



Eckle GmbH Bauunternehmen

Steinbruch Albeck – BImSchG Antrag auf Steinbrucherweiterung

Anlagen

Anlage 2:

Standortsicherheitsnachweis



Standort/ Vorhaben

**Änderung der Rekultivierung des bestehenden
Steinbruchs Albeck und Erweiterung des Steinbruchs**

Gutachten/ Bericht

Standortsicherheitsnachweis der Abbauhohlform



Auftraggeber:	ECKLE GmbH Bauunternehmen Kiesgräble 16 89129 Langenau		
Projekt- Standort:	Änderung der Rekultivierung des bestehenden Steinbruchs Albeck und Erweiterung des Steinbruchs		
Auftrag:	Standortsicherheitsnachweis der Abbauhohlform		
Auftrag-Nr.:	2016-05-001	Bericht-Nr.:	2016-05-001/3-04
Umfang:	12 Seiten 7 Tabelle 1 Abbildung 6 Anlagen	Erstellt A. Veigel 04.08.2023	Geprüft A. Veigel 04.08.2023
		Freigegeben A. Veigel 04.08.2023	
Inhalt und redaktioneller Aufbau dieses Gutachtens unterliegen urheberrechtlicher Bestimmungen. Die Weitergabe dieses Gutachtens sowie die Verwertung (auch auszugsweise bzw. Anlagen) oder Verwendung für werbliche Zwecke ist nur mit schriftlichem Einverständnis der Geo + Plan Geotechnik GmbH gestattet. Dies gilt auch für Veröffentlichungen (Ausdruck, Internet).			
Information Ablage:	K:\ECKLE\Albeck\lic_2016-05-001_03_Standortsicherheit Abbauhohlform\B_Bearbeitung\04_Berichte\2016-05-001_3-04b Bericht _Standortsicherheit Abbauhohlform.Docx		

Inhaltsverzeichnis

1	Vorhaben, Veranlassung	4
1.1	Vorhaben	4
1.2	Veranlassung.....	4
2	Verwendete Planungsunterlagen und Gutachten	4
3	Aufbau der Abbauhohlform	4
3.1	Abbausohle.....	4
3.2	Nördlicher und westlicher Böschungsbereich	4
3.3	Südlicher Böschungsbereich	5
4	Schichtenaufbau	6
5	Böschungshöhen, Böschungsneigungen	6
6	Standsicherheitsnachweis gegen Böschungsbruch	6
6.1	Geotechnischen Kategorie.....	7
6.2	Geotechnische Erkundung.....	7
6.3	Bestimmung der für die Beurteilung und die Berechnung notwendigen Baugrundkenngößen	8
7	Standsicherheitsnachweis im Grenzzustand GEO-3 (vormals GZ 1C) ..	8
7.1	Vorgehen bei der Erstellung des Standsicherheitsnachweises.....	8
7.2	Bemessungssituationen.....	9
7.3	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände GEO-3.....	10
8	Bodenkennwerte und Scherparameter	10
9	Verkehrslast	11
10	Erdbeben	11
11	Ermittlung des Auslastungsgrades	11
12	Ergebnisse der Standsicherheitsnachweise	11
13	Bewertung	12
14	Ausführungshinweise	12

Anlagen

1. Pläne

- Anlage 1.1 : Bestandslageplan mit geologischen Grenzen im Maßstab M 1: 1.250
- Anlage 1.2 : Lageplan der Abbauhohlform (Ausschnitt aus Ingenieurbüro Dörr: Abbauplan) mit geologischen Grenzen und Darstellung der berechnungsrelevanten Schnittführung im Maßstab M 1: 1.250

2. Berechnung Böschungsbruch

2.1 Standsicherheit der Böschung der Abbauhohlform im Bereich der Unteren Süßwassermolasse (südliche Böschung)

- Anlage 2.1.1 : Standsicherheit der Böschungen der Abbauhohlform im Bereich der Unteren Süßwassermolasse im Bereich der südlichen Böschung (Bemessungssituation BS-T) im Maßstab M 1: 750
- Anlage 2.1.2 : Standsicherheit der Böschungen der Abbauhohlform im Bereich der Unteren Süßwassermolasse im Bereich der südlichen Böschung (Bemessungssituation BS-P) im Maßstab M 1: 750

2.2 Standsicherheit zum Neuaufbau der westlichen Abbauböschung oberhalb der obersten Berme

- Anlage 2.2 : Standsicherheit zum Neuaufbau der westlichen Abbauböschung oberhalb der obersten Berme, erstellt durch Huesker Synthetic GmbH

3. Bodenkennwerte

- Anlage 3.1 : Laborergebnisse Untere Süßwassermolasse
- Anlage 3.2 : Berechnungsrelevanter Profilschnitt BS1 – BS1': Rechnerische Herleitung der Bodenkennwerte anhand bestehender temporärer Böschungen (Bemessungssituation BS-T) im Maßstab M 1: 500

Unterlagen

- DIN 1054: 2010-12: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
- DIN 1055-2:2010-11: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen
- DIN 4084:2009-01: Gelände- und Böschungsbruchberechnungen
- DIN EN 1991-1-3/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: 2010-12 Einwirkungen auf Tragwerke

1 Vorhaben, Veranlassung

1.1 Vorhaben

Die ECKLE Bauunternehmen GmbH stellt den Antrag auf immissionsschutzrechtliche Genehmigung zur Erweiterung des Steinbruchs Albecks sowie zur Änderung der Rekultivierung im bestehenden Steinbruch.

1.2 Veranlassung

Für das immissionsschutzrechtliche Genehmigung wurden mit den vorliegenden Unterlagen die notwendigen erdstatischen Nachweise für die Abbauhohlform erstellt (siehe Abschnitt 3.2). Es handelt sich dabei um die Endstellung des Abbaus. Die vorliegenden Berechnungen beinhalten keine Zwischenbauzustände.

2 Verwendete Planungsunterlagen und Gutachten

Dem Gutachten liegen die folgenden Fachanlagenteile zugrunde:

- Ingenieurbüro Dörr Unterlagen zum Antrag auf immissionsschutzrechtliche Genehmigung:
 - Plan AI-Dö-Se01_G04: Abbauplan
- Geo + Plan Geotechnik GmbH
 - Hydrogeologisches Standortgutachten zum Steinbruch.

3 Aufbau der Abbauhohlform

3.1 Abbausohle

Die Abbausohle verläuft im Malmkalk.

3.2 Nördlicher und westlicher Böschungsbereich

Die Gesamtböschungshöhen liegen zwischen 38 m und 68 m. Die Berechnung der Standsicherheit der Kalksteinböschungen ist nicht Gegenstand des Gutachtens. Der geplante Böschungswinkel der drei Teil-Abbauböschungen beträgt nach Planung des Ingenieurbüros Dörr

(2022: Seite 17) 85°. Es sind drei Bermen mit Bermenbreite im Endabbauzustand von 3 m geplant. Es wird an dieser Stelle auf die Einhaltung der Vorgaben der BG Bau: BGV C11: Unfallverhütungsvorschrift Steinbrüche, Gräbereien und Halden verwiesen. Bei allen Arbeiten ist die Arbeitssicherheit (z.B. gegen herabfallende Steine, Blöcke und Gesteinspartien aus den Steinbruchwände) jederzeit zu gewährleisten. Es wird empfohlen, eine Sicherheitsbeurteilung der Felsböschungen nach Erreichen der Endstellung des Abbaus durchzuführen. Um auf Inhomogenitäten im Fels rechtzeitig reagieren zu können, wird empfohlen, die Sicherheitsbeurteilung jeweils bei Erreichung der letzten 4 Sprengungen einzubinden.

Im oberen Böschungsbereich der nördlichen, westlichen Böschung erfolgte der Neuaufbau der Abbauböschung oberhalb der oberen Abbauberme. Beim Neuaufbau der Abbauböschung handelt es sich um eine geokunststoffbewehrte Stützkonstruktion, welche mit einem Böschungswinkel von 85° errichtet wurde (Anlage 2.4).

3.3 Südlicher Böschungsbereich

Die südliche Abbauböschung besteht im unteren Bereich aus Malmkalk und im oberen Bereich zum überwiegenden Teil aus Schluff und Mergel der Unteren Süßwassermolasse. Für den basalen Bereich der Böschungen (Malmkalk) gelten die Ausführungen in Abschnitt 3.2. Im Bereich der Unteren Süßwassermolasse ist die Böschungsneigung entsprechend den Ergebnissen der Standsicherheitsberechnungen (Anlage 2.1.1-2) abzuflachen. Weiterhin sind Bermen vorzusehen.

4 Schichtenaufbau

Die Böschungen sind wie folgt aufgebaut:

Tab. 1: Schichtenaufbau, Bodenbeschreibung nach hydrogeologisch-geotechnischem Standortgutachten

	Benennung der Schicht	Bodenbeschreibung	Schichtdicke
	Verwitterungshorizont	Steine und Blöcke in schluffig-sandiger Matrix oberhalb des Kalksteins und der Unteren Süßwassermolasse im südlichen und westlichen Böschungsbereich	0 m bis 7 m
	Untere Süßwassermolasse	Schluff- und Tonstein, oberflächennah aufgewittert (Bodengruppe UM bis TM) oberhalb des Kalksteins im südlichen Böschungsbereich	0 m bis 40 m
	Malmkalk	Kalkstein unter der Abbausohle	> 100 m

5 Böschungshöhen, Böschungsneigungen

Im Folgenden sind die Böschungshöhen und -neigungen sowie der Aufbau des Untergrunds zusammengestellt:

Tab. 2: Böschungshöhen und -neigungen sowie Aufbau des Untergrunds nach hydrogeologisch-geotechnischem Standortgutachten

	Böschungshöhe	Böschungsneigung Bestand	Aufbau
Nördliche Böschung	Gesamthöhe bis 54 m ab Abbausohle mit Bermen	85°	Kalkstein des Malm. oberer Böschungsbereich Neuaufbau der Abbauböschung oberhalb der oberen Abbauberme, bestehend aus geokunststoffbewehrter Stützkonstruktion
Westliche Böschung	Gesamthöhe bis 57 m ab Abbausohle mit Bermen	85°	Kalkstein des Malm, oberer Böschungsbereich Verwitterungsmaterial
Südliche Böschung	Gesamthöhe bis 64 m ab Abbausohle mit Bermen, 1: 2 , (Einfallen der Böschung 26,6°)	30° und 40°	Mergel und Schluff der Unteren Süßwassermolasse

6 Standsicherheitsnachweis gegen Böschungsbruch

Für die südlichen Böschungsbereiche der Unteren Süßwassermolasse ist die Sicherheit der Abbauhohlform gegen Böschungsbruch nachzuweisen. Zur geotechnischen Situation im Bereich der Nord- und Westböschung siehe Abschnitt 3.2. Für die Berechnungen der Sicherheit gegen Geländebruch wurde das Programm DC-Böschung/Win Version 8.4.2 verwendet. Die Berechnungen erfolgten nach DIN 4084: 2009-1 nach Eurocode 7 mit Teilsicherheitsbeiwerten nach

DIN EN 1997-1, DIN 1054: 2010-12. Der Nachweis erfolgte für den Grenzzustand nach GEO-3 (Gesamtstandsicherheit) mit Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen und Beanspruchungen (DIN 1054: 2010-12: Tabelle A.2.1: GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit) und Teilsicherheitsbeiwerten für geotechnische Kenngrößen (DIN 1054: 2010-12: Tabelle A.2.2: GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit).

6.1 Geotechnischen Kategorie

Der Abbau ist wegen der Gesamthöhe von mehr als 10 m nach 1054: 2010-12 Tabelle AA.1 Situation 11 (Hänge, Böschungen allgemein bei mehr als 10 m Höhe) der geotechnischen Kategorie GK3 zuzuordnen.

6.2 Geotechnische Erkundung

Entsprechend der Einstufung der geotechnischen Kategorie sind nach DIN EN 1997-2:2010-10 direkte Aufschlüsse erforderlich. Informationen zum geologischen Aufbau des Untergrunds wurden aus dem hydrogeologischen Standortgutachten übernommen. Die Aufschlüsse erfolgten mit Rammkernbohrungen bis in den repräsentativen Homogenbereich des Kalksteins des Malm. Die vor Ort angetroffenen freiliegenden großflächigen Abbauböschungen erschließen die für den Endausbauzustand relevanten Schichten. Damit konnte eine flächige repräsentative geologische Aufnahme als baugrundgeologische Kartierung des Abbaus durchgeführt werden. Das großräumig homogene geotechnische Modell der Tone und Mergel der Unteren Süßwassermolasse, welche mit einem Verwitterungshorizont überlagert sind, wurde mit den Bohrungen und mit der Kartierung bestätigt. Die Sohle der Unteren Süßwassermolasse ist wannenförmig in eine prätertiäre Hohlform des Kalksteines eingelagert (hydrogeologisch-geotechnisches Standortgutachten). Die Abweichung der gewählten Bohrabstände von den Beispielen für Empfehlungen von Untersuchungsabständen aus Anhang B.3 DIN EN 1997-2:2010-10 ist aus baugrundgeologischer Sicht wegen den nachgewiesenen eindeutigen baugrundgeologischen Verhältnissen gerechtfertigt. Aus diesem Grund wurde auf eine Verfeinerung des Bohrrasters verzichtet. Zur Bestätigung der prognostizierten geotechnischen Verhältnisse hat die spätere Freilegung der Böschungen unter geotechnischer Fachaufsicht mit geotechnischer Aufnahme und Bewertung der anstehenden Schichten zu erfolgen. Für den basalen Bereich der Malmkalk-Böschungen gelten die Ausführungen in Abschnitt 3.2.

6.3 Bestimmung der für die Beurteilung und die Berechnung notwendigen Baugrundkenngrößen

Entsprechend der Einstufung der geotechnischen Kategorie müssen nach den Vorgaben DIN EN 1997-2:2010-10 die für die Beurteilung und die Berechnung notwendigen Baugrundkenngrößen versuchstechnisch und/oder mit Hilfe von Korrelationen bestimmt werden (DIN 4020: 2010-12 Abschnitt A 2.2.3 A(2)).

Infolge der vorhandenen Abbauböschungen mit relativ steilen Böschungsneigungen entspricht der gesamte Abbau einem langfristigen Großfeldversuch aus dem die Bodenkennwerte abgeleitet werden können (Anlage 3.2). Die Herleitung ist für die zu beurteilende Schichten repräsentativer als die Detailbetrachtung mit Laborversuchen. Die Festlegung von repräsentativen für die Berechnung notwendigen Bodenkennwerten (Reibungswinkel, Kohäsion) der natürlich anstehenden Bodenmaterialien erfolgt dabei unter Berücksichtigung von Laboruntersuchungen (Anlage 4.1: Siebungen, Siebschlammungen, Scherversuch) durch die rechnerische Überprüfung der Standsicherheiten des steilsten Böschungsabschnittes des Homogenbereiches der vorhandenen Teil-Abbauböschungen (Böschungswinkel oberer Bereich 43°, unterer Böschungsbereich 30°), unter Ansatz des Grenzgleichgewichtes und der Bemessungssituation BS-T für zeitlich begrenzte Zustände (Anlage 3.2). Durch den Ansatz der Bemessungssituation BS-T, anstatt der Bemessungssituation B-P für langjährige Standzeiten ergeben sich die rechnerisch eher ungünstige, weil geringere Werte zum Erreichen des Grenzgleichgewichtes.

7 Standsicherheitsnachweis im Grenzzustand GEO-3 (vormals GZ 1C)

7.1 Vorgehen bei der Erstellung des Standsicherheitsnachweises

Eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen wird nach DIN 4084:2009-01 eingehalten, wenn die Bedingung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfüllt ist. Der Ausnutzungsgrad μ ergibt sich dabei aus dem Verhältnis der Summe der Einwirkungen und der Summe der Widerstände:

$$\mu = \frac{E}{R} < 1$$

Ein Auslastungsgrad von weniger als 1 ist nachzuweisen.

Die Berechnung der Standsicherheit wurde mit Gleitkreisen nach BISHOP als Iterationsverfahren mit variierenden Kreismittelpunkten und Radien durchgeführt.

7.2 Bemessungssituationen

Im Rahmen des vorliegenden Nachweises wird von folgenden Bemessungssituationen ausgegangen (DIN 1054: 2010-12, Seite 19):

Bemessungssituation BS-P - für den Standsicherheitsnachweis der langjährigen Standzeit der südlichen Abbauböschung:

- Ständige Situationen (Persistent situations), die den üblichen Nutzungsbedingungen entsprechen
- Ständige und während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen

Bemessungssituation BS-T - für den Standsicherheitsnachweis der kurz- und mittelfristigen Standzeit der Profilierung auf der südlichen Abbauböschung der USM-Mergel und Schluffe:

- vorübergehende Situationen (Transient situations), die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen wie z.B.:
 - Bauzustände bei der Herstellung eines Bauwerks
 - Bauzustände an einem bestehenden Bauwerk, z.B. Reparaturen oder infolge von Aufgrabungs- oder Unterfangungsarbeiten
 - Baumaßnahmen für vorübergehende Zwecke, z.B. Baugrubenböschungen und Baugrußenkonstruktionen

7.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände GEO-3

Nach DIN 1054: 2010-12, Tab A.2.1 sind bezogen auf die Bemessungssituationen die folgenden Teilsicherheitsbeiwerte anzusetzen:

Tab. 3: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen nach DIN 1054: 2010-12: Tab A.2.1:

Einwirkungen bzw. Beanspruchungen		BS-P	BS-T
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände sind DIN 1054: 2010-12, Tab. A.2.2 zu entnehmen.

Tab. 4: Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände nach DIN 1054: 2010-12, Tab. A.2.2:

Einwirkungen bzw. Beanspruchungen		BS-P	BS-T
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des drainierten Bodens γ_φ	γ_φ	1,25	1,15
Kohäsion c' des Bodens	γ_c		

8 Bodenkennwerte und Scherparameter

In folgender Tabelle sind die für die Berechnungen verwendeten Bodenkennwerte und Scherparameter zusammengestellt.

Tab. 5: Angesetzte Bodenkennwerte und Scherparameter zur Berechnung der Standsicherheit der Abbauböschungen im Bereich der Unteren Süßwassermolasse

Bodenmaterial	Boden- gruppe (vermutet) DIN 18196	Boden- klasse DIN 18300 _{alt}	Lager- ungs- dichte/ Konsis- tenz	Wichte erdfeucht γ [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ [Grad]	Kohäsion c' [kN/m ²]
Untere Süßwasser- molasse (Bauzustand: BS-T) ²⁾	TM	6, 7	halbfest bis fest	19 bis 20	24 (Schluff mit Mergel) bis 27 (Mergel)	20 (Schluff mit Mergel) bis 22 (Mergel)
Untere Süßwassermo- lasse (langjährig: BS-P) ²⁾	TM	5, 6, 7	Steif bis halbfest	18 bis 20	23 (Schluff mit Mergel) bis 25 (Mergel)	18 (Schluff mit Mergel) bis 20 (Mergel)
Malmkalk ³⁾	---	6, 7	Festge- stein	24 bis 25	60	50

1) Wichte erdfeucht, wassergesättigt und Wichte unter Auftrieb abgeschätzt nach DIN 1055-2 und Empfehlung des Arbeitskreises Baugruben EAB 2006: Seite 73-79

2) Bodenkennwerte entsprechend rechnerischer Herleitung

3) Erfahrungswert

9 Verkehrslast

Die Bermen und Böschungen werden nicht befahren. Die Berechnungen beinhalten die Endstellung des Abbaus und keine Zwischenbauzustände. Verkehrslasten werden daher bei der Berechnung nicht angesetzt.

10 Erdbeben

Nach DIN 4149 – Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Ausgabe 2005 und der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg gehört Albeck (PLZ: 89129), zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse R.

11 Ermittlung des Auslastungsgrades

Zur Ermittlung des Auslastungsgrades werden die Einwirkungen E den Widerständen R gegenübergestellt.

$$\mu = \frac{E}{R} < 1$$

12 Ergebnisse der Standsicherheitsnachweise

Die Berechnung der Standsicherheit der Abbauwanne im Bereich der Unteren Süßwassermolasse nach BISHOP mit Iteration von Mittelpunkt und Radius unter Ansatz der inneren Reibungswinkel entsprechend Tabelle 5 ergab Auslastungsgrade von < 1 wie folgt:

Tab. 6: Ergebnisse des Standsicherheitsnachweises (Angabe der Einbauhöhen vertikal, entspricht nicht den Längen in Böschungseinfallrichtung):

Bausituation	Bemessungssituation	Auslastungsgrad μ	Anlage
Südböschung USM (nicht befahrbar)	BS-P	0,81	Anlage 2.1.1
Südböschung USM (nicht befahrbar)	BS-T	0,94	Anlage 2.1.2

Die Berechnung der Standsicherheit der Abbauböschung nach BISHOP mit Iteration von Mittelpunkt und Radius unter Ansatz der inneren Reibungswinkel entsprechend Tabelle 6 ergab einen ausreichenden Auslastungsgrad von 0,81 bis 0,94 und damit von < 1 .

13 Bewertung

Der Standsicherheitsnachweis ergab, dass ein Auslastungsgrad von < 1 nachgewiesen wurde. Die Abbauböschung im Bereich der Unteren Süßwassermolasse ist im frischen Zustand nach Fertigstellung unter Ansatz der o.g. Bodenkennwerte und charakteristischer Scherparameter entsprechend vorliegenden Planunterlagen als standsicher zu bewerten. Die Abbauhohlform ist im südlichen Böschungsbereich im Bereich der Unteren Süßwassermolasse auch in der Bemessungssituation BS-P (langjährige Standzeit der Böschung) mit reduzierten Bodenkennwerten als standsicher zu bewerten. Die Laborergebnisse (Anlage 3.1) zeigen aber, dass das Material frostempfindlich ist und oberflächennah aufwittert.

14 Ausführungshinweise

Die Abbauhohlform im Bereich der Unteren Süßwassermolasse wird im Lauf der Verfüllung sukzessive überbaut. Sie ist damit über mehrere Jahre freistehend. Die aus aufgewittertem Material bestehenden Schutthalden am Böschungsfuss der bestehenden Abbauteilböschungen zeigen die Erosionsanfälligkeit des Materials infolge von Austrocknung und Frostwechsel. Gegebenenfalls ist bei Bedarf eine Erosionssicherung der Böschungen aufzubringen. Erfahrungsgemäß ist hierfür eine Spritzbegrünung gut geeignet.

Bad Wörishofen, den 04.08.2023



Geo + Plan Geotechnik GmbH
Dipl.-Geol. Achim Veigel
- Geschäftsführer -