



Standortsicherheitsnachweis des Deponiekörpers für die Deponieabschnitte DK 0 und DK I

## **Deponie Albstadt - Schönbuch**

### **Ausbau und Betrieb einer DK I - und DK 0 - Deponie und Weiterbetrieb der DK -0,5 Deponie**

**Vorhabensträger:**

**Landkreis Zollernalbkreis**

## **Impressum**

Antragsteller: **Landkreis Zollernalbkreis**

Hirschbergstraße 29  
72336 Balingen

Auftraggeber: **Landratsamt Zollernalbkreis - Abfallwirtschaftsamt**

Hirschbergstraße 29  
72336 Balingen

Auftragnehmer: **Sweco GmbH**

Jakob-Anstatt-Straße 2  
55130 Mainz

Bearbeitung: Heiko Töhne  
Anna Katharina Haßlinger

Bearbeitungszeitraum: Dezember 2019

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Grundlagen</b>                                 | <b>1</b> |
| <b>2</b> | <b>Anlagen</b>                                    | <b>1</b> |
| <b>3</b> | <b>Veranlassung</b>                               | <b>2</b> |
| <b>4</b> | <b>Beschreibung des Deponiekörpers</b>            | <b>2</b> |
| 4.1      | Untergrundbeschaffenheit                          | 2        |
| 4.2      | Deponiekörper                                     | 2        |
| <b>5</b> | <b>Angaben zum Nachweis der Standsicherheit</b>   | <b>3</b> |
| 5.1      | System  | 3        |
| 5.2      | Lastannahmen                                      | 4        |
| 5.2.1    | Lastfall 1: Endzustand des Deponiekörpers         | 5        |
| 5.2.2    | Lastfall 2: Bau des Oberflächenabdichtungssystems | 5        |
| 5.2.3    | Lastfall 3: Erdbeben                              | 6        |
| 5.3      | Bodenmechanische Kenngrößen                       | 6        |
| 5.4      | Teilsicherheitsbeiwerte                           | 7        |
| <b>6</b> | <b>Ergebnisse</b>                                 | <b>8</b> |

## **1 Grundlagen**

- [1] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 4084:2009-1 Geländebruchberechnung, 2009.
- [2] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke", E 3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen, 2005.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN EN 1997-1:2014-03 : Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, 2014.
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN 1054:2010-12 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, 2010.
- [5] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, DIN EN 1998-1:2010-12, Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, 2010.
- [6] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., DIN-EN 1991-2: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken, 2003.
- [7] K. J. Witt, Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 2009.
- [8] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, DIN EN 1991-1-3 (2010-12), Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten, 2010.
- [9] Sweco, Deponie Schönbuch, Planungsunterlagen, Mai 2019.

## **2 Anlagen**

- [A1] Lageplan OK Endgestaltung mit Schnittlinien zur statischen Berechnung, Sweco, Stand Dezember 2019
- [A2] Schnitte zur statischen Berechnung Gesamtdeponiekörper, Sweco, Stand Dezember 2019
- [A3] Gleitkreise zur Berechnung der Standsicherheit für im Schnitt 1 - Nordböschung
- [A4] Gleitkreise zur Berechnung der Standsicherheit für im Schnitt 2 - Ostböschung

### **3 Veranlassung**

Der Landkreis Zollernalbkreis beabsichtigt zur Sicherstellung der Entsorgung von Erdaushub und mineralischen Abfällen bereits vorhandene Deponien im Kreisgebiet zu übernehmen, auszubauen und weiter zu betreiben. Die Deponie soll für die Ablagerung von Abfällen, die die Zuordnungswerte für DK 0 und DK I gemäß DepV 2017 einhalten, ausgebaut und betrieben werden. Der Ausbau und Betrieb der zu errichtenden Deponie soll entsprechend den Vorgaben der Deponieverordnung DepV erfolgen.

Die DepV gibt in Anhang 5, Nummer 4, Ziffer 7 die Anforderungen an die Standsicherheit des Deponiekörpers wie folgt vor: „Der Deponiekörper muss in sich selbst und in Bezug zu seiner Umgebung in allen Verfüllzuständen standsicher sein.“

Die Standsicherheit des bestehenden Deponiekörpers wurde durch „Prof. Ast Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Projektsteuerung mbH“ im Bericht zur „Beurteilung der Standsicherheit des Bestandes im Januar / April 2018 auf der Basis geotechnischer Feststellungen, Angaben und Berechnungen“ mit Stand vom 24.04.2018 nachgewiesen. Hierfür wurden in drei Profilschnitten die Berechnungen durchgeführt.

In den nachfolgend beschriebenen Berechnungen wird die Standsicherheit des Deponiekörpers im Endzustand nach Verfüllung der Erweiterung um den Deponieabschnitt DK 0 und DK I nachgewiesen.

## **4 Beschreibung des Deponiekörpers**

### **4.1 Untergrundbeschaffenheit**

Die durchgeführten Untergrunduntersuchungen wurden im „Bericht zur geologischen und hydrogeologischen Erkundung des Untergrundes vor dem Hintergrund der Standsicherheit und des Grundwassermonitorings“ der Fa. Ingenum GmbH vom 28.05.2019 zusammengefasst. Die durchgeführte Schurfkampagne zeigt, dass der Untergrund des geplanten DK I - Deponieabschnittes aus natürlich konsolidiertem Boden besteht und daher eine ausreichende Tragfähigkeit des Untergrundes gegeben ist. Weiterhin weisen die im Zuge dessen entnommenen Proben darauf hin, dass auf Grund der ermittelten geotechnischen und chemischen Eigenschaften des Bodens, der Standort als Deponieerweiterung nach erfolgter Bodenverbesserung geeignet ist. Eine geologische Barriere gemäß BQS 2-0 / 9/ bzw. BQA 2.1 / 10/ liegt jedoch nicht vor. Unter dem aufliegenden Oberboden (Ackerboden) ist eine Hanglehm / Hangschutt im Erweiterungsbereich anzutreffen.

### **4.2 Deponiekörper**

Auf der herzustellenden geotechnischen Barriere wird ein Basisabdichtungssystem entsprechend den Vorgaben der DepV abhängig der jeweiligen Deponieklassen DK 0 und DK I aufgebaut. Der darauf aufzubauende Deponiekörper wird in einzelnen Verfüllabschnitten bis zur geplanten Endverfüllung aufgebaut. Die Größe der Verfüllabschnitte richtet sich nach dem entsprechenden Bedarf an Ablagerungsvolumen zum Zeitpunkt der Verfüllung. Oberhalb der geplanten Endverfüllung wird entsprechend den Vorgaben der DepV ein Oberflächenabdichtungssystem bzw. eine Rekultivierung aufgebracht. Der Endzustand des Deponiekörpers beschreibt die Oberkante der Rekultivierungsschicht.

## **5 Angaben zum Nachweis der Standsicherheit**

### **5.1 System**

Ausgehend von den erforderlichen Sicherheitsnachweisen im Erd- und Grundbau werden folgende Beanspruchungen des Deponiekörpers einschließlich der Dichtungsschichten untersucht:

- Die Gesamtstandsicherheit der Deponie mit der Gelände- und Böschungsbruchsicherheit
- Die Standsicherheit der Deponieabdichtungssysteme (BAS und OFA)

Die Standsicherheitsberechnungen der Abdichtungssysteme liegen dem Planfeststellungsantrag in den Anlagen 7 und 8 bei.

Die Gesamtstandsicherheit der Böschungen der Deponie ist für den Grenzzustand GEO 3 – Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit mit den Berechnungsgrundlagen und Berechnungsverfahren nachzuweisen. Der Böschungsbruch umfasst einen Bruchkörper in der Böschung ohne tief in den Baugrund einzugreifen. Der Nachweis wird mit kreisförmigen Gleitflächen, mit der Lamellenmethode nach Bishop, geführt.

Beim Geländebruch greift der Bruchvorgang auch in den Baugrund ein. Ursache ist eine ungenügende Scherfestigkeit des Baugrundes. Die Berechnung erfolgt ebenfalls für den Grenzzustand GEO 3 mit kreisförmigen Gleitflächen und mit der Lamellenmethode nach Bishop.

Zur Untersuchung der Standsicherheit des Gesamtdeponiekörpers im Endzustand wurden zwei maßgebende Schnittlinien untersucht:

- Schnitt 1 - Nordböschung:  
Gefälle im Endzustand 1:3; Böschungslänge: ca. 130 m
- Schnitt 2 - Ostböschung, Anschlussbereich Bestandsdeponie:  
Gefälle im Endzustand 1:2, Böschungslänge: ca. 52 m

Der nachfolgende Lageplanausschnitt stellt die Lage dieser beiden maßgebenden Schnittlinien dar.



## 5.2 Lastannahmen

Die Standsicherheit des Deponiekörpers ist nach aktuellen nationalen und europäischen Normen mit dem Teilsicherheitskonzept zu führen. Der Nachweis wird in der Anlehnung an die Gesamtstandsicherheit im Grenzzustand GEO-3 nach EC7 geführt. Betrachtet wird der Böschungs-/Geländebruch nach DIN 4084 [1] – Nachweis der Gleitsicherheit in potenziellen Gleitflächen innerhalb des Deponiekörpers und dessen Untergrund. Untersucht werden die Lastfälle BS-P, BS-T und BS-E mit den Teilsicherheiten nach [5].

Für den Endzustand des Gesamtdeponiekörpers gilt BS-T für die vorübergehende Bemessungssituation für zeitlich begrenzte Zustände, im Wesentlichen der Bauzustand. Damit werden das Eigengewicht der Abdeckschichten, der Einstau der Dränage und Baugeräte auf der Böschung berücksichtigt.

Für die Gesamtstandsicherheit des Deponiekörpers werden drei Lastfälle in verschiedenen Betriebszuständen betrachtet.

### 1- Endzustand des Deponiekörpers

Zustand nach Aufbringen des Oberflächenabdichtungssystems nach Abschluss des Deponiebetriebes  
(Annahme des Oberflächenabdichtungssystems als unveränderliche und dauerhafte Last)

### 2- Bau der Oberflächenabdichtung

Baubetrieb des Oberflächenabdichtungssystems nach Endverfüllung des Deponiekörpers und

Abschluss des Deponiebetriebes

(Annahme des Oberflächenabdichtungssystems als unveränderliche und dauerhafte Last, mit zusätzlicher Verkehrslast des Baubetriebes in Form einer Planierraupe zum Einschieben des Rekultivierungsbodens)

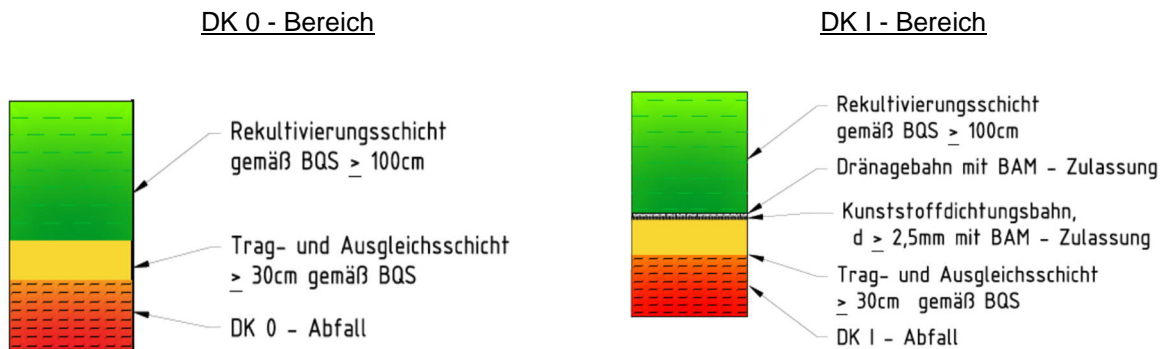
### 3- Veränderliche Einwirkung aus Erdbeben

Der Standort der Deponie befindet sich nach der Karte der Erdbebenzonen in Baden-Württemberg in der Erdbebenzone 3. Demzufolge sind bei den Standsicherheitsberechnungen zusätzliche Massenkkräfte anzusetzen.

## 5.2.1 Lastfall 1: Endzustand des Deponiekörpers

Für den Endzustand des Deponiekörpers wird die Rekultivierung und das Oberflächenabdichtungssystem gem. DepV als ständige Last auf dem Gesamtdeponiekörper angenommen. Diese Last wird gleichmäßig im Böschungs- als auch im Plateaubereich angenommen.

Die nachfolgenden schematischen Darstellungen zeigen den Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems für die Bereiche der DK I und DK 0 - Deponie.



Vereinfacht wird für die ständige Belastung ein gleichwertiges Dichtungssystem mit einer Dichtungsmächtigkeit von 1,30 m (1,00m Rekultivierung, 0,30m Ausgleichsschicht) angenommen.

Der Boden wird in die Kategorie U für Schluff mit einer Bodenwichte von  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^2$  angenommen, sodass sich für die Belastung aus dem Oberflächenabdichtungssystem folgende Annahme treffen lässt:

$$f_{\text{Oberflächenabdichtung}} = \gamma \times d = 20 \text{ kN/m}^2 \times 1,30 \text{ m} = 26 \text{ kN/m}$$

## 5.2.2 Lastfall 2: Bau des Oberflächenabdichtungssystems

Neben dem Endzustand mit fertiggestelltem Oberflächenabdichtungssystem wird auch der Bau der Abdichtung mit Einbau der finalen Rekultivierungsschicht als zusätzliche Verkehrslast berücksichtigt.

Es wird angenommen, dass der Einbau des Rekultivierungsboden durch einen Bagger Caterpillar CAT 318 C im vor-Kopf-Verfahren erfolgt und anschließend mit einer Raupe im vor-Stoß-Verfahren eingebaut wird. Hierfür werden dabei folgende Parameter angenommen:



**Caterpillar CAT 318 C**

|                         |       |     |
|-------------------------|-------|-----|
| Eigengewicht $G_R$      | 200   | kN  |
| Kettenbreite $b_R$      | 0,6   | m   |
| Kettenlänge $l_R$       | 3,26  | m   |
| Fahrgeschwindigkeit $v$ | 0,833 | m/s |
| Bremsverzögerung $t$    | 2,0   | s   |

Die zusätzliche Verkehrslast durch den Baubetrieb der Oberflächenabdichtung ergibt sich somit zu:

$$p = \frac{200 \text{ kN}}{1,20 \text{ m} \times 3,26 \text{ m}} \cong 50 \text{ kN/m}^2$$

**5.2.3 Lastfall 3: Erdbeben**

Die Erdbebeneinwirkung wird als auf die Bruchkörper der Geländebruchberechnungen einwirkende horizontale und vertikale Massenkraft nach DIN 1998-1 und -5 inkl. NA mit:

$$k_h = a_g \div g \times S \div r$$

und

$$k_v = 0,33 \times k_h$$

mit  $g$  = Erdbeschleunigung [ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ]  
 $a_g$  = örtliche Erdbebenbeschleunigung [ $\text{m/s}^2$ ]  
 $S$  = 0,75 – 1,50 (Tabelle NA.4)  
 $r$  = 1,0 – 2,0 (Tabelle 7.1)

Für Balingen gilt Erdbebenzone 3 mit nachfolgenden Kennwerten:

$$\begin{aligned} a_g &= 0,8 \text{ m/s}^2 \\ S &= 1,50 \\ r &= 1,0 \end{aligned}$$

Demnach ergeben sich für die anzusetzenden einwirkenden Massenkkräfte:

$$\begin{aligned} k_h &= 0,122 \\ k_v &= 0,04 \end{aligned}$$

Für die Erdbebeneinwirkung gilt die Bemessungssituation BS-E gem. DIN 1054 mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{QS} = 1,0$ .

**5.3 Bodenmechanische Kenngrößen**

In der nachfolgenden Tabelle sind die Bodenparameter für die erdstatischen Berechnungen dargestellt. Für den Deponiekörper wurden die Parameter bzw. Kenngrößen angenommen und basieren auf Erfahrungswerte, die naturgemäß eine Spannweite aufweisen. Die Kennwerte des Untergrundes basieren auf

den Ergebnissen der durchgeführten Erkundungsbohrungen sowie auf den Standsicherheitsberechnungen zum bestehenden Deponiekörper.

| Bodenart                     | Reibungswinkel<br>$\varphi$ [°] | Kohäsion<br>$c$ [kN/m <sup>2</sup> ] | Bodenwichte<br>$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| Deponat (Erde und Bauschutt) | 22,5                            | 15                                   | 20   |
| Deponat vorh. Deponie        | 22,5                            | 15                                   | 20   |
| Untergrund Weißjura Fels     | 40                              | 0                                    | 21   |

Für den Schnitt 1 - Nordböschung wurde die Verwitterungsschicht nicht berücksichtigt, da die im Rahmen der Baumaßnahme zur Basisabdichtung rückgebaut wird und entsprechend durch den Aufbau des Basisabdichtungssystems ersetzt wird.

Der Schnitt 2 - Ostböschung schneidet den vorhandenen Deponiekörper, sodass an dieser Stelle der vorhandene Deponiekörper unterhalb der geplanten Basisabdichtung Deponiekörper berücksichtigt wird.

## 5.4 Teilsicherheitsbeiwerte

Entsprechend den Vorgaben des EC 7 werden für die anzusetzenden Einwirkungen zusätzliche Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt, die sich nach den Grenzzuständen und der Art der Beanspruchung richten. Die nachfolgende Tabelle stellen die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte für die oben beschriebenen Einwirkungen zusammen.

| Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen                 |               |      |      |      |
|--|---------------|------|------|------|
| Einwirkungen bzw. Beanspruchungen  | Formelzeichen | BS-P | BS-T | BS-A |
| <u>GEO-3</u> : Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtsicherheit |               |      |      |      |
| Ständige Einwirkungen  | $\gamma_G$    | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Ungünstige veränderliche Einwirkungen  | $\gamma_Q$    | 1,30 | 1,20 | 1,00 |

| Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Größen  |                                  |      |      |      |
|---|----------------------------------|------|------|------|
| Bodenkenngößen  | Formelzeichen                    | BS-P | BS-T | BS-A |
| <u>GEO-3</u> : Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtsicherheit              |                                  |      |      |      |
| Scherfestigkeit des dränierten Bodens<br>Reibungswinkel $\tan \varphi'$ und Kohäsion $c'$ | $\gamma_{\varphi'}, \gamma_{c'}$ | 1,25 | 1,15 | 1,10 |

## 6 Ergebnisse

Die erdstatischen Berechnungen wurden für zwei ausgewählte Schnitte innerhalb des geplanten Deponiekörpers im Endzustand an den maßgebenden Böschungen durchgeführt. Die entsprechenden Planunterlagen mit Lage der Schnittführungen und den Schnitten liegen der Anlage zu diesem Bericht bei.

Die Berechnungen beschreiben den Zustand der Deponie nach Endverfüllung und Aufbringen eines Oberflächenabdichtungssystems entsprechend den Vorgaben der DepV und sind unabhängig der statischen Berechnungen zu den Dichtungssystemen.

Mit den gewählten Bodenkenngrößen wurde eine ausreichende Standsicherheit des Deponiekörpers in den maßgebenden Böschungsschnitten nachgewiesen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengefasst. Der zulässige Auslastungsgrad  $\mu = 1,0$  wird im Bauzustand (BS-T), im Endzustand (BS-P) und im Falle eines Erdbebens (BS-E) nicht überschritten.

| Lastfall / Bemessungssituation | Schnitt 1<br>Nordböschung | Schnitt 2<br>Ostböschung |
|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Endzustand (BS-P)              | 0,75                      | 0,90                     |
| Bauzustand (BS-T)              | 0,70                      | 0,84                     |
| Erdbeben (BS-E)                | 0,84                      | 0,91                     |

Die Berechnungen der Gleitkreise für alle Bemessungssituationen und Schnitte liegen der Anlage zu diesem Bericht bei.

Die Standsicherheit der Böschungen des geplanten Deponiekörpers im Endzustand können für alle Bemessungssituationen nachgewiesen werden.

Die Verfüllung des Deponiekörpers erfolgt in einzelnen Abschnitten mit einem entsprechend verdichteten Einbau, sodass die Standsicherheit des Deponiekörpers auch während der Verfüllphase gegeben ist. Im Rahmen des Deponiebetriebs ist die Standsicherheit gemäß den Vorgaben der DepV regelmäßig zu beobachten und nachzuweisen.