

E 2-19 Abfallmechanische Berechnungen für nicht bodenähnliche Abfälle

Stand: GDA 1997

1 Allgemeines

Bei abfallmechanischen Berechnungen ist gemäß E 2-6 zwischen bodenähnlichen Abfällen und nicht bodenähnlichen Abfällen zu unterscheiden, (siehe hierzu E 1-7 und E 1-8.)

Nach der TA Siedlungsabfall sind die Setzungen und Verformungen der Dichtungsaufleger und der Abdichtungssysteme zu berechnen und die Stabilität des Deponiekörpers ist zu prognostizieren. In der vorliegenden Empfehlung wird in Anlehnung an den Entwurf der DIN 1054, Teil 100 [2], zwischen dem Grenzzustand der Tragfähigkeit und dem Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unterschieden. Die Setzungen und Verformungen des Deponiekörpers und der Abdichtungselemente werden von den Eigenschaften der Abfälle, dem Einbauverfahren, der Deponiegeometrie, der konstruktiven Gestaltung der Abdichtungselemente und der Entwässerungsschicht sowie den Untergrundeigenschaften beeinflusst.

Das mechanische Verhalten von bodenähnlichen Abfällen ist dem von Lockergestein vergleichbar. Für bodenähnliche Abfälle können demnach abfallmechanische Berechnungen mit den üblichen bodenmechanischen Verfahren durchgeführt werden. Die Untersuchungen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit kann erfolgen durch:

- Feldmessungen
- Stabilitäts-, analytische Spannungs- und Setzungsberechnungen oder
- numerische Berechnungen z. B. nach der Finite-Elemente-Methode (FEM).

Die analytisch und z. T. empirisch abgeleiteten Verfahren für Stabilitäts-, Spannungs- und Setzungsberechnungen werden nachfolgend gegenüber den numerischen Verfahren als konventionelle Verfahren bezeichnet. Abfallmechanische Berechnungen sollten mit einer der jeweiligen Aufgabenstellung angepassten Kombination der o. g. Verfahren durchgeführt werden.

Anders als Boden, der fast ausschließlich aus mineralischen Bestandteilen besteht, sind nicht bodenähnliche Abfälle, insbesondere feste Siedlungsabfälle aus einer Vielzahl von Stoffen mit jeweils unterschiedlichem Spannungsdehnungsverhalten zusammengesetzt. Dadurch weicht das Spannungsdehnungsverhalten der nicht bodenähnlichen Abfälle signifikant von dem bei Boden bekannten Verhalten ab. Ausreichende Kenntnisse liegen z. Z. nicht vor, so dass es geboten ist, die aus der Bodenmechanik bekannten Berechnungsverfahren mit Vorsicht zu verwenden. Die erhaltenen Ergebnisse müssen deshalb anhand von Feldmessungen nach E 2-16

nachgeprüft werden. Parameterstudien, auch mit numerischen Berechnungsmodellen, werden empfohlen.

2 Mechanisches Verhalten nicht bodenähnlicher Abfälle

2.1 Besonderheiten des Spannungsdehnungsverhaltens

Die auffälligsten mechanischen Eigenschaften von nicht bodenähnlichen Abfällen sind die Inhomogenität und Anisotropie, die ausgeprägte Zusammendrückbarkeit und die zeit- bzw. alterungsabhängige Veränderlichkeit des Spannungsdehnungsverhaltens infolge chemischer und/oder biologischer Umsetzungsvorgänge. In dreiaxialen Druckversuchen z. B. bei Hausmüll erreicht die Hauptspannungsdifferenz $\sigma_1 - \sigma_3$ i. d. R. nicht das für einen Bruchzustand charakteristische Maximum. Eingelagerte flächige Bestandteile wie Folien und Textilien können in Deponiekörpern wie eine Bewehrung wirken.

Durch die großen Verformungen, die ein Abfallkörper erfährt, können Dichtungselemente, Dichtungsanschlüsse, Dränleitungen und Schächte stark beansprucht werden.

2.2 Folgerungen für mögliche Berechnungsverfahren

Werden Nachweisverfahren der Bodenmechanik auf der Basis von Grenzbetrachtungen im Bruchzustand angewendet, sollten für Siedlungsabfalldeponien vorrangig Erfahrungswerte aus Feldmessungen nach E 2-16 herangezogen werden. Gegebenenfalls können Laborversuche nach E 3-11 sinnvoll sein.

Die konventionellen Nachweisverfahren der Bodenmechanik für Standsicherheit und Tragfähigkeit werden aus Grenzbetrachtungen im Bruchzustand abgeleitet. Solche Bruchzustände sind in der Mechanik der nicht bodenähnlichen Abfälle bisher nicht festgestellt worden. Daher besteht derzeit die Meinung, ein Verformungskriterium einzuführen. Mit diesem Vorgehen können verformungsabhängige Scherparameter abgeleitet [1] und in Standsicherheitsnachweise eingeführt werden (s. E 2-23).

Wenn die Stoffgesetze bekannt sind, erlaubt die Methode der Finiten Elemente die numerische Erfassung der komplexen Wechselwirkung von Bauwerk und Untergrund wie:

- Wechselwirkung zwischen Deponiekörper und Untergrund
- geometrische Randbedingungen
- dreidimensionale Verschiebungen
- Simulation von Bauzuständen
- zeitliche Abfolge des Einbaus
- große Verschiebungen
- zeit- und lastabhängige Verschiebungen.

Die Methode der Finiten Elemente kann sehr hilfreich bei der Beurteilung von Verformungsproblemen im Deponiebau sein. Hierzu wird empfohlen, Kennwerte aus Rückrechnungen von gemessenen Verformungen an Deponien abzuleiten, siehe E 2-16.

3 Berechnungsverfahren

3.1 Übersicht

Aus Abschn. 2 ergibt sich, dass für nicht bodenähnliche Abfälle bei der Übertragung der in der Bodenmechanik entwickelten Berechnungsverfahren nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand umfangreiche Untersuchungen erforderlich sind. Tabelle 2-19.1 gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche der einzelnen Verfahren.

Gas- und Wasserdruck sowie Auftrieb sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Für Deponieelemente, deren Funktionsfähigkeit durch große Setzungen des Abfallkörpers besonders gefährdet sind (z. B. Anschlüsse von Rohrleitungen), sind in der Regel konstruktive Sicherungsmaßnahmen zu treffen. Gegenüber dem konventionellen Grundbau sind im Deponiebau erfahrungsgemäß deutlich größere Verschiebungsdifferenzen aufzunehmen bzw. auszugleichen. Hinweise für die Auslegung dieser Maßnahmen, z. B. für die Festlegung der Länge von Schleppplatten, können aus kontinuumsmechanischen und numerischen Verformungsberechnungen abgeleitet werden.

Zur Stabilisierung von Deponieböschungen können gegebenenfalls Bewehrungseinlagen aus Geokunststoffen zum Einsatz kommen. Hinweise für die Bemessung von bewehrten Deponieböschungen sind den Empfehlungen des AK 5.2 DGGT zu entnehmen (s. E 7-1).

Es wird empfohlen, die Berechnungsergebnisse im Sinne der Beobachtungsmethode grundsätzlich durch Feldmessungen zu überprüfen und die berechneten Verformungsprognosen an die aus Messungen gefundenen Werte anzupassen.

Tabelle 2-19.1: Anwendungsbereiche der Berechnungs- und Untersuchungsverfahren für nicht bodenähnliche Abfälle

Aufgabenstellung	Kriterium	Verfahren
Setzungen	Deponiequerschnitt nach Gestaltungsplan, zulässige Verformung der Oberflächenabdichtung	Setzungsberechnung nach DIN 4019 FEM
Querverformungen	vorgesehene max. Böschungsneigung, zulässige Verformung der Oberflächenabdichtung	FEM
Böschungstabilität des Deponiekörpers	Bruchkriterium/ Verformungskriterium	DIN 4084, Feldversuche, Feldmessungen, FEM*
Gelände- bzw. Grundbruch	Bruchkriterium/ Verformungskriterium	DIN 4084/ DIN 4017/FEM*
Spreizspannungen	Schubversagen der Basisabdichtung	DIN 4085, E 2-21, Feldmessungen/ FEM
Erddruck	Bruchkriterium/ Verformungskriterium	Feldmessungen, Modellversuche, erdstatische Modelle, FEM, DIN 4085
Schnittkräfte und Verformungen in Deponieeinbauten (Kontrollgängen, Schächten etc.)	zulässige Verformungen, Festigkeit des verwendeten Baustoffs	Konventionelle statische Modelle, FEM

*: wenn Verformungskriterien, dann auch FEM geeignet.

3.2 Konventionelle Berechnungsverfahren

Konventionelle Stabilitäts-, Spannungs- und Setzungsberechnungen erlauben Vorhersagen zum Deponieverhalten und lassen näherungsweise eine Berücksichtigung der Deponiegeometrie und des Einflusses des Verformungszustandes auf die Standsicherheit zu. Sofern Scherparameter als Eingangswerte benötigt werden, ein Bruchzustand in Feld- oder Laborversuchen jedoch nicht erreicht wird, kann der Bruchzustand durch einen vorgegebenen Verformungsgrenzzustand ersetzt werden. Zugehörige verformungsabhängige Scherparameter werden nach [1] bestimmt (siehe E 2-23).

3.3 Numerische Berechnungsverfahren (FEM)

Numerische Berechnungen erlauben die Berücksichtigung des Spannungs-Dehnungsverhaltens der betriebsabhängigen Belastungszustände, der geometrischen Randbedingungen und der Geometrie des Deponiekörpers, der konstruktiven Gestaltung der Abdichtungselemente und der Entwässerungsschicht sowie des Deponieuntergrundes auf den Spannungsverformungszustand im Deponiekörper. Die Durchführung numerischer Berechnungen setzt voraus, dass akzeptable Materialkennwerte verfügbar sind. Sicherheitsfaktoren für bestimmte Bruchmechanismen, z.B. Böschungs- oder Geländebruch, lassen sich aus den Berechnungsergebnissen nur schwer ableiten. Die Einhaltung vorgegebener Verformungsgrenzwerte lässt sich dagegen direkt anhand der Berechnungsergebnisse überprüfen.

Literatur zu E 2-19:

- [1] 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.
- [2] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERD- UND GRUNDBAU E. V: Sonderheft der Geotechnik zum „Entwurf 1990 der DIN 1054, Teil 100, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“, 1992.