

zurück



Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau



GeoTech Kaiser | Brugger Straße 8 | D-78628 Rottweil

Dipl.-Ing.(FH) Alexander Kaiser

Gemeinde Immendingen
Herrn Ortsbaumeister Guggemos
Schlossplatz 2

Brugger Straße 8
D-78628 Rottweil
Tel.: 0741 / 34861841
Fax: 0741 / 34861842
Mobil: 0151 / 14018132
info@geotech-kaiser.de
www.geotech-kaiser.de

D-78194 Immendingen

Bericht Nr.: K 2069-2012

Datum: 12.04.2012

**Erschließung Gewerbegebiet "Donau – Heuberg", Immendingen
Baugrundgutachten**

Inhalt

1	ALLGEMEINES	2
1.1	VORGANG	2
1.2	UNTERLAGEN	2
2	FELDERKUNDUNGEN	2
3	BESCHREIBUNG DES UNTERGRUNDES	3
3.1	GEOLOGISCHER ÜBERBLICK UND ALLGEMEINE BAUGRUNDBESCHREIBUNG	3
3.2	LABORVERSUCHE	4
3.3	BODENKLASSEN NACH DIN 18300	4
3.4	ERDBEBENZONEN NACH DIN 4149	5
3.5	BODENKENNWERTE	5
4	BAUTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN	6
4.1	GRÜNDUNGSSOHLLE FÜR DIE KANÄLE	6
4.2	KANALGRABENSICHERUNG UND WASSERHALTUNG	6
4.3	WIEDERVERWENDUNG VON AUSHUBMATERIAL	6
4.4	STRASSENBAU	7
4.5	HINWEISE FÜR EINE BEBAUUNG	8
4.6	VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER	9

- Anlagen: Anlage 1 – Lageplan
 Anlage 2- Schurfprofile
 Anlage 3 – Laborergebnisse
 Anlage 4 – Versickerungsversuche
 Anlage 5 – Bilder

1 Allgemeines

1.1 Vorgang

Die Gemeinde Immendingen beabsichtigt, das Gewerbegebiet "Im Krefzgen" in südlicher Richtung als neue Gewerbefläche "Donau – Heuberg" auszuweisen. Das neue Gewerbegebiet umfasst eine Fläche von knapp 17ha. Die Planung obliegt dem Ing.-Büro Burgert, Donaueschingen. Für die weitere Planung der Erschließungsarbeiten, insbesondere der Planung möglicher Versickerungsanlagen von Oberflächenwasser, war es erforderlich, eine Baugrunderkundung durchführen zu lassen. Das IB GeoTech Kaiser wurde von Herrn Guggemos auf Grundlage des Angebotes vom 07.03.2012 beauftragt, eine Baugrunderkundung mit Baggerschürfen durchzuführen und ein Baugrundgutachten zu erstellen.

1.2 Unterlagen

Zur Erstellung des Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan des Erschließungsgebietes, Maßstab 1:2.500, zur Verfügung gestellt von Herrn Guggemos
- Geologische Spezialkarte von Baden, Maßstab 1:25.000, Blatt Nr. 8018 Tuttlingen mit Erläuterungen zur Geologischen Karte
- Topographische Karte von Baden Württemberg, Maßstab 1:25.000, Blatt Nr. 8018 Tuttlingen
- [1] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Januar 2002

2 Felderkundungen

Am 22.03.2012 wurden von der Gemeinde Immendingen insgesamt acht Baggerschürfe bis in max. Tiefen von 3,40 m unter GOK angelegt. Die Schürfpunkte wurden vom IB Burgert nach Vorgaben des Gutachters vor Ort eingemessen und ausgepflockt. Unter Berücksichtigung der bereits erfolgten Ansaat wurde teilweise von den ausgepflockten Stellen abgewichen. Die Erkundungspunkte sind im Lageplan, Anlage 1, dargestellt. Die Bodenschichten wurden vom Gutachter ingenieurgeologisch aufgenommen, die Profile sind graphisch in der Anlage 2 zusammengestellt. Anlage 5 enthält Bilder der Schürfe und teilweise des Aushubmaterials.

Zur Überprüfung, ob Oberflächenwasser im Baufeld versickert werden kann, wurden in den Schürfen 1, 3, 4, 6, 7 und 8 Versickerungsversuche im offenen Baggerschurf in Anlehnung an [1] durchgeführt. Die Versickerungsprotokolle sind in der Anlage 4 zusammengestellt.

3 Beschreibung des Untergrundes

3.1 Geologischer Überblick und allgemeine Baugrundbeschreibung

Das geplante Gewerbegebiet "Donau - Heuberg" grenzt im Norden an die K 5928 und im Westen an die L 225 Immendingen - Mauenheim. In unmittelbarer Nachbarschaft liegt die Kaserne. Im Süden und Osten bildet der Wald bzw. Forstwege eine natürliche Begrenzung.

Das Gelände stellt sich als flache Mulde dar mit Tiefpunkt ca. an der Grenze zur bestehenden Bebauung "Im Krefzgen" mit leichten Anstiegen zum Wald in südlicher und zur K 5928 in nördlicher Richtung. Die Fläche wird derzeit landwirtschaftlich genutzt. Das folgende Bild zeigt den Blick von der Grenze auf Schurf 1 in südlicher Richtung.



Mit Ausnahme von Schurf 4 zeigten die Schürfe einen relativ gleichmäßigen Schichtaufbau. Unter dem Mutterboden, welcher im Mittel eine Mächtigkeit von ca. 30 cm aufweist, wurden zunächst entfestigte, verlehnte Kalksteine/Kalksteinschotter ohne Felsverband angetroffen. Die Korngemische sind augenscheinlich in die Gruppe der gemischtkörnigen Böden GU* gemäß DIN 18196

einzuordnen. Die feinkörnige Matrix weist hierbei meist eine steife an der Grenze zu weicher Konsistenz auf. Die Korngemische liegen in einer Größenordnung bis ca. 0/200. Mit zunehmender Tiefe zeigt sich ein Felsverband von überwiegend stark verlehmt, klüftigen, Kalksteinplatten. Eine deutlich geringere Verlehmung als in den übrigen Schürfen liegt nur im Schurf 1 vor. Die Dicke der Bänke variiert und nimmt in der Regel mit zunehmender Tiefe auf bis zu 20cm zu. In gelöstem Zustand sind die Kalkstein-Lehm-Gemische ebenfalls überwiegend in die Gruppe der gemischtkörnigen Böden GU* einzuordnen. Die Größe der gelösten Steine betrug bis zu 70cm. Die Kalksteinbänke sind den Massenkalken des Oberen Malms (ma4o) bzw. dem Weißen Jura zuzuordnen.

Im Schurf 4 wurden unter dem Mutterboden quartäre Schwemmlerme angetroffen. Bis ca. 1,40 m unter GOK waren noch Kalksteine in Kiesgröße enthalten, mit zunehmender Tiefe nahm der Anteil an schwach gerundetem Kalksteinschotter jedoch ab. Den Hauptanteil bilden Schluffe und Tone, die Lagerungsdichte der Schwemmlerme ist als mitteldicht einzuordnen, die Konsistenz ist überwiegend steif.

3.2 Laborversuche

Aus dem Schürfgut von Schurf 4 wurde eine Mischprobe von 2,10 bis 3,40m unter GOK entnommen und daran die Zustandsgrenzen ermittelt. Nach den Atterberg-Kriterien handelt es sich bei der Bodenprobe der Schwemmlerme um einen ausgeprägt plastischen bis organogenen Ton, TA/OT gemäß DIN 18196. Die Konsistenz der Probe war bei einem natürlichen Wassergehalt von 29,3% halbfest. Einzelheiten des Versuchs sind der Anlage 3 zu entnehmen.

3.3 Bodenklassen nach DIN 18300

Bodenart	Bodenklasse
Quartär: Ton/Schluff, kiesig, TA/OT	5
Quartär: verlehmt Schotter GU*	4
ma4o: entfestigte Kalksteine, stark schluffig, GU*	4 - 6
ma4o: Kalksteinbänke, klüftig, verlehmt, fest	6 - 7

Die in der Tabelle angegebenen Bodenklassen beschränken sich auf die punktuell durchgeführten Baugrundaufschlüsse. Die entfestigten Verwitterungsdecken der Massenkalken enthalten teilweise große Steine und Blöcke, welche in die Bodenklassen 5 - 6 einzuordnen sind.

Bei den in den Schürfen gelösten Felsbänken ist im Mittel ca. 50% der Bodenklasse 6 und 50% der Klasse 7 zuzuordnen. Es wird empfohlen, zum Lösen harter Felsbänke im Bereich der Kanaltrasse eine Position für Lösen mit dem Reißzahn oder Felsmeißel ins LV mit aufzunehmen. Bei Abweichungen von den beschriebenen Bodenarten ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

3.4 Erdbebenzonen nach DIN 4149

Die Gewerbefläche liegt auf der Karte der Erdbebenzonen von Baden-Württemberg in der Zone 1. Nach DIN 4149, Tabelle 2, beträgt der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung in der Zone 1 $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$. Die harten Kalksteinbänke des Massenkalks, welche in den Schürfen nicht weiter gelöst werden konnten, dürfen in die Baugrundklasse A eingestuft werden.

Nach der Karte der Erdbebenzonen liegt Immendingen in der geologischen Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Untergrund). Die Regelungen unter Punkt 12 sind zu beachten.

3.5 Bodenkennwerte

Auf Grundlage der Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse können für statische Nachweise die in der Tabelle angegebenen, charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden:

Geologische Schichtbezeichnung	Wichte des feuchten Bodens γ_k kN/m ³	Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'_k kN/m ³	Reibungswinkel ϕ'_k °	Kohäsion c'_k kN/m ²	Steifemodul E_{sk} MN/m ²
Quartär: verlehmt Schotter 0/50, GU*, steif	20	10	30	0	20 - 30
Quartäre Schwemmlerme, TA/OT, steif	18	8	17,5 - 20	8 - 10	5 - 8
ma4o: verlehmt Kalksteinschotter/Kalksteine, GU*	21	11	30 - 32,5	0	30 - 50
ma4o: Kalksteinbänke, klüftig, verlehmt	23	13	45*		≥ 100

*Ersatzreibungswinkel

4 Bautechnische Empfehlungen

4.1 Gründungssohle für die Kanäle

Nach den Aufschlüssen ist auf Höhe der Gründungssohle überwiegend mit harten Kalksteinbänken der Bodenklasse 7 zu rechnen. Im Bereich der Kalksteinbänke ist aushubbedingt von einem welligen Planum auszugehen. In diesen Bereichen ist eine Ausgleichsschicht aus einem gut kornabgestuften Mineralstoffgemisch der Gruppe GW von ca. 20 cm einzukalkulieren und auf $D_{pr} \geq 100\%$ zu verdichten, um ein ebenes Planum zu erhalten. Die Ausgleichsschicht kann auf das statisch erforderliche Rohrauflager angerechnet werden.

4.2 Kanalgrabensicherung und Wasserhaltung

Es wurde in keinem Schurf Wasser angetroffen. Aufgrund der Klüftigkeit des Gesteins ist davon auszugehen, dass Oberflächenwasser und/oder episodisch auftretendes Schichtwasser entweder versickert oder in einem Pumpensumpf gefasst und abgepumpt werden kann.

Gemäß DIN 4124 dürfen Böschungen bis zu 5m ohne statischen Nachweis unter einem Winkel von $\leq 60^\circ$ in bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz angelegt werden. Für die entfestigten, verlehnten Kalksteinschotter/Kalksteine wird aufgrund der großen Steine, welche beim Lösen zu Auflockerungen führen, empfohlen, die Böschungen unter einem Winkel $\leq 50^\circ$ anzulegen. Für den weiteren Aushub im Fels kann die Böschungsneigung auf 70° versteilt werden. Lose Steine sind von den Böschungen abzuräumen. Beim Reißen der Felsbänke besteht die Gefahr, dass größere Platten gelockert werden, welche mit der Zeit nachbrechen können. Bei freier Böschung ist aufgelockertes Gestein daher sorgfältig von der Wand zu räumen, oder es wird ein konstruktiver Verbau mit Folie und davorgestellten, rückverankerten Stahlmatten zum Schutz der Arbeiter eingebaut. Um eine Auflockerung des Gesteins zu vermeiden, kann auch eine Grabenfräse eingesetzt werden.

Alternativ zu einer freien Böschung können die Kanalarbeiten auch im Schutz von bündig aneinandergestellten Stahlplattenverbauten durchgeführt werden. Hohlraumbildungen mit Verlust der Kraftschlüssigkeit zwischen Verbaufel und Boden sind nicht zu vermeiden. Wird die Standsicherheit gefährdet, müssen die Hohlräume mit Sand, Kies oder Beton aufgefüllt werden.

4.3 Wiederverwendung von Aushubmaterial

Nach den Aufschlüssen ist das Aushubmaterial in gelöstem Zustand überwiegend in die Gruppe der gemischtkörnigen Böden GU* einzustufen. Die Witterungs- und Frostempfindlichkeit ist mittel bis hoch, Klasse F2/F3. Es ist davon auszugehen, dass beim Aushub eine große Menge an Kalksteinplatten mit einem hohen bindigen Anteil anfällt.

Großformatige Kalksteinblöcke können nur nach Aufbereitung z.B. durch Brechen wieder hohlraumarm eingebaut werden. Die Korngröße ist hierbei auf ≤ 150 mm zu beschränken. Bei hohen bindigen Anteilen besteht jedoch die Gefahr, dass der Brecher verstopft. Evtl. können größere Steine schon beim Aushub separiert und später aufbereitet werden. Die Verwendung einer Grabenfräse ist hier evtl. von Vorteil, da das Felsmaterial bereits beim Lösen entsprechend zerkleinert wird.

Bindige Böden sind grundsätzlich nur bei mindestens steifer Konsistenz gut verdichtbar und für den Wiedereinbau, ohne zusätzliche Maßnahmen, geeignet. Bei hohen Schlämmkornanteilen kann der Boden bei Wasserzutritt aufweichen und nicht mehr ausreichend verdichtet werden. Erfahrungsgemäß genügen jedoch bereits geringe Bindemittelmengen in einer Größenordnung von ca. 1 – 2% Weißfeinkalk (1% entspricht ca. 20 kg/m^3), welches bei Vernässung bzw. Konsistenzen schlechter als steif zugegeben werden kann, um eine ausreichende Verdichtung zu ermöglichen. Für Arbeiten mit Bindemittel ist zu berücksichtigen, dass für eine ausreichende Reaktion des Bindemittels Temperaturen $> 5^\circ \text{C}$ erforderlich sind und der Boden nicht gefroren sein darf.

Alternativ besteht die Möglichkeit, Fremdmaterial einzubauen. Geeignet ist hierbei ein gut kornabgestuftes Mineralstoffgemisch der Gruppe GW/GI/GU (Schlämmkornanteil $< 15\%$), welches lagenweise eingebaut und verdichtet wird. Die Verdichtungsanforderungen ergeben sich gemäß den ZTVE-StB 09, Tabelle 2.

4.4 Straßenbau

Nach Abschieben des Mutterbodens stehen im Bereich des Erdplanums in der Regel entfestigte, verlehnte Kalksteine und Kalksteinschotter an, welche die geforderten Tragfähigkeitswerte gemäß den ZTVE-StB 09, $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, normalerweise erreichen. Ein zusätzlicher Bodenaustausch oder eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln ist evtl. im Bereich der Schwemmler (Schurf 4) erforderlich, sofern in diesem Bereich noch eine Straße angelegt werden sollte (im Plan nicht dargestellt). Trotz dem im Deckbereich noch vorhandenen, hohen Anteil an Kalksteinschottern müsste hier einen Bodenaustausch von ca. 20 - 30cm einkalkuliert werden. Insgesamt wird empfohlen, statische Plattendruckversuche an verschiedenen Stellen auf dem Erdplanum durchführen zu lassen, um die Tragfähigkeit zu überprüfen.

Gemäß der Frostzonenkarte liegt das Erschließungsgebiet in der Frostzone III. Im Zuge der Festlegung der Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaues ist von der Frostempfindlichkeitsklasse F3 auszugehen. Gemäß Tabelle 2 RStO 01 ist eine Straße im Gewerbegebiet in die Bauklasse II/III einzustufen. Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues beträgt gemäß Tabelle 6 Z.2 für die Bauklassen II 65cm und für die Bauklasse III 60 cm jeweils zzgl. 15 cm aus Tabelle 7 Z. 1.3 der RStO 01.

4.5 Hinweise für eine Bebauung

Bei einer Gründung gewerblich genutzter Gebäude mit Einzel- und Streifenfundamenten in frostfreier Tiefe ($\geq 1,20\text{m}$ unter GOK) liegt das Gründungsniveau, sofern keine Unterkellerung geplant ist, in der Regel auf **entfestigten, verlehnten Kalksteinschottern der Massenkalke**, welche der Gruppe GU* zuzuordnen sind. Bei steifer Konsistenz des Feinkornanteils kann hier eine zul. Sohlpressung von **zul. $\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$** angesetzt werden. Im Bereich der **Schwemmlerme** in mindestens **steifer** Konsistenz, ist die zul. Sohlpressung auf **zul. $\sigma = 180 \text{ kN/m}^2$** zu reduzieren. Bei einer Gründung in den **festen, klüftigen, verlehnten Kalksteinbänken im Verband** darf die zulässige Sohlpressung auf **zul. $\sigma = 400 \text{ kN/m}^2$** erhöht werden.

Gemäß der Schriftenreihe der Bauberatung Zement "Betonböden im Industriebau" wird als Minimalanforderung für Einzellasten $\leq 3,2\text{t}$ ein Verformungsmodul auf der Tragschicht von $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Um auf der Tragschicht Werte in dieser Größenordnung erreichen zu können, ist auf Höhe des Planums ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Die anstehenden, felsigen Bodenschichten werden diesen Wert voraussichtlich übertreffen. Dennoch wird empfohlen, auch die Tragfähigkeit des Erdplanums vor Einbau der Tragschicht sowohl optisch als auch durch Plattendruckversuche an 2 – 3 Stellen zu überprüfen. Anschließend ist, zum Schutz vor aufsteigender Feuchtigkeit, ein gut kornabgestuftes Schotter-Splitt-Sand Gemisch mit kapillarbrechender Wirkung von $\geq 20 \text{ cm}$ einzubauen und auf $D_{Pr} \geq 100\%$ zu verdichten. Hier kann z.B. ein Mineralstoffgemisch mit Frostschutzqualität (Bodengruppe GW/GI) eingesetzt werden.

Im Bereich der Schwemmlerme ist im Bereich des Erdplanums evtl. ein Bodenaustausch/Bodenverbesserung einzukalkulieren (siehe hierzu Angaben in Kapitel 4.4).

Ungebundene Tragschichten sind stets mit Trennschichten bzw. Gleitschichten abzudecken. Als Trennschicht kann z.B. eine Lage PE-Folie $\geq 140 \text{ g/m}^2$ gemäß DIN 18195 eingebaut werden. Gleitschichten sind stets erforderlich bei hohen, langfristig wirkenden Belastungen und Fugenabständen $> 8 \text{ m}$. Gleitschichten können aus 2 Lagen PE-Folie $\geq 140 \text{ g/m}^2$ hergestellt werden, oder es werden spezielle Gleitfolien eingesetzt.

Unterkellerte Gebäude sind durch umlaufende Drainagen gemäß DIN 4095 zu sichern. Hierbei ist auf ein durchgängiges Gefälle zu achten. Unter der Voraussetzung, dass Drainagen über die Standzeit der Gebäude funktionieren, kann eine Abdichtung gemäß DIN 18195 für den Lastfall "nicht drückendes" Wasser erfolgen.

4.6 Versickerung von Oberflächenwasser

Zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes k_f wurden Versickerungsversuche in verschiedenen Schürfen in Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV-DWK-A 138 [1] durchgeführt und der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert für den ungesättigten Zustand ($k_{f,u}$) ermittelt bzw. für den wassergesättigten Zustand (k_f) berechnet. Details der Versuchsdurchführung sind auf den Formblättern in Anlage 4 zusammengestellt.

Schurf	Grundwasser	Meßdauer	Absenkung im Schurf	versickerte Wassermenge	$k_{f,u}$ in m/s	k_f in m/s
S 1	nein	300 sec.	0,11m	0,066m ³	$1,5 \times 10^{-4}$	3×10^{-4}
S 3	nein	150 sec.	0,10m	0,090m ³	$4,0 \times 10^{-4}$	8×10^{-4}
S 4	nein	3780 sec.	0,03m	0,045m ³	$3,0 \times 10^{-6}$	6×10^{-6}
S 6	nein	5760 sec.	0,02m	0,029m ³	$1,5 \times 10^{-6}$	3×10^{-6}
S 7	nein	180 sec.	0,10m	0,124m ³	$2,5 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}
S 8	nein	4500 sec.	0,07m	0,126m ³	$5,0 \times 10^{-6}$	1×10^{-5}

Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich bewegt sich gemäß [1] in etwa zwischen $k_f \leq 1 \times 10^{-3}$ m/s und $\geq 1 \times 10^{-6}$ m/s. Durch die starke Klüftigkeit der Massenkalksteine ist davon auszugehen, dass bei größeren Versickerungsanlagen eine entsprechende Kluft mit guten Versickerungseigenschaften, wie bei den Schürfen 1,3 und 7 angetroffen wird. Wenn keine größeren, offenen Klüfte angetroffen werden, über die Wasser gut versickert werden kann, liegt der Versickerungswert an der Grenze zu dem als geeignet anzusehenden Bereich. Die Schwemmlergerölle (Schurf 4) ergaben ebenfalls einen Versickerungswert am entwässerungstechnisch gerade noch ausreichenden Bereich. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass Wasser im Bereich der klüftigen Kalksteinbänke versickert werden kann. Für eine genaue Dimensionierung von Versickerungsanlagen wird jedoch empfohlen, standortspezifisch weitere Versickerungsversuche durchführen zu lassen.

GeoTech Kaiser



Dipl.-Ing. (FH)

Alexander Kaiser