

E 2-13 Verformungsnachweis für mineralische Abdichtungsschichten

April 2010

1 Allgemeines

Mineralische Abdichtungsschichten sollen sich gegenüber einwirkenden Setzungen unempfindlich verhalten (s. E 2-1, E 2-2, E 2-3 und E 2-4) und ihre Abdichtungsfunktion insbesondere auch im verformten Zustand aufrechterhalten. Die Verformung kann zu Zugriss- oder Scherzonenbildung in einer mineralischen Abdichtungsschicht führen (s. Bild 2-13.1).

Eine unzulässige Beeinflussung der Abdichtungswirkung infolge planmäßiger Verformungseinwirkungen ist zu erwarten, wenn sich durch Überschreiten der Zugfestigkeit in der Abdichtungsschicht Risse öffnen. Führen hingegen in der Abdichtungsschicht Verformungseinwirkungen zu Scherzonen mit geschlossen bleibenden Scherfugen, so ist in der Scherzone nur eine geringe Veränderung der Durchlässigkeit zu verzeichnen [SCHERBECK U. JESSBERGER, 1992]. Dieser Fall tritt insbesondere dann ein, wenn infolge Auflast eine Zugrissbildung verhindert wird und damit die Funktionsfähigkeit der mineralischen Abdichtungsschicht erhalten bleibt.

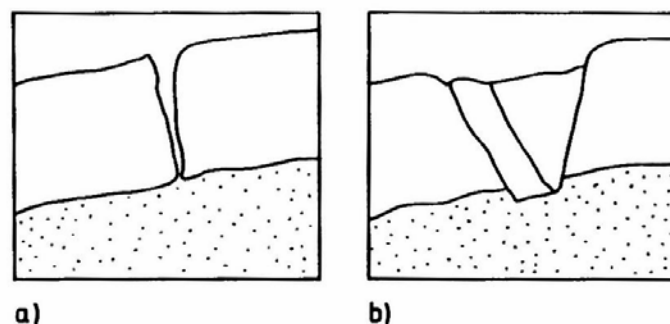


Bild 2-13.1: Zugrissbildung (a) und Scherzonenbildung (b)

infolge Verformungswirkung in einer mineralischen Abdichtungsschicht

2 Nachweisverfahren

Für den Verformungsnachweis für mineralische Abdichtungsschichten sind einmal die Angaben zur Verformungseinwirkung, z. B. infolge ungleichmäßiger Setzungen des Deponieauflagers sowie zum Spannungs-Verformungsverhalten des

mineralischen Abdichtungsmaterials unter zusätzlicher Einbeziehung der Zugbeanspruchung erforderlich.

Im ersten Schritt des Verformungsnachweises wird die von außen einwirkende Verformung mit der von der Abdichtungsschicht aufnehmbaren Verformung verglichen. Im zweiten Schritt wird ein Standsicherheitsnachweis im Hinblick auf die Möglichkeit des Offenbleibens eines Risses geführt. Die Vorgehensweise des Nachweisverfahrens ist in Tabelle 2-13.1 dargestellt.

2.1 Verformungsnachweis

Der Nachweis bei Verwendung kohäsiver Abdichtungsmaterialien sieht im ersten Schritt einen Vergleich zwischen der maßgebenden Verformungseinwirkung und dem Verformungskennwert des Materials in einer Formulierung über Zugdehnungen vor:

$$\varepsilon_{zq} / \varepsilon_{RF} \geq \eta_v \quad (1)$$

Tabelle 2-13.1: Vorgehen beim Nachweisverfahren

Inhalt	Formulierung
1. Schritt Berücksichtigung von Verformungseinwirkung und Materialverformbarkeit	$\varepsilon_{zq} / \varepsilon_{RF} \geq \eta_v \quad (>2,0)$
2. Schritt	
a) Berücksichtigung der Auflastspannung G_0	$\sigma_0 > 2 \cdot c \cdot \tan(45^\circ + \phi' / 2)$
b) Überprüfung des Verformungsmechanismus (Scherzonenbildung ist akzeptabel)	$erf. c' > vorh. c'$

Der maßgebende materialspezifische Kennwert zur Beschreibung der Materialverformbarkeit ist die Grenzzugdehnung beim Einsetzen einer Rissentwicklung im Abdichtungsmaterial. Dieser Wert entspricht der in einaxialen Zugversuchen gemessenen Bruchdehnung ε_{zq} [SCHERBECK, U. JESSBERGER, 1992]. Neben der Durchführung von einaxialen Zugversuchen kann die Bruchdehnung auch im Biegezugversuch, z. B. nach [HENNE, J., 1989], vorgenommen werden.

Liegt die Gestalt der maßgebenden Setzungsmulde $w(x)$ vor, lässt sich die maximale Randfaserdehnung ε_{RF} aus den Verformungskennwerten Längung $\varepsilon_{\Delta 1}$ und Krümmung K auf Grundlage der Balkentheorie bestimmen. Hierbei wird über einen Faktor $2/3$ berücksichtigt, dass durch die Scherspannung in der Fuge Abdichtung/Auflager die Lage der neutralen Faser im Querschnitt verändert wird. Die Gleichungen (2) bis (4) geben die entsprechenden Bestimmungsgleichungen wieder.

$$\varepsilon_{\Delta 1}(x) = [w'(x) / \sin(\arctan w'(x))] - 1 \quad (2)$$

$$\kappa(x) = w''(x) \quad (3)$$

$$\varepsilon_{RF} = 2/3 \cdot d \cdot \max \kappa + \varepsilon_{\Delta 1} \quad (4)$$

mit	ε_{RF}	maximale Randfaserzugdehnung (Zugdehnungen negativ) [-]
	d	Schichtstärke der mineralischen Abdichtungsschicht [m]
	$\max \kappa$	Krümmungsmaximum = $\max w''(x) = 1/R$ [1/m]
	R	Krümmungsradius [m]
	$\varepsilon_{\Delta 1}$	Längung an der Stelle des Krümmungsmaximums [-]

Die Verformungssicherheit der Abdichtung ist gegeben, wenn der Dehnungsquotient den Sicherheitswert η_v überschreitet. Für η_v wird ein Wert von 2,0 empfohlen. Ist der Nachweis an dieser Stelle erfüllt, folgt das Abdichtungsmaterial ohne Rissbildung den Verformungseinwirkungen und die Funktionsfähigkeit der Abdichtung ist gewährleistet.

Im Dehnungsnachweis kann darüber hinaus die Wirkung einer Auflast berücksichtigt werden, indem die verformungsbedingte Randfaserdehnung ε_{RF} mit der auflastinduzierten Querdehnung in der Abdichtungsschicht verglichen wird.

Überschreitet die Querdehnung hierbei die Randfaserdehnung, ist eine Rissbildung in der Abdichtungsschicht unterbunden.

2.2 Spannungsnachweis

Für den Fall, dass die Dehnungsbedingung gemäß Gleichung (1) nicht erfüllt ist, wird im zweiten Schritt unter Berücksichtigung der Spannungsrandbedingungen geprüft, welcher Grenzzustand der Verformung eintritt. Lokale Scherzonenbildung kann akzeptiert werden, während Rissbildung zum Verlust der Funktionsfähigkeit der Abdichtung führt.

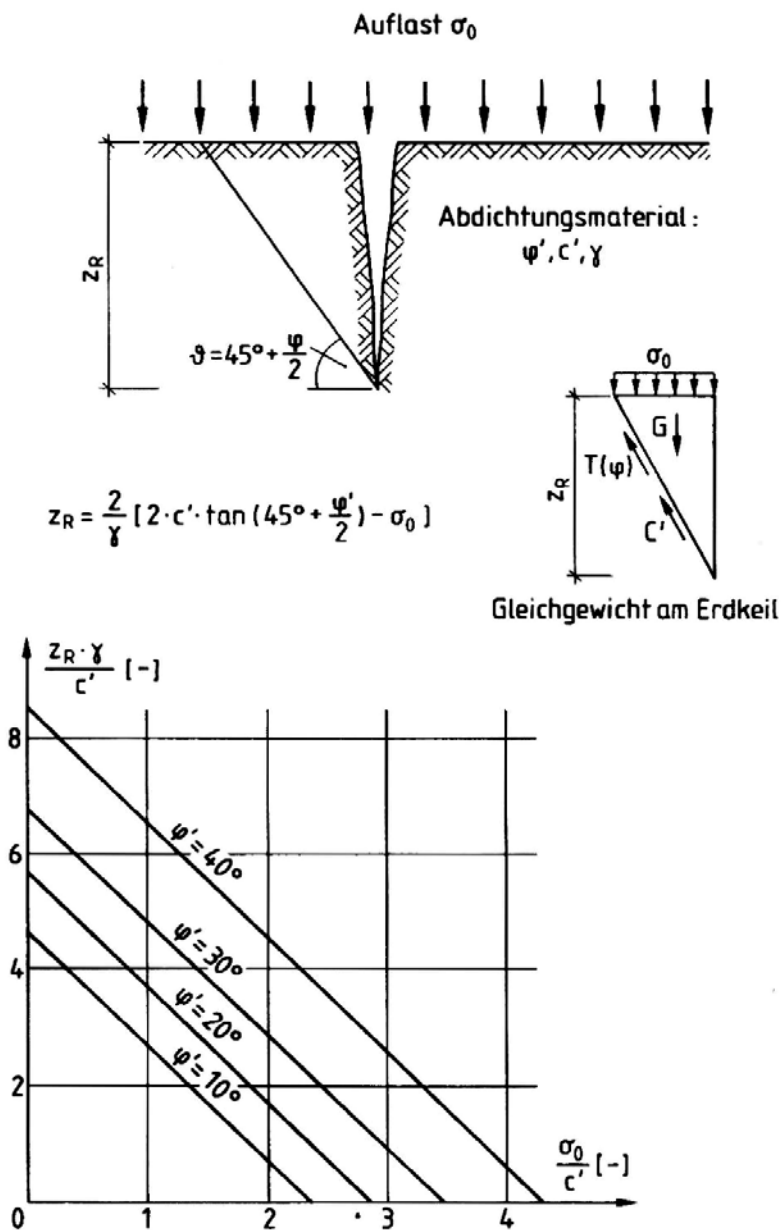


Bild 2-13.2: Auflastwirkung und Rissentwicklung

2.2 Spannungsnachweis

Für den Fall, dass die Dehnungsbedingung gemäß Gleichung (1) nicht erfüllt ist, wird im zweiten Schritt unter Berücksichtigung der Spannungsrandbedingungen geprüft, welcher Grenzzustand der Verformung eintritt. Lokale Scherzonenbildung kann akzeptiert werden, während Rissbildung zum Verlust der Funktionsfähigkeit der Abdichtung führt.

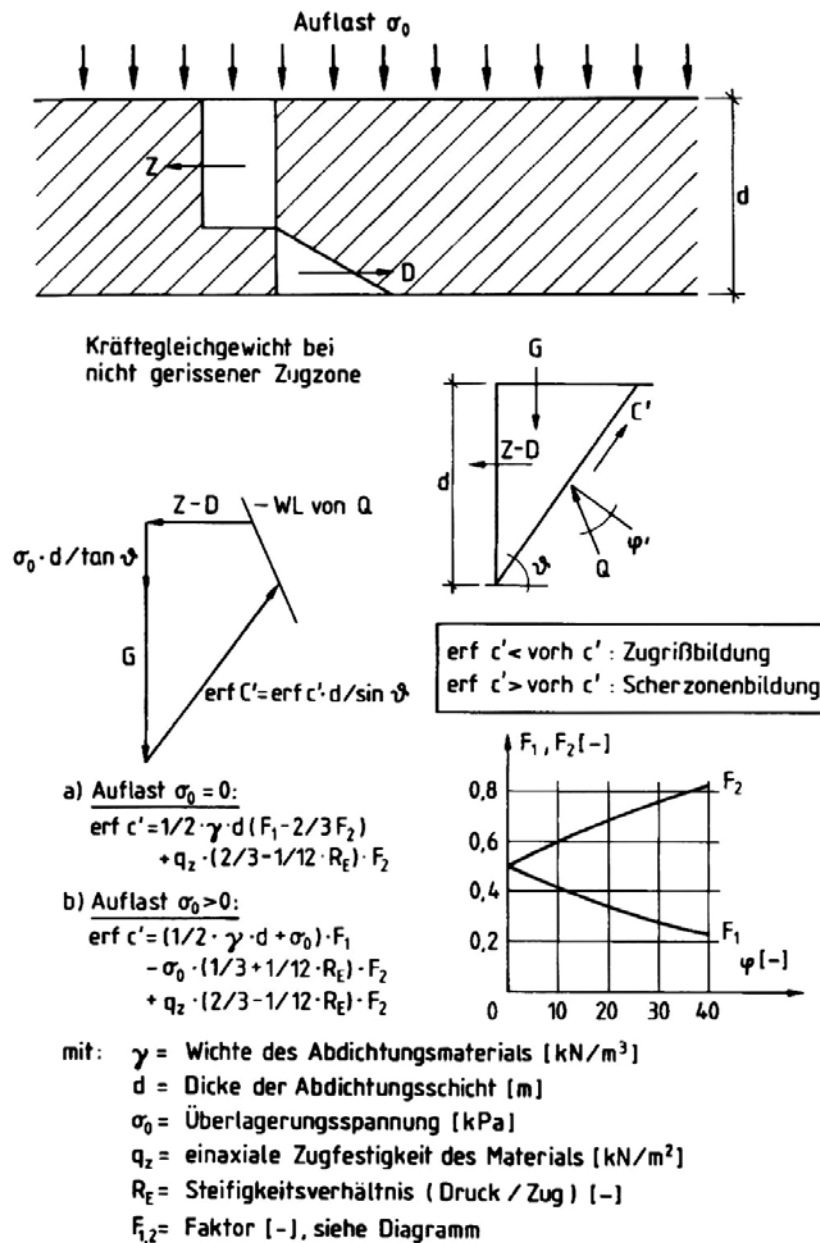


Bild 2-13.3: Biegezugbeanspruchung der verformten Abdichtungsschicht bei nicht gerissener Zugzone nach [SCHERBECK, U. JESSBERGER, 1992]

- a) Erforderliche Auflastspannung ohne Berücksichtigung der aufnehmbaren Biegezugspannung

Die Wirkung der Auflastspannung besteht darin, dass mit zunehmender Auflast resultierende Zugspannungen in der Abdichtung überdrückt werden und damit das Entstehen von Rissen unterbunden wird. Die hierzu erforderliche Auflast σ_0 lässt sich aus der in Bild 2-13.2 dargelegten Situation ermitteln. Die Bestimmungsgleichung für die Höhe z_R einer standfesten, lotrechten Rissflanke zeigt in dem Diagramm von Bild 2-13.2, dass z. B. für bindiges Abdichtungsmaterial mit einem

Reibungswinkel von etwa 20° keine Rissbildung möglich ist, wenn die Auflastspannungen etwa dem dreifachen Kohäsionswert entsprechen.

Die vorhandene Auflastspannung muss um einen Sicherheitsfaktor, der entsprechend DIN 4084, Abschnitt 12, zu wählen ist, größer sein als die rechnerisch erforderliche Auflastspannung.

b) Berücksichtigung der aufnehmbaren Biegezugspannung

Ergibt der Nachweis nach a) keine ausreichende Sicherheit, ist weiterhin zu prüfen, ob bei nichtgerissener Zugzone die verformungsabhängigen Biegezugbeanspruchungen nur zu einer Scherzonenbildung führen. Tritt im Grenzzustand eine Scherzonenbildung ein, ist der Verformungsnachweis geführt, da bei geschlossen bleibenden Scherfugen die Funktionsfähigkeit der Abdichtung weiterhin gewährleistet ist. In dieser Betrachtung wird die vorhandene Materialkohäsion (nach DIN 18137) mit der zur Erzielung eines Kräftegleichgewichtes erforderlichen Kohäsion im Zustand unmittelbar vor einem möglichen Risseintritt verglichen (s. Bild 2-13.3). Ist die erforderliche Kohäsion kleiner als die vorhandene, liegt für den betrachteten Zustand ein stabiles Kräftegleichgewicht vor, und beim nächsten Verformungszuwachs würde eine Rissbildung eintreten. Ist hingegen die erforderliche Kohäsion größer als die vorhandene, sind die Scherwiderstände nicht in der Lage, das beschriebene Gleichgewicht zu halten, und es hat bereits zuvor eine Ausbildung von Scherzonen stattgefunden.

Literatur:

SCHERBECK, R. UND JESSBERGER, H. L., 1992: Zur Bewertung der Verformbarkeit mineralischer Abdichtungsschichten. Bautechnik 9

HENNE, J., 1989: Versuchsgerät zur Ermittlung der Biegezugfestigkeit von bindigen Böden. Geotechnik 12, S. 96-99.

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