

## **E 2-17 Sicherheitsbetrachtungen bei Abdichtungssystemen**

April 2010

### **1 Allgemeines**

Zu den Grundsätzen der geotechnischen Bearbeitung beim Entwurf von Deponien wird nach E 2-1 gefordert, dass die Sicherungselemente sowohl in ihrer unabhängigen Wirkungsweise als auch in ihrer gegenseitigen Beeinflussung und in ihrer Gesamtsicherungswirkung dargestellt werden.

Hierzu wird in dieser Empfehlung die Sicherheit der Abdichtungssysteme unter Beachtung des Abfallkörpers und des Untergrundes auch im Sinne einer Risikobetrachtung bei Ausfall eines Elementes behandelt.

Die Einbeziehung der Deponieumgebung, des Deponiebetriebes und der sonstigen Sicherungselemente gemäß E 2-1 bleibt einer weiteren Empfehlung vorbehalten.

### **2 Sicherheit eines Abdichtungssystems**

Aufgabe eines Deponieabdichtungssystems ist die langfristige Minimierung der Emissionen aus der Deponie. Als Maßstab für die Sicherheit eines Abdichtungssystems kann damit die Größenordnung der zu erwartenden Emissionen gelten.

Ein eingebautes Abdichtungssystem wird als sicher angesehen, wenn es folgenden Anforderungen genügt:

- Es muss eine ausreichende Dichtigkeit aufweisen (Dichtigkeit).
- Es muss während der Betriebs- und Nachbetriebsphase als beständig gegenüber den zu erwartenden mechanischen, thermischen, chemischen, hydraulischen und biologischen Lasten oder Einflüssen angesehen werden können (Standicherheit und Beständigkeit).

Die aufgrund dieser Anforderungen zu überprüfenden Eigenschaften sind in der nachfolgenden Tabelle 2-17.1 aufgeführt. In der 3. Spalte dieser Tabelle sind zusätzlich die Lastfälle aufgeführt, die Einfluss auf die jeweiligen Eigenschaften nehmen können.

Der Nachweis der Beständigkeit der Materialien gegenüber hydraulischen, thermischen, biologischen und chemischen Lasten beurteilt die deponietechnische Eignung der Materialien der jeweiligen Abdichtungselemente (E 3-1, E 3-9). Dieser Nachweis wird im Folgenden als Materialsicherheit bezeichnet und erfolgt getrennt für jedes Abdichtungselement.

Durch die Gestaltung des Abdichtungssystems als Verbund von Einzelelementen ergeben sich spezielle Eigenschaften des Abdichtungssystems, mit denen der Nachweis der Standsicherheit und die Analyse des Emissionsverhaltens des Abdichtungssystems erfolgen. Diese Arbeitsschritte beurteilen somit die strukturelle Sicherheit des Systems.

Tabelle 2-17.1: Anforderungen, zu überprüfende Eigenschaften und Lastfälle für Abdichtungssysteme unter Berücksichtigung bestehender GDA-Empfehlungen [JESSBERGER ET AL., 1993]

Anforderungen	zu überprüfende Eigenschaften	Lastfälle gegenüber denen die Eigenschaften nachzuweisen sind
Dichtigkeit E 2-8 E 5-8	Konvektionsverhalten	- hydraulischer Gradient - Schadstoffpotential - Konzentration der Lösung
	Diffusionsverhalten	- Schadstoff - Konzentrationsgradient - Schadstoffpotential - Temperatur
	Sorptionsverhalten	- Schadstoff - Konzentration der Lösung - Schadstoffpotential
E 1-10	Empfindlichkeit gegenüber Fehlstellen in den Abdichtungselementen	-je nach Art der Fehlstelle
Standsicherheit E 2-6 E 2-7 E 2-9, E 7-1 E 2-13 E 2-19 E 2-21 E-2-24	Verhalten des Abdichtungssystems bei mechanischer Belastung	Mechanische Lastfälle: - Kräfte resultierend aus Verformungen - Kräfte resultierend aus Neigung und Auflast - Kräfte resultierend aus Sonderlasten, z. B. Radlasten

Anforderungen	zu überprüfende Eigenschaften	Lastfälle gegenüber denen die Eigenschaften nachzuweisen sind
<p><b>Beständigkeit</b></p> <p>gilt als nachgewiesen, wenn das Abdichtungssystem unter den Einwirkungen, die unter Deponiebedingungen auftreten, den Anforderungen an die Standsicherheit und Dichtigkeit genügt. Mehrfachbelastungen müssen berücksichtigt werden.</p> <p>E 2-14 E 3-4 E 3-7 E 3-9 E 3-12</p>	<p>Langzeitbeständigkeit gegenüber Sickerwässern</p> <p>Temperaturbeständigkeit</p> <p>Hydraulische Beständigkeit</p> <p>Beständigkeit gegenüber biologischen Einwirkungen</p>	<p>Chemische Lastfälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Art und Zusammensetzung des Sickerwassers (Prüfliquiditäten)</li> <li>- Dauer der Einwirkung</li> </ul> <p>Thermische Lastfälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe bzw. niedrige Temperaturen</li> <li>- Dauer der Temperatureinwirkung</li> </ul> <p>Hydraulische Lastfälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kräfte resultierend aus Strömungsvorgängen</li> </ul> <p>Biologische Lastfälle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wachstum von Mikroorganismen</li> <li>- Pflanzen</li> <li>- Tiere</li> </ul>
<p><b>Herstellbarkeit</b></p> <p>E4</p>	<p>Witterungsempfindlichkeit</p> <p>Eigenschaften der Materialien im eingebauten Zustand (Homogenität)</p> <p>Qualität von Anschlüssen und Durchdringungen</p>	<p>Witterung</p> <p>zu berücksichtigen sind die Einbautechnik und Qualitätssicherung</p> <p>Homogenität</p>

Vor diesem Hintergrund kann ein eingebautes Abdichtungssystem dann als ausreichend sicher angesehen werden, wenn

- die Materialien der Elemente des Abdichtungssystems eine ausreichende Materialsicherheit aufweisen
- das Gesamtsystem eine ausreichende strukturelle Sicherheit aufweist.

### 3 Sicherheitsbeurteilung eines Abdichtungssystems

#### 3.1 Sicherheitskonzept

Während im vorigen Kapitel eine Definition für die Sicherheit eines Abdichtungssystems vorgeschlagen wurde, wird nun ein Vorgehen für den Nachweis dieser Sicherheit mit Hilfe eines mehrstufigen Sicherheitskonzeptes beschrieben. Dieses Sicherheitskonzept ist in der Entwurfsbearbeitung nach E 2-1 zu berücksichtigen.

Der Grundgedanke des Sicherheitskonzeptes ist folgender: Das gewählte Abdichtungssystem soll unter den einzelfallspezifischen Randbedingungen einen Schadstoffaustritt weitestgehend vermeiden, also „dicht“ sein. Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Abdichtungssystems ist dabei, dass es auf einer standsicheren Unterlage - sei es Abfallkörper oder Untergrund - aufgebracht wird. Ist dies gewährleistet, muss überprüft werden, ob das Abdichtungssystem die aus dem Abfallkörper resultierenden mechanischen, thermischen oder chemischen Beanspruchungen derart aufnehmen kann, dass es seine Dichtigkeits- und Standsicherheitseigenschaften im Laufe der Zeit nicht verliert. Wird auch dies erfüllt, so ist abschließend das Emissionsverhalten dieses Abdichtungssystems zu beschreiben. Eine Bewertung des Emissionsverhaltens, d. h., eine Beurteilung, ob eine ausreichende Dichtigkeit vorliegt oder nicht, kann dann im Vergleich mit einem anderen Abdichtungssystem erfolgen, das beispielsweise den Stand der Technik widerspiegelt.

Damit liefert das Sicherheitskonzept:

- langfristig abgesicherte Materialkennwerte der Abdichtungselemente im eingebauten Zustand
- Standsicherheitsnachweise des Abdichtungssystems, aufbauend auf der Standsicherheit des Abfallkörpers
- Nachweis der Dichtigkeit des gewählten Abdichtungssystems.

In Bild 2-17.1 sind die einzelnen Arbeitsschritte zur Erarbeitung des Sicherheitskonzeptes in der Deponieplanung aufgeführt.

### **3.2 Sicherheitsnachweise**

Der erste Schritt in der Bearbeitung ist die Erstellung eines Deponiegrobkonzeptes, welches beinhaltet:

- Prognosen zur Abfallzusammensetzung, dessen Eluat sowie der geotechnischen Abfallparameter
- Aussagen zur Größe und Form der Deponie (Hangdeponie, Haldendeponie etc.)
- Aussagen zum Standort (Untergrundverhältnisse, hydrogeologische Beschreibung, Nutzungen der Deponieumgebung etc.)
- Vorüberlegungen zum möglichen Aufbau des Abdichtungssystems.

Mit dem Deponiegrobkonzept ergeben sich so in einer frühen Phase Vorstellungen über die grobe Gestalt der Deponie. Im nächsten Schritt sind die für die detaillierte Bauwerksplanung maßgebenden Lastfälle zusammenzustellen. Dabei wird zunächst die Standsicherheit des Deponiekörpers nachgewiesen. Mit dem Wissen um die Art

und Menge des einzulagernden Abfalls wird die Höhe und Neigung des Deponiekörpers und der Oberflächenabdichtung festgelegt. Zu überprüfen sind daher nach E 2-6:

- Böschungsbruchsicherheit
  - Spreizspannungen in der Sohle
  - Grundbruchsicherheit.

Zusätzlich werden benötigt:

- Nachweis der Gleitsicherheit des Deponiekörpers einschließlich des Stützdammes
- Ermittlung der Setzungen des Untergrundes und der Deponieoberfläche mit Beurteilung ihrer Auswirkungen auf die Abdichtungssysteme.

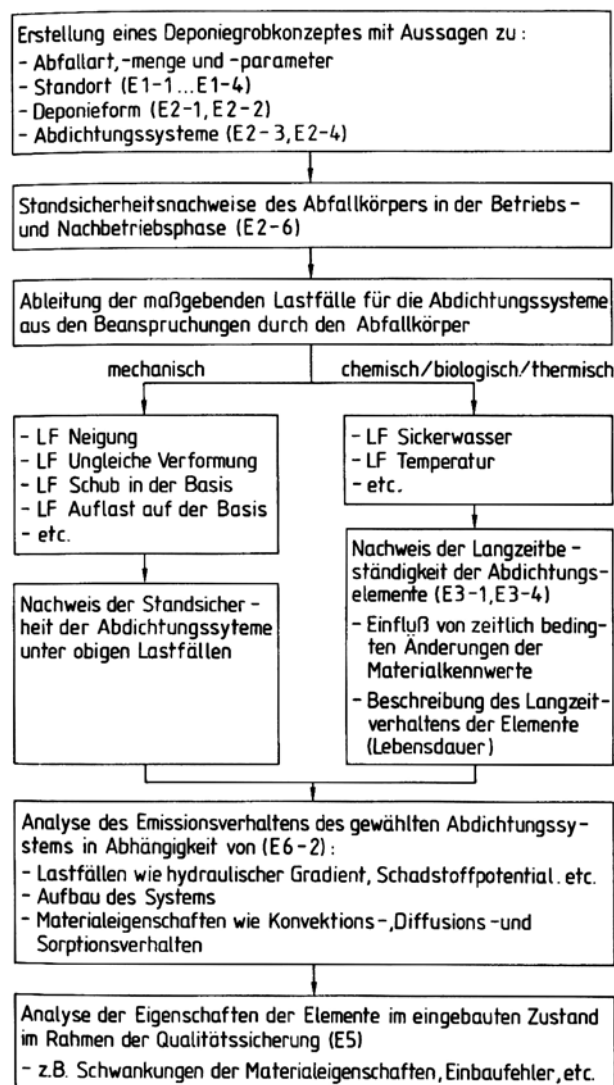


Bild 2-17.1: Arbeitsschritte des Sicherheitskonzeptes der Abdichtungssysteme [DEMMERT, 1993]

Die Nachweise sind dabei für den Endzustand sowie ggf. für Bauzustände zu führen. Sie sind in Bild 2-17.2 schematisch dargestellt.

Durch die Standsicherheitsbetrachtungen des Abfallkörpers werden dessen Gestalt und die daraus resultierenden Kräfte und Spannungen am Abfallkörper und den Böschungen ermittelt und als Lastfälle für die Abdichtungselemente formuliert. Im Einzelnen sind dies:

- Lastfall Neigung  
Gleitsicherheitsnachweis des Abdichtungssystems (E 2-7, E 2-21)
- Lastfall Ungleiche Verformung  
Überprüfung möglicher Zugbeanspruchungen der Abdichtungselemente

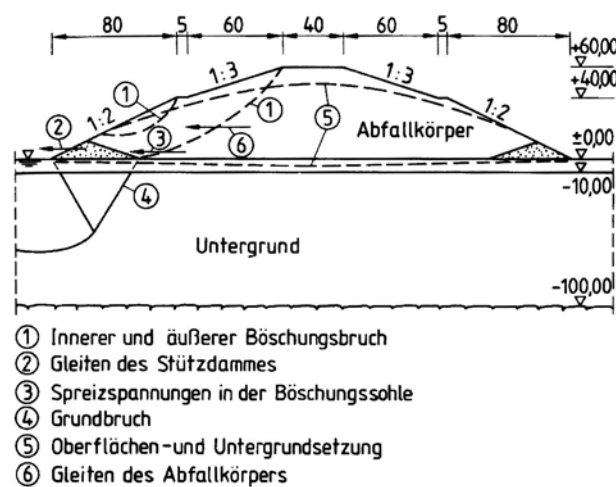


Bild 2-17.2: Groblayout der Deponie und notwendige Standsicherheit-Betrachtungen [DEMERT, 1993]

- Lastfall Schub im Böschungsbereich  
Überprüfung möglicher Zugbeanspruchungen der Kunststoffdichtungsbahn im Böschungsbereich durch Harigabtriebskräfte des aufliegenden Abfallkörpers und Nachweis der Verankerung der Kunststoffdichtungsbahn
- Lastfall Auflast  
Überprüfung der Druckbeständigkeit der Abdichtungselemente (z. B. Rohre etc.) in der Basisabdichtung
- Lastfall Schub im Sohlbereich  
Ermittlung möglicher Folgen durch Spreizspannungen (Schubkräfte) an der Deponiesohle, die zu Zugbeanspruchungen der Abdichtungselemente führen können
- Lastfall Sonderlasten  
Nachweis der außergewöhnlichen Belastungen der Deponieelemente wie Druckspannungen auf Geotextilien und Kunststoffdichtungsbahn durch Dränkörner, Befahrbarkeit von Dichtungen, Erdbeben.

In Bild 2-17.3 wurden beispielhaft solche Lastfälle für die in Bild 2-17.2 dargestellte Deponie ermittelt. Mit diesen Lastfällen ist weiterhin zu überprüfen, inwieweit diese

Beanspruchungen von den einzelnen Abdichtungselementen aufgenommen werden können.

Neben den mechanischen Lasten gehen von dem Abfallkörper auch chemisch/biologische und thermische Beanspruchungen der Abdichtungssysteme aus. Diese können langfristig Einfluss auf die Materialkennwerte der Elemente nehmen, z. B. Änderung des  $k$ -Wertes durch Lastfall „Chemikalien“ (E 3-1), Verringerung der Langzeitfestigkeit von Geokunststoffen durch thermische und chemische Einwirkungen, Rissbildung in der mineralischen Abdichtungsschicht durch Austrocknung. Derartige Veränderungen der Materialeigenschaften bedeuten Unsicherheiten für die Standsicherheit und für die Emissionsberechnungen. Die Folgen solcher Lastfälle sind daher im Nachweis der Langzeitbeständigkeit der Elemente und im Nachweis der Langzeitwirksamkeit der Systeme zu berücksichtigen.

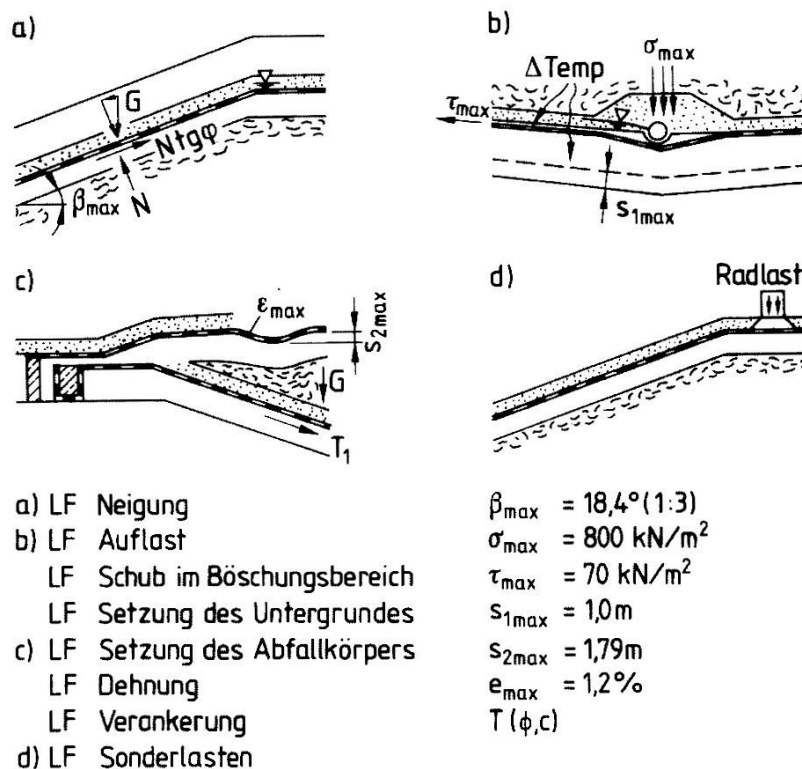


Bild 2-17.3: Lastfälle für die Abdichtungssysteme aus den Berechnungen zu Bild 2-17.2 [DEMMERT, 1993]

Neben den durch Langzeiteffekte möglichen Änderungen der Materialkennwerte können bei den vor Ort erstellten und eingebauten Materialien Schwankungen der Kennwerte auftreten.

Beispielsweise ist eine statistische Auswertung für die Bestimmung der Schwankungsbreite von  $k$ -Werten eingebauter Mineraldichtungen und deren Folgen auf die Entstehung möglicher Fehlstellen in E 2-15 erläutert (siehe auch E 5-8). Diese Betrachtung ist für fabrikhergestellte Materialien (z. B. Kunststoffdichtungsbahnen) von geringerer Bedeutung.

Im letzten Schritt des Sicherheitskonzeptes erfolgt der Nachweis der Dichtigkeit der Abdichtungssysteme. Dieser Nachweis umfasst Laborversuche und Transportberechnungen (E 1-10). Er setzt die Festlegung definierter Randbedingungen bzw. Lastfälle voraus (z. B. hydraulischer Gradient, Schadstoffgradient etc.).

Als Maß für das Emissionsverhalten neuartiger Abdichtungssysteme gilt der Vergleich mit einer der TA Abfall entsprechenden Kombinationsdichtung (E 2-3, E 2-4). Beiträge zur Beschreibung des Emissionsverhaltens einer Kombinationsdichtung liefern DEMMERT; 1993 und AUGUST ET AL; 1992.

## Literatur:

JESSBERGER, H. L. HEIBROCK, G., DEMMERT, S., 1993: Entwicklung eines Sicherheitskonzeptes für Deponieabdichtungssysteme. 4. Fachlicher Zwischenbericht BMFT-Verbundvorhaben „Deponieabdichtungssysteme“

DEMMERT, S., 1993: Analyse des Emissionsverhaltens einer Kombinationsabdichtung im Rahmen der Risikobetrachtung von Abfalldeponien. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Grundbau der Ruhr-Universität, Bochum, Heft 21

AUGUST, H., TATZKY-GERTH, R., PREUSCHMANN, R., JAKOB, I., 1992: Permeationsverhalten von Kombinationsabdichtungen bei Deponien und Altlasten gegenüber wassergefährdenden Stoffen. F + E-Vorhaben 10203412, BAM, Berlin, Abschlußbericht

Ansprechpartner: Univ. Prof. Dr. Ing. Karl J. Witt  
Bauhaus-Universität Weimar  
Coudraystr. 11c  
99425 Weimar  
e-mail: kj.witt@uni-weimar.de

Bearbeiter: K. J. Witt, Weimar