

## **E 2-6 Grundsätze der Abfallmechanik**

Stand: GDA 1997

### **1 Allgemeines**

Die Abfallstoffe werden in einer Haldendeponie zu einem allseits abgeböschten und in einer Hangdeponie zu einem vornehmlich einseitig abgeböschten Abfallkörper lagenweise aufgebaut. Je nach Geometrie des Abfallkörpers, Art und Einbauzustand der Abfallstoffe sowie Beanspruchungszuwachs infolge Aufhöhung des Abfallkörpers stellen sich vertikale und horizontale Verformungen des Abfallkörpers bzw. dessen Oberfläche ein. Diese Verformungen sind ggf. mit denen des Deponieauflagers oder Untergrundes zu überlagern. Durch langfristige chemischbiologische Veränderungen der Abfallstoffe können die Abfallkörperverformungen verstärkt werden. Außerdem können diese hier als Setzungen und Querverformungen bezeichneten Verformungen in feinkörnigen und undurchlässigen Bereichen des Abfallkörpers im Anfangszustand der Belastung von porenwasserdruck- und poren gasdruckabhängigen Scherfestigkeitsabminderungen begleitet sein.

In der Böschungszone des Abfallkörpers treten in Abhängigkeit von der Geometrie (Neigung und Höhe) Scherbeanspruchungen mit ungleichmäßiger Verteilung auf, die zunächst die Querverformungen im unteren Böschungsbereich und die Setzungen im oberen Bereich vergrößern. Es ist sicherzustellen, dass die hier eingebauten Abfälle eine ausreichende Scherfestigkeit aufweisen, um die Entstehung eines progressiven Böschungsbruches zu verhindern. Weiterhin ist nachzuweisen, dass die auftretenden Spreizverformungen die Funktionsfähigkeit der Oberflächen- und Basisabdichtung im Böschungsbereich nicht beeinträchtigen. Bei nicht bodenähnlichen Abfällen ist eine mögliche Interaktion zwischen der Verformung der Deponiebasis bzw. des Abdichtungssystems und der Verformung des Abfallkörpers zu berücksichtigen.

### **2 Stabilität des Abfallkörpers**

Die Fragen der Böschungsbruch- bzw. Gleitsicherheit sowie die Standsicherheit in der Umgebung des Abfallkörpers werden hier der „äußeren“ Standsicherheit der Deponie als geotechnischem Bauwerk zugeordnet (s. Bild 2-6.1). Die „innere“ Standsicherheit bezieht sich auf Fragen des Deponiebetriebes zur Sicherheit des Einbaus der Abfallstoffe, die in die für die äußere Standsicherheit nicht maßgebende Zone eingebaut werden.

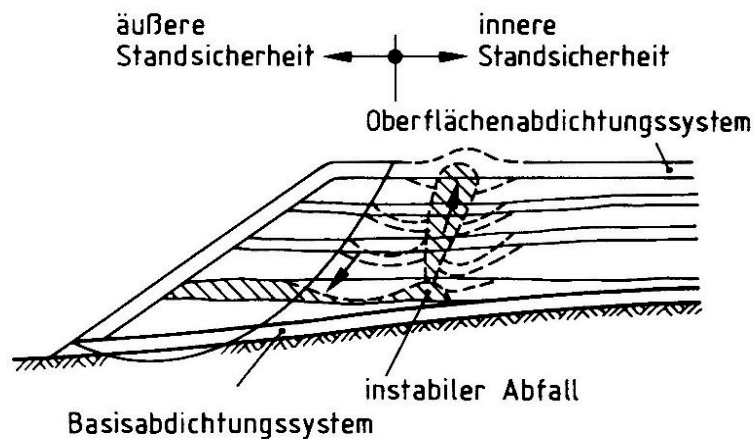


Bild 2-6.1: Äußere und innere Standsicherheit einer Deponie nach [1]

## 2.1 Äußere Standsicherheit

### 2.1.1 Böschungsbruch

Die Standsicherheit der Böschung bzw. einer Böschungszone wird bei bodenähnlichen körnigen Abfallstoffen in der Regel durch eine Böschungsbruchuntersuchung nach DIN 4084 nachgewiesen. Dazu sind die Wichte des Abfallkörpers nach DIN 1055 Teil 2 und die Parameter der Scher- und ggf. Zugfestigkeit nach E 2-23, sowohl im Anfangs- und Endzustand als auch in Zwischenzuständen festzulegen.

Bei anderen Abfallstoffen oder Mischablagerungen können je nach Abfallart bzw. Größe der Abfallkomponenten, d. h. je nach den abfallmechanischen Bedingungen, die Parameter mit Laborversuchen nach E 3-6 oder in entsprechend großen Kastengeräten oder Triaxialgeräten nach E 3-11 ermittelt werden. Durch Sonderuntersuchungen an Großversuchsböschungen, die bis hin zum Scherbruch an unterschiedlich altem Abfall getestet werden, können ggf. Scherparameter für die getrennt oder gemischt abgelagerten Abfallarten ermittelt und der Zeiteinfluss abgeschätzt werden. Bei Vorliegen entsprechender Kennwerte ist die Böschungsstandsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen.

Im Sinne der Beobachtungsmethode nach DIN 1054 (Neufassung) ist durch Messung der Setzungen und Querverformungen entsprechend Abschnitt 3 das Verhalten der Böschung beim Aufbau des Abfallkörpers zu beobachten; die Ergebnisse sind dem für die Deponiestandsicherheit zuständigen qualifizierten geotechnischen Fachmann als Grundlage für die Beurteilung der aktuellen Standsicherheitssituationen sowohl in der Betriebs- als auch in der Nachbetriebsphase zu übergeben.

### 2.1.2 Spreizspannungen

Die Standsicherheit einer Böschung kann dadurch gefährdet sein, dass insbesondere im Bereich der Basisabdichtung erhebliche Schubspannungen infolge der Spreizverformung des Abfallkörpers auftreten können (Spreizspannungen). Der entsprechende Standsicherheitsnachweis kann nach E 2-21 ([2]) geführt werden. Für den Nachweis ist die Schicht bzw. die Kontaktfläche innerhalb des Basisabdichtungssystems maßgebend, welche die geringste Scherfestigkeit aufweist.

Im Falle nicht bodenähnlicher Abfälle ist der Einfluss aus dem speziellen abfallmechanischen Verhalten dieser Stoffe zu beurteilen. Abfälle und Systemkomponenten der Basisabdichtung zeigen unterschiedliche Spannungs-Verformungseigenschaften, die nicht oder nur bedingt kompatibel sind. Hieraus können sich Rückwirkungen auf Größe und Verteilung der Spreizspannungen ergeben [3].

### 2.1.3 Standsicherheit in der Umgebung des Abfallkörpers (Grundbruch)

Die Standsicherheit des Deponiegeländes und der unmittelbaren Umgebung vor dem Abfallkörper ist analog einer Böschungsbruchuntersuchung bzw. einer Grundbruchuntersuchung nach DIN 4084 nachzuweisen.

## 2.2 Innere Standsicherheit

Im Bereich der inneren Standsicherheit können Abfallstoffe mit geringerer, jedoch für die Betriebssicherheit noch ausreichender Festigkeit eingebaut werden. Die in der TA Abfall, Anlage D, und in der TA Siedlungsabfall, Anlage C, geforderten Festigkeiten beziehen sich auf die innere, jedoch nicht auf die äußere Standsicherheit.

Gegenüber der Abfallkörperoberfläche unter Einbeziehung der Böschungssicherheitszone muss ein genügender Sicherheitsabstand eingehalten werden, um dadurch die Beanspruchung des Oberflächenabdichtungssystems durch Setzungsunterschiede in den zulässigen Grenzen zu halten. Fallweise können deshalb die Gesichtspunkte der äußeren Standsicherheit allein maßgebend sein.

## 3 Verformung des Abfallkörpers

Die Verformungen - vertikal und horizontal - des Abfallkörpers sind dann unschädlich, wenn die Abdichtungssysteme oder mögliche Einbauten der Deponie nicht durch unzulässige Beanspruchungen in ihrer Funktion eingeschränkt werden und die Gesamtsicherheit nicht gefährdet wird. Insbesondere können der Nachweis gegenüber ungleichmäßigen Deponiekörpersetzungen sowie der Nachweis der Spreizverformungen der Deponiebasis maßgebend sein.

Größere Setzungsunterschiede, die zu einer unzulässigen Beanspruchung des Oberflächenabdichtungssystems geführt haben, sind bisher bei großen Setzungsbeträgen nur dann beobachtet worden, wenn

- in Nähe der Abfalloberfläche Abfallarten mit stark unterschiedlicher Zusammensetzung bzw. unterschiedlicher Konsistenz und Setzungsfähigkeit eingebaut worden sind
- die Abfalloberfläche als Unterlage des Oberflächenabdichtungssystems ein sehr unterschiedliches Alter oder eine sehr unterschiedliche Vorbelastung z. B. infolge Umprofilierung aufwies.

Querverformungen im mittleren Böschungsbereich sind Hinweise dafür, dass normales Verformungsverhalten infolge fortschreitender Aufhöhungsbelastung vorliegt. Dagegen sind größere Querdehnungen im unteren Böschungsbereich in Verbindung mit größeren Setzungen im oberen Böschungsbereich Anzeichen dafür, dass hier die Scher- und ggf. Zugfestigkeit in der Böschungszone stärker in Anspruch genommen wird. Hier sind deshalb zusätzlich zu den Beobachtungen an den Oberflächenpegeln nach E 2-16 auch Lotabweichungen in Inklinometer-Bohrungen zu ermitteln, um aussagekräftige Hinweise für die Ausdehnung der stärker beanspruchten Böschungszone zu erhalten.

### **3.1 Bodenähnliche körnige Abfallstoffe**

Bei bodenähnlichen körnigen Abfallstoffen wird das zu erwartende Setzungs- und Querverformungsverhalten aus Spannungs-Verformungsuntersuchungen nach E 3-6 abgeleitet; das tatsächliche Verformungsverhalten im Deponiekörper wird durch Feldmessung nach E 2-16 erfasst.

### **3.2 Andere Abfallstoffe - Mischablagerungen**

Bei nicht bodenähnlichen Abfallstoffen, ggf. in Wechsellagerung mit bodenähnlichen körnigen Abfallstoffen, z. B. bei Hausmülldeponien, ist eine realistische Prognose der Setzungen und Querverformungen beim derzeitigen Stand der Kenntnisse über die allgemeinen Zusammenhänge nur anhand von Beobachtungen an vergleichbar aufgebauten Abfallkörpern möglich. Entsprechend den relativ großen Entsorgungszeiträumen, für die Deponien eingerichtet werden, steht in der Regel genügend Zeit zur Verfügung, im Sinne der Beobachtungsmethode nach DIN 1054 (Neufassung) das zeitabhängige Verformungsverhalten des Abfallkörpers zu messen und daraus die Folgerungen für die Beanspruchung des Oberflächenabdichtungssystems nach E 2-24 zu ziehen.

Es wird empfohlen, bei Erreichen von 1/3 und 2/3 der geplanten Endhöhe der Deponie je 3 ha Deponiefläche mindestens einen Setzungs-Tiefpegel oder vergleichbare Meßsysteme einzurichten und in 1/4-Jahresabständen einzumessen. Aus dem gemessenen Zeitsetzungsverhalten kann das Verformungsverhalten der Abfallkörperoberfläche erfasst und realistisch prognostiziert werden. In der Laufzeit-Hochrechnung der Deponie kann ggf. der setzungsbedingte Kubaturzuwachs des Abfallkörpers, der bis zur Rekultivierung zu erwarten ist, mitberücksichtigt werden. Die abfallspezifische Auswertung der Setzungsbeobachtungen setzt stets ein entsprechendes Abfallkataster voraus.

Zur Abschätzung der Setzungen des Abfallkörpers kommen infrage:

- Untersuchungen nach E 2-24
- Ermittlung der Gesamtsetzung bzw. der rein mechanischen Setzung in Abhängigkeit von Einbaudichte, Einbautechnik und Müllzusammensetzung mit Näherungswerten für den Steifemodul [4]
- Ermittlung des zeitlichen Setzungsverlaufes über die Berechnung der Gasproduktion nach [5]
- Setzungsversuche mit Erdbaumaterial zur Ermittlung des Last- und Zeitsetzungsverhaltens .

#### **4 Hinweise für den Bauentwurf**

Die zum Einbau im Abfallkörper vorgesehenen Stoffe sowie die Einbaumethoden, die zur Einhaltung der Berechnungsparameter erforderlich sind, werden in Abstimmung mit dem Deponiebetreiber bei der Aufstellung des Bauentwurfes nach E 2-1 in einem Betriebsplan festgelegt.

Mit den Vorgaben des Deponiebetreibers über die Abfallstoffe und deren Parameter sowie den zugehörigen Einbauanforderungen wird der geotechnische Entwurf aufgestellt. Aus diesem Entwurf folgen zur Wahrung der Standsicherheit die Anforderungen an die zugelassenen Abfallstoffe entsprechend der Eignungsprüfung nach E 3-6 sowie die Anforderungen an den Einbau der Abfallstoffe und die zugehörigen Kontrollen nach E 5-4 beim Aufbau des Abfallkörpers im standsicherheitsrelevanten Bereich, d. h. sowohl in der nachgewiesenen Böschungszone als auch in der oberflächennahen Zone der gesamten Oberfläche der Deponie.

**Literatur zu E 2-6:**

- [1] DRESCHER, J.: Standsicherheit von Deponiekörpern, Festigkeit des Deponiegutes. 6. Nürnberger Deponieseminar (1990), S. 91-107.
- [2] BRAUNS, J.: Spreizsicherheit von Böschungen auf geneigtem Gelände. Bauingenieur 55 (1980), S. 433-436.
- [3] KOCKEL, R.: Schubbeanspruchungen im Basisabdichtungssystem von Haldendeponien. Schriftenreihe des Instituts für Grundbau, H. 20. Ruhr-Universität Bochum. (Festschrift Prof. Dr.-Ing. H. L. Jessberger), Rotterdam: Balkema, 1992.
- [4] JESSBERGER, H. L. UND KOCKEL, R.: Mechanische Eigenschaften von Siedlungsabfall -Labor- und Modellversuche. 9. Nürnberger Deponieseminar, 1993. Veröffentlichungen des Grundbauinstitutes der Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg, Heft 67, 1993.
- [5] RETTENBERGER, G.: Grundlagen der Entgasungstechnik und Stand der Deponiegasverwertung. In: Thome-Kozmiensky, K. H. (Hrsg.): Deponie Ablagerung von Abfällen. Berlin: EF-Verlag 1987, S. 614-638.