S. 497-506, Scherbeck, R. und Jessberger, H. L.: Zur Bewertung der Verformbarkeit mineralischer Abdichtungsschichten
4. Deutsches Asphaltinstitut (Hrsg.): Asphaltbeton für Deponieabdichtungen, Deutsches Institut für Bautechnik: Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung "Deponieasphalt für Deponieabdichtungen der Deponieklasse II". Bonn: Deutsches Asphaltinstitut e.V. 1996
5. Müller, W. W.: Handbuch der PE-HD-Dichtungsbahnen in der Geotechnik, Basel: Birkhäuser Verlag 2001
6. Koerner, R. M., Daniel, E. D.: A suggested methodology for Assessing the technical equivalency of GCLs to CCLs. In: Gartung, E. (Hrsg.), Geokunststoff-Ton-Dichtungen (GTD). Nürnberg: Grundbauinstitut der Landesgewerbeanstalt (LGA) 1994, S. 59-85
7. Anforderungen an Dichtungskontrollsysteme in Oberflächenabdichtungen von Deponien, Empfehlungen des Arbeitskreises Dichtungskontrollsysteme (AKDKS), 1. Auflage, November 2000. Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung Labor IV.32, Deponietechnik (Hrsg.)
8. Richtlinie für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle beim Einbau von Kunststoffkomponenten und –bauteilen in Deponieabdichtungssystemen, 2. überarbeitete Ausgabe, Juli 2002. Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung Labor IV.32, Deponietechnik (Hrsg.)
9. Hein, S, Tarnowski, C, Dr. Knipschild, F.W.: Stand der Technik und Erfahrungen beim Einbau von Dichtungsbahnen aus PEHD für großflächige Abdichtungen im Bereich des Grundwasserschutzes, 19. Fachtagung Die sichere Deponie 2002
10. TKB IV/2-9, Leitfaden zur Deponiestilllegung, VKS Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V. und ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.)