

## E 2-37 Zwischenabdichtungen

Februar 2020

### 1 Allgemeines

#### 1.1 Definition und Einsatzbereiche

Als Zwischenabdichtung bezeichnet man ein Abdichtungssystem zwischen zwei einander überlagernden Abfallkörpern. Sie kommt in der Regel zum Einsatz, wenn der Deponiebetrieb auf einem älteren Einlagerungsabschnitt oder auf einem stillgelegten Altdeponiebereich fortgesetzt werden soll. Dabei soll das Abdichtungssystem sowohl Funktionen einer Oberflächenabdichtung (E 2-4) zum Abschluss des Altkörpers als auch einer Basisabdichtung (E 2-3) für den neuen Abschnitt erfüllen.

Zwischenabdichtungen sind zwischen zwei Abfallkörpern angeordnet (Bild 2-37.1). Erforderlich werden sie, wenn ein bestehender Deponiekörper erweitert und zumindest teilweise überschüttet werden soll und zugleich das Basisabdichtungssystem des Altkörpers fehlt oder unzureichend ist (z. B. fehlende Basisentwässerung).

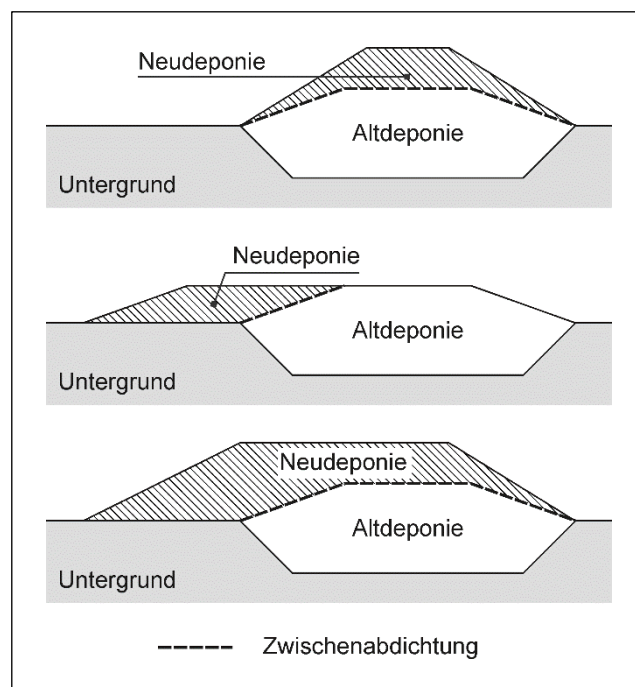


Bild 2-37.1: Arten der Deponieerweiterung

Zwischenabdichtungen können auch als temporäre Oberflächenabdichtungen dienen und zu einem späteren Zeitpunkt dauerhaft mit Deponat überschüttet werden. Für den Zeitraum zwischen Fertigstellung des Abdichtungssystems und planmäßiger Überschüttung mit Abfällen ist ein ausreichender Frostschutz der Zwischenabdichtung erforderlich.

Neben „Zwischenabdichtung“ haben sich die Begrifflichkeiten „Multifunktionale Dichtung“ oder „Deponie auf Deponie“ für diesen Einsatzzweck etabliert. Sowohl genehmigungsrechtlich als auch technisch findet dieses Konzept in der Deponiegesetzgebung keine explizite Erwähnung. Den Stand des Wissens und diverse Fallbeispiele sind in der Literatur zu finden, vgl. DWA (2015).

## 1.2 Genehmigungsanforderungen

Der Bau einer Zwischenabdichtung unterliegt grundsätzlich den gleichen Anforderungen wie der Bau einer Oberflächen- oder Basisabdichtung nach DEP V (2009). Eine Zwischenabdichtung muss sowohl die Anforderungen der Oberflächenabdichtung einer unterlagernden, vorhandenen Deponie als auch die Anforderungen der Basisabdichtung einer neu geplanten, überlagernden Deponie gemäß DEP V (2009) sowie der korrespondierenden Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (LAGA-BQS) erfüllen.

Kommt es hierbei zu konkurrierenden Regelungen aus den Bereichen der Oberflächen- oder Basisabdichtungen, so sollten die projektspezifischen Anforderungen an die Zwischenabdichtung aus den jeweils strengeren Vorgaben abgeleitet werden, vgl. DWA (2015).

Aufgrund der großen Komplexität der geotechnischen Fragestellungen, welche mit der Planung und Errichtung von Zwischenabdichtungen verbunden sind, wird bei der Bearbeitung die Einbeziehung eines Sachverständigen für Geotechnik gemäß EASV (2016) empfohlen.

## 1.3 Besonderheiten aus abfallmechanischer Sicht

Die Gegebenheiten des einzelnen Vorhabens, wie der Zustand des Basisabdichtungssystems des Altkörpers sowie die Eigenschaften der Abfälle (z. B. Schadstoffinventar) sind entscheidend für die Anforderungen, die an die Zwischenabdichtungen, dargestellt durch den erforderlichen Aufbau, zu stellen sind. Die Zwischenabdichtung besteht aus einer Abdichtungsschicht mit darüber liegender Entwässerung. Bei Gasbildung infolge biologischer Aktivität oder chemischer Reaktion im darunter liegenden Abfallkörper ist die Anordnung einer Entgasungsschicht unter der Abdichtung erforderlich. Die Anforderungen an das Gesamtsystem und an die einzelnen Komponenten sind aus den Anforderungen an die Basis- und die Oberflächenabdichtung abzuleiten (E 2-3, E 2-4, E 2-13, E 2-18).

Bei der Konzipierung und Bemessung von Zwischenabdichtungen sind aus abfallmechanischer Sicht die Eigenschaften der unterlagernden Abfälle zu beachten. Folgende Fälle lassen sich unterscheiden:

- Das Auflager kann aus einem Abfallkörper bestehen, der vor 2005 entstanden ist und weitgehend unbehandelte Siedlungsabfälle enthält. Er weist demnach inhomogene Eigenschaften und evtl. biologische Reaktionen (Gasbildung) auf.
- Ebenso stellt ein nach aktuellem Deponierecht entstandener Deponiekörper, der aus mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen besteht, hinsichtlich seiner Standsicherheitseigenschaften besondere Anforderungen als Auflager für neue Schüttflächen dar.

Die mechanischen Eigenschaften des Abfalls sind unter Beachtung der Informationen aus E 1-7 festzulegen und durch Erfahrungswerte oder geeignete Versuche zu verifizieren.

Da ein Abfallkörper i. d. R. ein nachgiebiges Auflager darstellt, sind für Zwischenabdichtungen langfristig Verformungen zu erwarten, welche die Beständigkeit des Abdichtungssystems beeinflussen können, vgl. WUDTKE & WITT (2017a) b). Deshalb sind Setzungs- und Verformungsmessungen nach E 2-16 und deren Prognose nach E 2-21 bei der Bemessung der Zwischenabdichtung zu berücksichtigen.

Ungleichmäßige Setzungen können u. a. darauf zurückgeführt werden, dass der Abfallkörper stofflich inhomogen zusammengesetzt ist, lokal unterschiedlich alt ist bzw. unterschiedliche Zeit-Setzungen erfahren hat, über eine ungleichmäßige Mächtigkeit verfügt oder ungleichmäßig überschüttet wurde. Setzungen als Folge von lokalen Inhomogenitäten sind insbesondere zu beachten, wenn unmittelbar unter der Zwischenabdichtung weiche oder steife Bereiche anstehen oder Belastungen aus Einbauten konzentriert auf die Zwischenabdichtung wirken.

## **2 Erkundung**

Um die abfallmechanischen Eigenschaften der Altdeponie abzuschätzen, sind die Erkundung des Altdeponiekörpers (E 1-6, E 1-7, E 1-8) und die Auswertung von vorliegenden Verformungsmessungen (E 2-16) erforderlich. Insbesondere für die Ermittlung der Verformungshistorie eines Standortes ist der Einsatz innovativer Verfahren zur Datenerfassung (Satellitenmessdaten, Drohnenbefliegung, hydrostatische Messlinien) sinnvoll. Eine Ermittlung der Baugrundeigenschaften des Deponieuntergrundes (E 2-1) ist für die Bemessung der Zwischenabdichtung ggf. ebenfalls relevant.

Neben der Ermittlung relevanter Stoffparameter ist mit der Erkundung festzustellen, ob im Bereich direkt unter der geplanten Zwischenabdichtung Inhomogenitäten vorliegen, welche zu lokalen Verformungsunterschieden und in der Folge zu einer Beeinträchtigung der Funktion der Zwischenabdichtung führen können. Hierzu ist es sinnvoll den Betriebsablauf sowie betriebliche Erfahrungen beim Aufbau der Altdeponie zu berücksichtigen.

## **3 Nachweis der Tragfähigkeit**

Der Tragfähigkeitsnachweis für Zwischenabdichtungen unterscheidet sich nicht von den für Basis- oder Oberflächenabdichtungen zu erbringenden Nachweisen. Zum Nachweis einer ausreichenden Tragfähigkeit sind potenziell die folgenden Grenzzustände zu untersuchen:

- Gleitsicherheit in den Schichtflächen des Abdichtungssystems (E 2-7),
- Gesamtstandsicherheit (Böschungsbruch) (E 2-6)
- Gleiten des geböschten Deponiekörpers auf der geneigten Aufstandsfläche (Spreizsicherheit) (E 2-21)

Ziel der Grenzzustandsbetrachtungen ist es, alle im Zusammenhang mit dem Abdichtungssystem möglichen Versagensarten zu untersuchen.

Abdichtungssysteme werden gemäß DIN EN 1997-1 (2014) sowie dem zugehörigen Nationalen Anhang i. d. R. der Geotechnischen Kategorie GK2 zugeordnet. Bei der Planung einer Zwischenabdichtung sind grundsätzlich der geplante Endzustand (BS-P), Bauzustände bei der Erstellung der Abdichtung (BS-T) sowie der Einfluss außergewöhnlicher Beanspruchungen (BS-A) zu betrachten.

Die Gleitsicherheit einer Zwischenabdichtung wird als schichtparalleles Gleiten nach dem Ansatz der infiniten Lamelle ermittelt (DIN 4084). Bei der Grenzzustandsbetrachtung wird ein Versagen durch den Verlust der Gesamtstandsicherheit untersucht (GEO-3). Beim Nachweis wird eine unbegrenzte Böschung betrachtet, was einen homogenen Aufbau des Zwischenabdichtungssystems sowie eine gleichmäßige Belastung voraussetzt. Seitliche Erddrücke sowie eine Stützung am Fuß werden vernachlässigt. Bestimmend für den Grenzzustand sind die Neigung des Abdichtungssystems und die Scherfestigkeit ihrer Komponenten, d. h. die innere Scherfestigkeit und die Fugenschferfestigkeit. Ist zum Erreichen einer ausreichenden Sicherheit die Verwendung eines Bewehrungselements notwendig, wird dessen erforderliche Festigkeit unter Berücksichtigung faktorisierten Bodenwiderstände ermittelt, vgl. EBGEO (2010) und WUDTKE et al. (2008).

Bei der Untersuchung der Gesamtstandsicherheit sind der gesamte Abfallkörper einschließlich Zwischenabdichtung für den geplanten Endzustand sowie relevante temporäre Verfüllzustände zu betrachten. Das Berechnungsverfahren ist unter Berücksichtigung der geometrischen Bedingungen sowie der Materialeigenschaften in Übereinstimmung mit DIN 4084 (2009) zu wählen. Vereinfachend kann in der Berechnung die Abdichtungskomponente oder Schichtfuge mit der geringsten Scherfestigkeit als repräsentativ für die gesamte Zwischenabdichtung berücksichtigt werden.

Bei Zwischenabdichtungen unter Böschungen ist die Spreizsicherheit in allen Schichtgrenzen und der Aufstandsfläche nachzuweisen. Der zu betrachtende Böschungsfuß liegt entweder im Übergang zum umliegenden Gelände und ist durch einen Randdamm gesichert oder im Übergang zu einer Basisabdichtung, vgl. Bild 2-37.1. Beim Nachweis wird der mobilisierbare Sohlreibungswinkel  $\delta_{\text{vorh}}$  (Scherwiderstand der Aufstandsfläche) dem zur Schubkraftübertragung erforderlichen Sohlreibungswinkel  $\delta_{\text{erf}}$  gegenübergestellt.

#### **4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit**

Die Gebrauchstauglichkeit ist nach DIN EN 1997-1 (2014) nachgewiesen, wenn die Eigenschaften eines Bauwerkes oder Bauteiles die uneingeschränkte Nutzung sicherstellen. Bei Zwischenabdichtungen sind diese Eigenschaften die Entwässerungsfunktion und die Abdichtungsfunktion. Die Gebrauchstauglichkeit von Zwischenabdichtungen wird hinsichtlich einer Einschränkung dieser Funktionen anhand der langfristig auftretenden Verformungen und Verzerrungen bewertet (E 2-13, E 2-18, E 2-24).

Die Einschränkung der Entwässerungsfunktion einer Zwischenabdichtung kann durch ungleichmäßige Setzungen des unterlagernden Deponiekörpers und des Baugrunds verursacht werden, d. h. die zur Entwässerung erforderliche Mindestneigung der Abdichtung wird unterschritten. Im Regelfall wird der beschriebenen Deformation durch eine planmäßige Überhöhung der Systemneigung begegnet.

Um eine Einschränkung der Abdichtungsfunktion zu beurteilen, sind die an der Abdichtungskomponente auftretenden Dehnungen zu betrachten. Hierzu werden die aus verschiedenen mechanischen Einwirkungen resultierenden Zwangsverformungen untersucht. Als Ergebnis dürfen in den einzelnen Abdichtungskomponenten keine unverträglichen Schub- und Zugspannungen auftreten.

Die an der Zwischenabdichtung auftretenden auflast- und zeitabhängigen Setzungen werden nach E 2-24 abgeschätzt. Hierbei werden neben dem geplanten Endzustand Zwischenzustände, resultierend aus Bauzuständen oder der Schüttfolge, betrachtet. Prognosen zur planmäßigen Überbauung des Abdichtungssystems, im Sinne einer Schüttfolge, sind hilfreich zur Ermittlung von extremen Verzerrungszuständen in dieser und explizit an die angenommene Schüttfolge gebunden.

Anhand der ermittelten Setzungen sind folgende Nachweise zu erbringen:

- Verformungsnachweise gemäß der Ausführung der Zwischenabdichtung (z. B. für mineralische Abdichtungen nach E 2-13)
- Nachweis der Funktionsfähigkeit der Entwässerungs- und Gaserfassungssysteme (E 2-13 und E 2-18) sowie deren Anschlüsse an andere Systemelemente

## 5 Nachweis der Rissfreiheit für mineralische Abdichtungskomponenten

Gemäß WUDTKE & WITT (2017a) b) kann ein einfacher Nachweis der Rissfreiheit an einer mineralischen Abdichtungskomponente als eine lokale Spannungsbilanz geführt werden. Hierbei werden die durch Zwangsverformung aufgeprägte Zugspannung  $\sigma_{t,a}$ , der aus der Auflastspannung resultierende Ruhedruck  $\sigma_0$  und die Zugfestigkeit des mineralischen Abdichtungsmaterials  $\sigma_{t,u}$  gegenübergestellt, vgl. Gleichung (1):

$$\sigma_0 - \sigma_{t,a} \geq \sigma_{t,u} \quad (1)$$

Die am Abdichtungssystem lokal wirkende Zugspannung  $\sigma_{t,a}$  ebenso wie  $\sigma_0$  können mit hochwertigen Berechnungsmodellen (FEM) ermittelt werden. Die Zugfestigkeit der mineralischen Abdichtungskomponente kann mit unterschiedlichen direkten und indirekten Laborversuchen festgestellt werden, vgl. KÖDITZ et al. (2016). Einflussfaktoren auf den Parameter sind der Wassergehalt und der Verdichtungsgrad. Sicherheitsabschläge ergeben sich aus den experimentellen Unsicherheiten und aus den Unschärfen des mechanischen Modells vgl. WUDTKE (2014)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Abschnitt 5.2 „Zugfestigkeit bindiger Böden“

Weitere Zugspannungsanteile aus einer Wassergehaltsminderung, i. e. Schrumpfen, können ebenfalls berücksichtigt werden, vgl. NOACK *et al.* (2015), ZEH (2007).

## 6 Hinweise zur Ausführung

Zur Bauausführung muss eine von der zuständigen Behörde genehmigte Ausführungsplanung mit einem korrespondierenden, freigegebenen Qualitätsmanagementsystem gemäß E 5-6 vorliegen. Ein Qualitätsmanagementplan regelt dabei projektspezifisch die erforderlichen Nachweise und Eignungsuntersuchungen für die Komponenten der Zwischenabdichtung, die von der bauausführenden Firma bzw. deren Eigenprüfer auszuführen sind. Darauf aufbauend ist mindestens ein Probefeld nach E 3-5 anzulegen, um die Ausführbarkeit der geplanten Zwischenabdichtung unter realen Baustellenbedingungen mit den vorgesehenen Materialien zu testen. Erst nach der Freigabe durch die zuständige Behörde kann die Regel-Bauausführung der Zwischenabdichtung durch die bauausführende Firma unter ständiger Kontrolle der Eigen- und Fremdprüfung ausgeführt werden.

Besonderes Augenmerk ist bei der Anlage des Probefeldes sowie der Bauausführung, auf das Planum zu legen. Die einschlägigen Regelwerke gehen für Basisabdichtungen zumeist davon aus, dass sie auf natürlichem mineralischem Untergrund mit entsprechend guten und vergleichsweise homogenen Tragfähigkeitseigenschaften errichtet werden. Dies trifft für eine zu überbauende Deponie in der Regel nicht zu. Es ist daher schon beim Bau des Probefeldes zu prüfen, ob weitergehende oder zusätzliche Maßnahmen an dem hergestellten Planum des vorhandenen Deponiekörpers erforderlich sind. Zu untersuchen sind hier etwaige Auffälligkeiten beim Profilieren des Abfallkörpers, die hergestellte Oberflächenbeschaffenheit, die Ebenheit sowie die hergestellten Längs- und Quergefälle. Die Tragfähigkeit des Planums kann materialabhängig über die Ermittlung des Verdichtungsgrades nach DIN 18125-2 (2011) oder des Verformungsmoduls nach DIN 18134 (2012) überprüft werden. Näheres hierzu ist im standort- und projektspezifischen Qualitätsmanagementplan zu regeln.

Je nach festgestellter Qualität des Planums werden mitunter verbessernde bzw. stabilisierende Maßnahmen erforderlich. Diese Fälle treten beispielsweise bei lokalen Inhomogenitäten oder bei wenig bis nicht tragfähigen Bereichen der Altdeponie auf. Je nach anstehendem Deponat werden diese Bereiche dann z. B. durch einen lokalen Materialaustausch, eine Bindemittelverfestigung oder eine dynamische Tiefenverdichtung verbessert. Als konstruktive Maßnahme ist der Einsatz von Geogittern möglich, um lokale oder auch großflächigere Bereiche mit nicht ausreichender Tragfähigkeit zu stabilisieren und nachträglich zu verbessern. Eine projektspezifische Untersuchung und Planung ist durch einen qualifizierten Geotechnischen Sachverständigen mit vertieften Kenntnissen auf dem Gebiet der Deponietechnik auszuführen.

Je nach vorhandenem Deponiekörper und geplanter Abdichtungskomponente ist auf dem Planum eine Trag-/Ausgleichsschicht aufzubringen. Das Material muss filterstabil zu dem anstehenden Deponat sein, was im Rahmen einer Eignungsuntersuchung und ggf. im Rahmen des Probefeldeinbaus nachzuweisen ist. Der Einbau sollte aus baupraktischen Gründen nicht geringmächtiger als 0,15 m sein. Einbaustärken von 0,3

bis 0,5 m haben sich, material- und projektabhängig, bewährt. Zu den generellen Materialanforderungen wird auf die maßgeblichen Regelwerke der LAGA verwiesen.

Als eigentliche Abdichtungskomponente der Zwischenabdichtung kommen, bedingt durch die Deponieklasse, häufig die mineralische Dichtung und/oder eine Kunststoffdichtungsbahn zur Ausführung. Die Qualitätsanforderungen an diese beiden Systemkomponenten sind ausführlich in den entsprechenden Regelwerken der LAGA (Bundeseinheitliche Qualitätsstandards, BQS) und der „Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen“ BAM (2018) beschrieben und werden durch einen projektspezifischen Qualitätsmanagementplan ergänzt. Die Einhaltung der Qualitätsanforderungen wird während der Bauausführung durch die Eigen- und Fremdprüfung ständig überwacht und dokumentiert.

Die Abdichtungskomponente, insbesondere die Kunststoffdichtungsbahn, wird durch eine mineralische, eine geotextile oder eine daraus kombinierte Schutzlage geschützt. Weitergehende Regelungen und Anforderungen finden sich z. B. in der „Richtlinie für die Zulassung von Schutzschichten für Kunststoffdichtungsbahnen in Deponieabdichtungen“ BAM (2016) und der E 3-9.

Die Abdichtungskomponente sowie die Schutzlage wird vorsichtig überbaut durch eine ausreichend bemessene Entwässerungsschicht, die i. d. R. im Vor-Kopf-Verfahren eingebaut wird. Schichtstärken von 0,3 bis 0,5 m sind hierbei, je nach hydraulischer Beaufschlagung des Systems, üblich. Als Entwässerungsschichtmaterial in Zwischenabdichtungssystemen kommen häufig Deponiersatzbaustoffe zur Anwendung. Näheres zu den Qualitätsanforderungen und den Nachweisverfahren dieser Stoffe regeln die BQS.

In Abhängigkeit von den geplanten Abfallstoffen muss zur Sicherstellung der Filterstabilität ein geeignetes Geotextil zum Filtern und Trennen auf der Entwässerungsschicht verlegt werden. Die Witterungsbeständigkeit des Vlieses ist zu beachten, da es häufig vorkommt, dass der eigentliche Abfalleinbau erst zeitversetzt nach der Fertigstellung der Zwischenabdichtung durchgeführt wird. Es hat sich in diesen Fällen bewährt, die Verlegung des Filtervlieses nicht direkt nach dem Einbau der Entwässerungsschicht ausführen zu lassen, sondern erst unmittelbar vor der Abfalleinlagerung je nach geplanter Schüttfolge auf der neuen Deponie. Alternativ kann im Zuge der Bauausführung zur Sicherung des verlegten Geotextiles auch eine geringmächtige Schutzlage auf diesem aufgebracht werden.

Erschwerend kommt beim Bau von Zwischenabdichtungen in vielen Fällen hinzu, dass die abzudichtenden Flächen der Bestandsdeponien teilweise stark geneigt sind. Bei Neigungsverhältnissen bis 1 : 3 sind in der Regel keine besonderen Maßnahmen bei der Bauausführung und der Materialauswahl zu berücksichtigen. Werden Böschungsneigungen steiler als 1 : 3 geplant, so sind die Baugeräte, insbesondere Verdichtungsgeräte, fachgerecht gegen Abrutschen zu sichern. Hierzu kommen z. B. baggergeführte Seilwinden in Frage. Je steiler die Böschung wird, umso schwieriger gestaltet sich die Verdichtung der Schichten. Das Walzengewicht, die Amplitude, die Fahrgeschwindigkeit und die Anzahl der Übergänge sind materialspezifisch festzulegen. Bei Neigungsverhältnissen von 1 : 2 oder steiler kommt für den

fachgerechten Einbau einer mineralischen Dichtung nur noch ein lagenweiser, horizontaler Einbau in Frage.

Besteht das Risiko von Setzungen im Altkörper, fördert eine zusätzliche Auflast deren vorzeitiges Abklingen. Eine überhöhte Profilierungsschicht aus tragfähigem, ausreichend standsicherem und ggf. gasdurchlässigem Material kann durch Eigengewicht und die Dynamik des maschinellen Einbaues potenzielle Setzungen vorwegnehmen. Idealerweise wird diese Schicht deutlich vor Herstellung des Zwischenabdichtungssystems aufgebracht. Da die Setzungen des Altkörpers konsolidationsbedingt zeitabhängig auftreten, ist eine überhöht eingebaute Profilierungsschicht mit zeitlichem Vorlauf aufzubringen. Durch eine messtechnische Überwachung des Setzungsverlaufes können Hinweise auf die Verformungseigenschaften des Altkörpers ermittelt werden.

Um langfristig die geforderten Mindestquer- und Mindestlängsgefälle auf der Zwischenabdichtung sicherzustellen, sollten im Sinne der Beobachtungsmethode nach DIN 1054 (2010) bereits baubegleitende Setzungsmessungen erfolgen. Damit können bestehende Setzungsprognosen frühzeitig fortgeschrieben werden und bei Bedarf Anpassungen an der Ausführungsplanung vorgenommen werden. Während und nach der Betriebsphase der Deponie ist das prognostizierte Verhalten der Zwischenabdichtung und des Deponiekörpers nach E 2-16 weiterhin zu überprüfen. Setzungspegel sind im Bereich von Zwischenabdichtungen meist nicht geeignet oder nur schwer realisierbar. Demgegenüber weisen hydrostatische Messlinien zur Erfassung von Setzungen deutliche Vorteile auf, da sie unempfindlich gegenüber großen Verformungen sind. Damit sind auch tief im Deponiekörper gelegene Bereiche erreichbar. Die Linien sind i. d. R. auch noch nach vielen Jahren messbar. Die messtechnische Überprüfung kann z. B. an die turnusmäßigen Kamerabefahrungen der Entwässerungsleitungen auf der Zwischenabdichtung gekoppelt werden.

## 7 Literatur und Regelwerke

DIN 1054. (2010). Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN 1997-1. (2014). Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 4084. (2009). Baugrund - Geländebruchberechnungen. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 18125-2. (2011). Baugrund, Untersuchung von Bodenproben: Bestimmung der Dichte des Bodens, Teil 2: Feldversuche. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 18134. (2012). Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.



- BAM. (2016). Richtlinie für die Zulassung von Schutzschichten für Kunststoffdichtungsbahnen in Deponieabdichtungen. Berlin.
- BAM. (2018). Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen. Berlin.
- DepV. (2009). Deponieverordnung - Verordnung über Deponien und Langzeitlager Berlin, Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz.
- DWA. (2015). DWA-Arbeitsbericht: Deponie auf Deponie. Hennef, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- EASV. (2016). EASV - Sachverständige für Geotechnik, Anforderungen an Sachkunde und Erfahrung.
- EBGEO. (2010). EBGEO - Empfehlungen für Bewehrungen aus Kunststoffen. Berlin, Ernst & Sohn - Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH.
- Köditz, J., Wudtke, R.-B. & Witt, K. J. (2016). Gegenüberstellung direkter und indirekter Versuchsmethoden zur Bestimmung der Zugfestigkeit bindiger Böden. Geotechnik, Vol. 39 (4), 225-234.
- Noack, M., Wagner, N. & Witt, K. J. (2015). Gekoppelte strukturelle Veränderungen in schrumpfenden, verdichteten Tonen und deren dielektrische Eigenschaften. in, Vol., Aktuelle Forschung in der Bodenmechanik 2015 - Tagungsband zur 2. Deutschen Bodenmechanik Tagung, Bochum, Ed. Tom Schanz, & Achim Hettler, 155-168, Springer, 978-3-662-45990-4.
- Wudtke, R.-B. (2014). Hydraulischer Grundbruch in bindigem Baugrund. Dissertation. Schriftenreihe Geotechnik, Heft 25, Bauhaus-Universität Weimar. Weimar.
- Wudtke, R.-B., Werth, K. & Witt, K. J. (2008). Standsicherheitsnachweis für Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien. Bautechnik, Vol. 85 (9), 596 - 602.
- Wudtke, R.-B. & Witt, K. J. (2017a). Möglichkeiten und Grenzen eines quantitativen Nachweises der Tragfähigkeit von Zwischenabdichtungen. 27. Karlsruher Deponie- und Altlastenseminar 2017 - ABSCHLUSS UND REKULTIVIERUNG VON DEPONIEEN UND ALTLASTEN -PLANUNG UND BAU NEUER DEPONIEEN - Schaffung neuen Deponieraums, Deponie auf Deponie, Deponierückbau, Umgang mit Natur- und Artenschutz, Karlsruhe, 18.-19.10.2017, 151-160.
- Wudtke, R.-B. & Witt, K. J. (2017b). Nachweis der Beständigkeit von Zwischenabdichtungen in Abfalldeponien. 7. Symposium Umweltgeotechnik (Fachsektionstage Geotechnik), Würzburg, 07.09.2017, 508-512.
- Zeh, R. (2007). Die Zugfestigkeit bindiger Böden als Kriterium der Rissgefährdung mineralischer Oberflächenabdichtungen. Dissertation. Schriftenreihe Geotechnik Weimar, Heft 13, Bauhaus-Universität Weimar. Weimar.

**Ansprechpartner** Dr.-Ing. R.-B. Wudtke  
wudtke geotechnik, Richard-Strauss-Straße 3, 99423 Weimar  
[r.wudtke@wu-geo.de](mailto:r.wudtke@wu-geo.de)

**Bearbeiter** C. Lesny, Essen; B. Vielhaber, Berlin; R.-B. Wudtke, Weimar