

Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau



GeoTech Kaiser GmbH | Brugger Straße 8 | D-78628 Rottweil

Landratsamt Freudenstadt
Dezernat III, Straßenbauamt
Sachgebietsleiter Planung
Herrn Christian Keppler
Stuttgarter Straße 61

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

D-72250 Freudenstadt

Bericht Nr.: 8136-2023

Datum: 19.09.2023

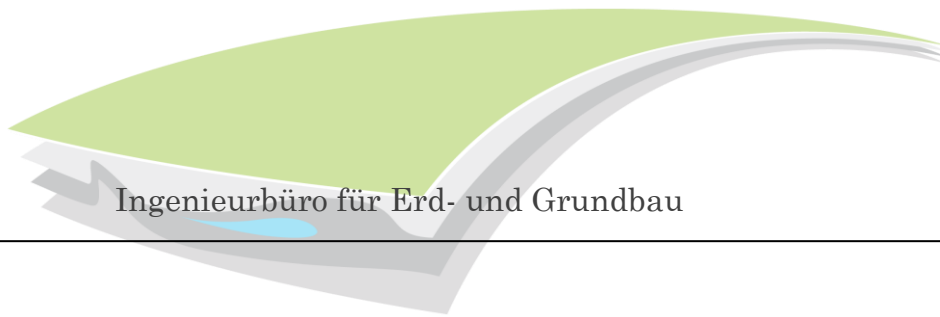
Retentionsbecken K 4744, Dietersweiler – Aach

**Überprüfung der Standsicherheit nach DIN 19700 für die neue Beckengeometrie
mit teilweiser Überarbeitung der Gründungshinweise aus [1]**

Inhalt

1	ALLGEMEINES	2
1.1	VORGANG	2
1.2	UNTERLAGEN	2
2	BESCHREIBUNG DES UNTERGRUNDES [1]	3
2.1	GEOLOGISCHER ÜBERBLICK UND ALLGEMEINE BAUGRUNDBESCHREIBUNG	3
2.2	ERDBEBENZONEN NACH DIN 4149 [1]	4
2.3	BODENKENNWERTE [1]	4
2.4	EINSTUFUNG IN HOMOGENBEREICHE NACH DIN 18300-2015 [1]	5
3	BAUTECHNISCHE HINWEISE	5
3.1	GRÜNDUNGSSOHL E FÜR DEN ZULAUFKANAL [1]	5
3.2	KANALGRABENSICHERUNG UND WASSERHALTUNG [1]	6
3.3	WIEDERVERWENDUNG VON AUSHUBMATERIAL Z.B. ALS DAMMSCHÜTTMATERIAL [1]	6
3.4	GRÜNDUNG UND SICHERUNG DES SCHACHTBAUWERKS	6
3.5	VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER [1]	8
4	STANDSICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN FÜR DEN DAMM IN ANLEHNUNG AN DIN 19700 [5] ..	8
4.1	GLEITSICHERHEIT AM GESAMTDAMM FÜR DIE HOMOGENE DAMMSCHÜTTUNG [4]	9
4.2	SICHERHEIT AM DAMMFUß [4]	10
4.3	BÖSCHUNGSBRUCHUNTERSUCHUNGEN NACH DIN 4084-1981	12
4.4	ANGABEN ZUR DAMMSCHÜTTUNG UND ZUM DAMMSCHÜTTMATERIAL	14

Anlagen: Anlage 1 – Lagepläne alt und neu
Anlage 2 – Schurf- und Sondierprofile
Anlage 3 – Bilder
Anlage 4 – Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084-1981, TWB A



1 Allgemeines

1.1 Vorgang

Für das geplante Retentionsbecken (Trockenbecken) an der K 4744 zwischen Dietersweiler und Aach im Bereich von km 0+735,810 bis km 0+819,049 wurde mit Bericht Nr. 8065-2023 [1] ein Baugrundgutachten erstellt mit Überprüfung der Standsicherheit nach DIN 19700. Mittlerweile soll das Becken gemäß den Vorgaben der Wasserwirtschaft gegenüber der Erstplanung deutlich verkleinert werden, so dass die Dammhöhe bzw. der Einschnitt geringer wird. Die Beckensohle soll neu auf einer Höhe von NN +597,50 m liegen. Die Dammkrone liegt auf NN +600,00 m. Mit einem Freibord von 1,00 m liegt die Einstauhöhe bei max. 1,50 m.

Das IB GeoTech Kaiser wurde von Herrn Keppler, Sachgebietsleiter Planung beim LRA FDS, beauftragt, die Standsicherheit nach DIN 19700 für die Neuplanung zu prüfen.

Bei dem geplanten Retentionsbecken handelt es sich mit einem Einstauvolumen $V = 1.219 \text{ m}^3$ um ein sehr kleines Becken. Im vorliegenden Fall sind die Lastfallkombinationen für die Tragwerksbedingungen A für ein Trockenbecken nachzuweisen. Der geplante Damm weist an der Krone eine Länge von ca. 50m auf und ist durch das abfallende Gelände bis zu ca. 4,30m hoch. Die Dammkrone ist ungefähr 1m breit.

1.2 Unterlagen

Zur Erstellung des Berichts standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan neu, Maßstab 1:500, erstellt vom LRA FDS
- Zwei Regelquerschnitte vom Becken und ein Regelquerschnitt des Damms, Maßstab 1:100, erstellt vom LRA FDS
- [1] Baugrundgutachten Nr. 8065-2023
- [2] Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken, LUBW, Oktober 2007
- [3] Geotechnische Bemessung der Dammbauwerke von Flutpoldern, R. Haselsteiner, RDM-Consult GmbH
- [4] Statik im Erdbau, Henner Türke, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn 1999
- [5] DIN 19700 Sicherheitsbewertung von Stauanlagen: www.gfz-potsdam.de/DIN19700
- [6] EA-Pfähle, 2. Auflage Ernst & Sohn Verlag, 2012
- [7] ZTVE-Kommentar, Rudolf Floss, 2. Auflage, Kirschbaum Verlag 1997
- Geologische Karte von Baden-Württemberg, Maßstab 1:25.000, Blatt Nr. 7516 Freudenstadt mit Erläuterungen zur geologischen Karte

2 Beschreibung des Untergrundes [1]

2.1 Geologischer Überblick und allgemeine Baugrundbeschreibung

Das Retentionsbecken ist östlich der K 4744 zwischen Dietersweiler und Aach geplant. Das Gelände fällt hier V-förmig nach Osten bis Nordosten ein. Nach der geol. Karte sind im Untergrund Sedimente der Plattensandstein-Formation des Oberen Buntsandsteins (soPL) zu erwarten die von holozänen Abschwemmmdecken (qhz) überdeckt sind. Das Bild zeigt den Blick nach Nordosten. Der Bagger steht bei Schurf S2.



Nach den Aufschlüssen stehen unter dem Mutterboden schwach tonige bis tonige, sandige Schluffe mit wechselnden Anteilen von Buntsandsteinen in Kieskorn- mit zunehmender Tiefe auch Stein- und Blockgröße an. Die Konsistenz der feinkörnigen Decklagen bewegt sich im Bereich weich-steif bis steif an der Grenze zu halbfest. Die Plastizität wird als mittel bis leicht, TL/TM gemäß DIN 18196, eingestuft.

In S2 steht ab 2,70 m Tiefe stark schluffiger Buntsandstein-Kies der Gruppe GU* an, der im Sohlbereich des Schurfs in mürben, klüftigen, dünnplattigen Buntsandstein übergeht. Bei S4 steht im Hangbereich bereits in 1,60 m Tiefe eine harte Sandsteinbank an, die ca. 10 cm mächtig ist. Darunter folgen bis zur Sohle bei 2,40 m verwitterte Sandstein-Schluff-Gemische die gelöst der Gruppe GU* zuzuordnen sind. Im Sohlbereich steht die nächste harte Bank an, die nicht weiter gelöst wurde.

Im Sohlbereich von RKS1 und RKS2 ist nach dem Bohrwiderstand ebenfalls von harten Sandsteinlagen auszugehen. Hier war kein weiterer Bohrfortschritt mehr erkennbar.

Die erkundeten Abschwemmdecken und Verwitterungslehme des Oberen Buntsandsteins sind als stark witterungs- und frostempfindlich, Klasse F3, einzustufen. Wasserzutritte wurden nicht festgestellt, das Aushubmaterial war jedoch stellenweise vernässt.

2.2 Erdbebenzonen nach DIN 4149 [1]

Die K 4744 liegt zwischen Dietersweiler und Aach nach der Karte der Erdbebenzonen von Baden-Württemberg in der **Zone 1**. Gemäß DIN 4149, Tabelle 2, beträgt der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung in der Zone 1 $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$. Die im Sohlbereich des Beckens angetroffenen Buntsandsteinbänke können in die **Baugrundklasse B** eingestuft. Nach der Karte der Erdbebenzonen liegt das Gebiet in der geologischen **Untergrundklasse R** bzw. Untergrundparameter **S = 1,25**. Die Abfrage der gefährdungskonsistenten Bodenbeschleunigungs-Antwortspektren ergibt folgende Werte für die Spitzenbodenbeschleunigung a_g [5]:

Gefährdungsniveau (Wiederkehrperiode)	Spitzenboden- beschleunigung a_g [m/s ²]	$k_h = a_g \times S / 9,81 \text{ m/s}^2$	$k_v = 0,33 \times k_h$
T = 100a	0,26	0,033	0,011
T = 1000a	0,66	0,084	0,028

2.3 Bodenkennwerte [1]

Auf Grundlage der Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse kann mit den in der Tabelle angegebenen Bodenkennwerten gerechnet werden.

Geologische Schichtbezeichnung	Wichte des feuchten Bodens γ kN/m ³	Wichte des Bodens unter Auftrieb γ' kN/m ³	Reibungs- winkel φ' °	Kohäsion c' kN/m ²	Steife- modul E_s MN/m ²
Schluff, tonig, kiesig, steif	19 - 20	9 - 10	25	4 – 8	5 - 7
Kies-Sand-Schluff-Gemische, weich-steif, SU*/GU*	19 - 20	9 - 10	27,5	0 – 4	8 - 15
Sandstein, mürbe mäßig hart	21 - 23 22 – 24	11 - 13 12 – 14	30 40	10 5	20 – 50 > 100

2.4 Einstufung in Homogenbereiche nach DIN 18300-2015 [1]

	Homogenbereich E1		Homogenbereich E2	Homogenbereich E3
Bezeichnung	Abschwemmdecken, Verwitterungslehm	Bezeichnung	Sandstein, mürbe	Sandstein, mäßig hart
Korngrößenverteilung	U,t-t',s,g / G,u*,s / S,g,u*	Benennung DIN 14689-1	Sandstein	Sandstein
Masseanteile Steine Blöcke	< 10% < 10%	Dichte	≈ 2,1 – 2,3 t/m ³	≈ 2,2 – 2,4 t/m ³
Dichte	≈ 1,8 – 2,1 t/m ³	Verwitterung Veränderungen Veränderlichkeit DIN 14689-1	stark verfärbt veränderlich – stark veränderlich	mäßig – schwach verfärbt schwach – nicht
undrainierte Kohäsion c_u	> 15 kN/m ²	Druckfestigkeit Einaxial DIN 14689-1	sehr gering – gering	mäßig hoch – hoch
Wassergehalt	n.b.	Trennflächen -richtung -abstand Gesteinskörperform DIN 14689-1	horizontal, vertikal sehr dünn; engständig tafelförmig	horizontal, vertikal sehr dünn - dünn; engständig tafelförmig
Plastizität- und Konsistenz	leicht – mittel weich bis halbfest			
Lagerungsdichte	Quartär mittel			
organischer Anteil	n.b.			
Abrasivität	schwach abrasiv	Abrasivität	stark	stark
Bodengruppe DIN 18196	TL/TM, GU*, SU*	Bodenklasse DIN 18300-2010 (informativ)	6	7
Bodenklasse DIN 18300-2010 (inf.)	4			

Die in der Tabelle angegebenen Werte beschränken sich auf die punktuell durchgeführten Baugrundaufschlüsse. Bei Abweichungen von den beschriebenen Bodenarten ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

3 Bautechnische Hinweise

3.1 Gründungssohle für den Zulaufkanal [1]

Der Zulaufkanal zum Becken verläuft vermutlich am Baubeginn in weich-steif konsistenten Abschwemmdecken. Hier ist ein Bodenaustausch bis auf mindestens steif konsistente Böden oder mindestens 40cm mit einem gut kornabgestuften Mineralstoffgemisch der Gruppe GW/GI für ein ausreichend tragfähiges Auflager vorzusehen, das auf $D_{Pr} \geq 100\%$ zu verdichten ist. In Richtung S4 bindet der Zulaufkanal tiefer ein. Vermutlich werden hier im Auflagerbereich schon gut tragfähige Buntsandsteinbänke oder zumindest ausreichend tragfähige Verwitterungsdecken in steif-halbfester Konsistenz erreicht. Im Felsbereich ist lösungsbedingt von einer welligen Aushubsohle

auszugehen. Ausgleichsschichten unter dem Kanalrohr können mit einem gut kornabgestuften Mineralstoffgemisch der Gruppe GW/GI hergestellt werden, das auf $D_{Pr} \geq 100\%$ verdichtet eingebaut wird.

3.2 Kanalgrabensicherung und Wasserhaltung [1]

Aufgrund des Verlaufs im Hangbereich wird empfohlen, den Kanal im Schutz von bündig aneinandergestellten Stahlplattenverbauten herzustellen. Hohlraumbildungen mit Verlust der Kraftschlüssigkeit zwischen Verbautafel und Boden sind zumindest im Felsbereich nicht zu vermeiden. Wird die Standsicherheit gefährdet, sind die Hohlräume mit Sand, Kies oder Beton aufzufüllen.

3.3 Wiederverwendung von Aushubmaterial z.B. als Dammschüttmaterial [1]

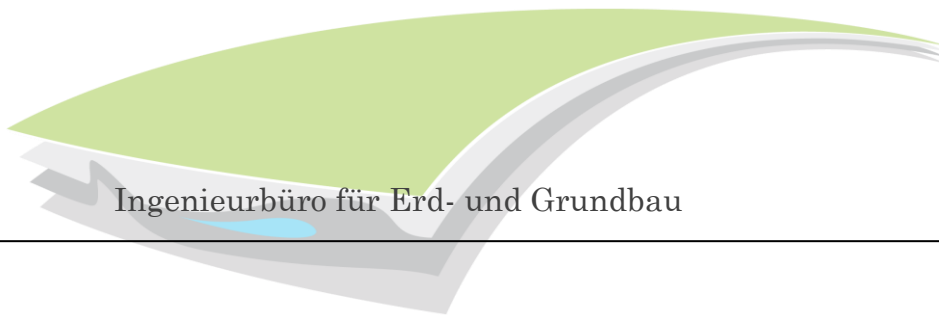
Nach den Aufschlüssen liegt das gelöste Aushubmaterial als feinkörniger Boden TL/TM und gemischtkörniger Boden SU*/GU* vor. Diese Böden sind nur bei mindestens steif-halbfester Konsistenz des Feinkornanteils ausreichend verdichtbar. Sandsteinblöcke > 120 mm müssen für einen hohlraumarmen Wiedereinbau aussortiert oder auf kleinere Körnungen gebrochen werden.

Das Aushubmaterial ist stark witterungs- und frostempfindlich (Klasse F3). Sofern das Aushubmaterial zwischengelagert werden muss, ist ein sorgfältiger Schutz vor Witterungseinflüssen erforderlich, z.B. durch Abdecken mit Folie.

Da vermutlich ein großer Teil des Aushubmaterials im Bereich des geplanten Beckens geringere Konsistenzen als steif-halbfest aufweist und somit nicht optimal verdichtet werden kann, wird empfohlen, zur Verbesserung der Verdichtbarkeit und Erhöhung der Tragfähigkeit ein Mischbindemittel 30/70, z.B. Dorosol C30 zuzugeben. Die Bindemittelart und -menge ist über eine Eignungsprüfung oder ein Testfeld zu ermitteln. Nach unseren Erfahrungen kann für die Ausschreibung mit einer Menge von ca. 45 kg/m^3 bei steif mit Tendenz zu weich konsistenten Böden gerechnet werden. Bei einer Verbesserung von Böden mit Bindemittel darf der Boden nicht gefroren sein und benötigt für den Abbindeprozess Temperaturen $\geq +5^\circ\text{C}$.

3.4 Gründung und Sicherung des Schachtbauwerks

Durch die Verkleinerung des Bauwerks können für die weitere Beurteilung weitestgehend nur die Ergebnisse der Schürfe S1 und S4 aus [1] verwendet werden. Am neu geplanten Standort des Drosselschachts (Abmessungen von $5,90 \text{ m} \times 2,60 \text{ m}$) haben wir hier keine Aufschlüsse. Die Sohlhöhe ist geplant auf NN $+597,00 \text{ m}$. Eine freie Böschung ist vermutlich nicht möglich, da das



Gelände nach Norden weiter stark ansteigt und auch episodisch mit Schichtwasserzutritten zu rechnen ist.

Es wird empfohlen, den Aushub im Schutz eines Verbaus, z.B. durch eine rückverhängte Spritzbetonschale oder eine rückverhängte Trägerbohlwand (Berliner Verbau) durchzuführen. Die Träger sind hierbei einzubohren. **Da aus diesem Bereich keine Erkundungsergebnisse vorliegen sind hier ggf. ergänzende Aufschlüsse z.B. mittels weiterer Baggerschürfe oder einer Kernbohrung erforderlich, sobald die Planung für den Standort sichergestellt ist.**

Nach dem in weiterer Entfernung durchgeführten Schurf S4 im Böschungsbereich gehen wir davon aus, dass im Gründungsbereich halbfest konsistente Verwitterungslehme des Oberen Buntsandsteins oder mürbfeste, klüftige Sandsteinlagen vorliegen. Bei einer Bemessung nach der Bettungstheorie als elastisch gebettete Bodenplatte kann bei einer Gründung auf halbfest konsistentem Verwitterungslehm ein Bettungsmodul $k_s = 10 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden.

Bei einer Spritzbetonschale kann zur Ableitung von partiell und/oder episodisch auftretendem Schichtwasser, vor dem Aufbringen der Spritzbetonschale eine Drainmatte (z.B. Enkadrain) aufgelegt und das Wasser im Fußbereich, ggf. auch schon in Zwischenstufen durch Löchern der Spritzbetonschale ausgeleitet werden.

Die Spritzbetonschale ist sukzessive mit dem Aushub von oben abschnittsweise herzustellen und zu verankern. Nach der Standfestigkeit der angetroffenen Böden kann die Schale an der freigelegten Wand mit Abschlagshöhen von $\leq 2,00\text{m}$ hergestellt werden.

Zur Verankerung eignen sich z. B. Verpressanker und auch Mikropfähle nach DIN EN 14199 (z.B. System Ischebeck Mikropfahl TITAN mit der bauaufsichtlichen Zulassung Z-34.14-2019), die in die mürben Sandsteinlagen einbinden. Die Anker sollten axial zur Wand eingebaut werden. Für die Mikropfähle TITAN sind folgende Nachweise zu führen:

- Nachweis der inneren Tragfähigkeit: $E_d < R_d$ mit $R_d = R_k/1,15$ (Werte aus Zulassung Z 34.14.-209 und DIN EN 1997)
- Nachweis der äußeren Tragfähigkeit (Grenzfläche Verpresskörper – Boden): Verpresskörperdurchmesser $D = d+a$ (d = Bohrdurchmesser; a = Aufweitung $\approx 20\text{mm}$ (mit Außenspülung)).

Nach den Aufschlüssen kann für Anker in mürbem Sandstein in Anlehnung an EA-Pfähle [6], Tab. 5.29, ein Bruchwert der Pfahlmantelreibung mit $q_{s,k} = 230 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Die Bemessung ist mit Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 durchzuführen. Die Bemessungswerte sind durch Probelastungen (mindestens 3 Zugversuche) zu bestätigen.

3.5 Versickerung von Oberflächenwasser [1]

Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich bewegt sich gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 zwischen $1 \times 10^{-3} \text{ m/s} \geq k_f \geq 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Die fein- bis gemischtkörnigen Abschwemmdecken sind nahezu dicht. Die Durchlässigkeit wurde im Labor mit $k_f = 3,3 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ ermittelt. In dem dünnplattigen, schluffigen Sandstein von S2 ergab der Versickerungsversuch im offenen Schurf einen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k_f \approx 3 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (Anlage 5). Der ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert liegt somit am unteren Rand des o.g. geeigneten Bereichs. Durch Zuschlämmen der Klüfte nimmt die Durchlässigkeit im Lauf der Zeit erfahrungsgemäß noch etwas ab.

4 Standsicherheitsuntersuchungen für den Damm in Anlehnung an DIN 19700 [5]

Die folgende Tabelle zeigt Lastfälle als Kombination unterschiedlicher Einwirkungen für Absperrbauwerke nach DIN 19700-11. Dabei sind die gelb markierten Lastfälle zu betrachten.

Einwirkungen		Lastfälle LF (Einwirkungskombinationen) ^f							
		1		2				3	
		1.1	1.2 ^a	2.1	2.2	2.3	2.4 ^c	3.1	3.2
Gruppe1 (ständig)	Eigenlast	X	X	X	X	X	X	X	X
	Verkehrs- und Auflast	X	X	X	X	X	X	X	X
	Wasserdruck bzw. Strömungskräfte bei Vollstau Zv (HRB mit Dauerstau)*	X				X	X ^d		X ^d
Gruppe2 (selten)	Wasserdruck bzw. Strömungskräfte bei Hochwasserstauziel 1 (ZH1)*			X					
	schnellstmögliche Wasserspiegelabsenkung				X ^b				
	außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände					X			
	Betriebserdbeben ^e						X		
Gruppe3 (außer- gewöhn- lich)	Wasserdruck- bzw. Strömungskräfte bei Hochwasserstauziel 2 (ZH2), sofern ZH2 > ZH1							X	
	Bemessungserdbeben ^e								X

a Bau- und Konsolidierungszustände bis zum ersten Einstau sowie Zustand „leeres Becken“ (Die erforderliche Sicherheit von Erd-dämmen im Bauzustand (Konsolidierungszustände) kann abweichend von DIN 19700 auf 1,1 verringert werden, wenn hierdurch keine Gefahr für Unterlieger entsteht und Betreiber sowie Aufsichtsbehörde zustimmen).

b Beginnend bei Vollstau

c Lastfall nur für Gebrauchstauglichkeitsnachweis

d Es darf der Wasserdruck bzw. die Strömungskraft bei Stauziel ZS angesetzt werden (HRB mit Dauerstau)

e Bei sehr kleinen und kleinen Hochwasserrückhaltebecken (Trockenbecken) ist kein Nachweis erforderlich

f Bei sehr kleinen und kleinen Hochwasserrückhaltebecken ist es ausreichend, die Bemessungssituationen mit den Tragwiderstandsbedingungen A zu untersuchen

* Da die Strömungskräfte aus den Wasserdruckkräften resultieren, muss nur eine der beiden Kräfte in Ansatz gebracht werden.

Die Bodenwiderstände werden in der DIN 19700 in die Tragwiderstandsbedingungen A (wahrscheinliche Bedingung), B (wenig wahrscheinliche Bedingung) und C (unwahrscheinliche Bedingung) unterteilt. Bei **kleinen und sehr kleinen Trockenbecken** sind folgende Lastfälle für die Tragwiderstandsbedingung A zu untersuchen:

Lastfälle	Einwirkungskombinationen			
Tragwiderstandsbedingungen	1.1	1.2	2.1	2.2
A (wahrscheinliche Bedingung)	BS I	BS I	BS II	BS II

Den Bemessungssituationen BS I – BS III werden in DIN 19700 folgende Gesamtsicherheitsbeiwerte zugeordnet:

Bemessungssituation		Gesamtsicherheitsbeiwert
BS I	Ständige Bemessungssituation	1,3
BS II	Vorübergehende Bemessungssituation	1,2
BS III	Außergewöhnliche Bemessungssituation	1,1

Gemäß DIN 19700 sind folgende Einzelnachweise der Tragsicherheit zu führen:

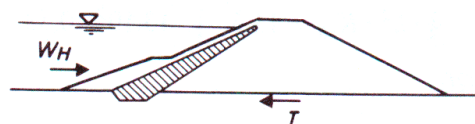
- Sicherheit gegen Böschungsbruch
- Sicherheit gegen Böschungsgrundbruch
- Sicherheit gegen Abschieben des Dammkörpers
- Lokale Standsicherheit der wasser- und luftseitigen Böschungen
- Standsicherheit der Böschungsdichtungen bei Wasserdruck vom Dammkörper her

Für die Dammschüttung wird davon ausgegangen, mit Bindemittel verbessertes Aushubmaterial verwendet wird. Hierfür wurden folgende Kennwerte angesetzt:

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]
Schluff, sandig, verbessert, $\geq$ halbfest	20	10	25	20

4.1 Gleitsicherheit am Gesamtdamm für die homogene Dammschüttung [4]

c) Dammgleiten



$$\eta = \frac{\max T}{W_H}$$

Durch den Beckenaushub ist der Damm mit einer Kronenhöhe von NN +600,00 m auf der Wasserseite ca. 2,50 m hoch und auf der Luftseite max. 4,30 m hoch. Vereinfacht wird die Gleitsicherheit für einen 3,50 m hohen Damm berechnet. Angesetzt wird ein Wasserstand bis zum Freibord (NN +599,00 m), dies entspricht einer Wassersäule von 1,50 m. Die Böschungsneigung ist wasserseitig mit $\beta = 26,6^\circ$ und luftseitig ca. $33,7^\circ$ geplant. Die Gleitsicherheit wird nach GEO 2, Lastfall LF BS-P vereinfacht für einen Trapezquerschnitt berechnet.

Ansatz: Dammhöhe = 4,00 m; Sohlbreite ≈ 12 m; Kronenbreite ≈ 1 m; Sohlreibung $\varphi_k \approx 25^\circ$

Wasserstand $H_w = 1,50$ m; Damm $\gamma_D = 20$ kN/m³; Wasser $\gamma_w = 10$ kN/m³;

Sicherheitsbeiwerte GEO 2: $\gamma_{R,h} = 1,10$; $\gamma_G = 1,35$

$$R_d = \gamma_D \cdot H_D \cdot 0,5 \cdot (\text{Kronenbreite} + \text{Sohlbreite}) \cdot \tan \varphi / \gamma_{R,h}$$

$$= 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 3,50 \text{ m} \cdot 0,5 \cdot (12 \text{ m} + 1 \text{ m}) \cdot \tan (25^\circ) / 1,1$$

$$R_d = 193 \text{ kN/m}$$

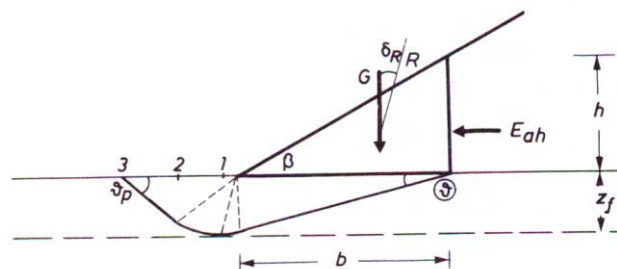
$$E_d = \gamma_w \cdot H_w^2 / 2 \cdot \gamma_G = 10 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,50^2 \text{ m}^2 / 2 \cdot 1,35 = 15 \text{ kN/m}$$

$$\text{Ausnutzungsgrad } \mu = E_d / R_d = 15 / 193 = 0,08 < 1,0$$

Der Gesamtdamm ist ausreichend gleitsicher. Für die Berechnung der Gleitsicherheit am Fuß wird vereinfacht von einer waagrechten Sohlfläche ausgegangen.

4.2 Sicherheit am Dammfuß [4]

Die Sicherheit am Dammfuß wird für die steilere, luftseitige Böschung nachgewiesen. Im Fußbereich ist die Böschungsneigung mit $33,7^\circ$ (1:1,5) geplant. **Es wird davon ausgegangen, dass das für die Schüttung verwendete Bodenmaterial mit Bindemittel so aufbereitet wird, dass ein Ersatzreibungswinkel (aus Reibungswinkel und Kohäsion) von $\varphi_D = 35^\circ$ angesetzt werden kann. Ansonsten ist der Fußbereich für den geplanten Böschungswinkel von 1:1,5 nicht nachzuweisen, da der Böschungswinkel den Winkel der inneren Reibung übersteigt..**



a) Kräfte am Dammfuß

Damm: $\varphi_D = 35^\circ$ (Ersatzreibungswinkel); $\beta_l \approx 33,7^\circ$; $\beta_w \approx 26,6^\circ$; $\alpha = 0$ $\delta_a = 0$ Untergrund: $\varphi = 25^\circ$

Formel	Luftseitig $\beta_l \approx 33,7^\circ$	Wasserseitig $\beta_w \approx 26,6^\circ$
$K_{ah} = f(\varphi_D, \alpha, \beta, \delta_a)$	0,53	0,39
$\tan \delta_R = K_{ah} \cdot \tan \beta$	$0,53 \cdot \tan (33,7^\circ) = 0,35$	
$\delta_R =$	$19,5^\circ$	
$\tan \vartheta =$	0,40	
$\vartheta = f(\varphi_D, \alpha, \beta, \delta_a)$	$21,7^\circ$	

b) Dammfußbreite b

Gleitlinie: $z_1 = r_1 \cdot \cos \varphi = 1,5 \text{ m}$; $\vartheta = 21,7^\circ$ (z_1 angenommene nachgiebige Schicht)

$$r_1 = z_1 / \cos \varphi = 1,5 \text{ m} / \cos (25^\circ) = 1,66 \text{ m}$$

$$r_1 = r_0 \cdot e^{(\vartheta \cdot \pi / 180^\circ \cdot \tan \varphi)}$$

$$r_0 = 1,66 \text{ m} / e^{(18,3^\circ \cdot \pi / 180^\circ \cdot \tan (30^\circ \cdot \pi / 180^\circ))} = 1,39 \text{ m}$$

$$b = r_0 \cdot \sin(90^\circ - \varphi) / \sin \vartheta = 1,39 \text{ m} \cdot \sin(90^\circ - 25^\circ) / \sin(21,7^\circ) = 1,58 \text{ m}$$

$$h = b \cdot \tan \beta = 1,58 \text{ m} \cdot \tan (33,7^\circ) = 1,06 \text{ m}$$

$$e' = h/3 \cdot \tan \delta_R = 0,12 \text{ m}$$

$$b' = 2/3b + 2e' = 1,30 \text{ m}$$

Erddruck: $G = \gamma_D \cdot b/2 \cdot h = 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,58 \text{ m} / 2 \cdot 1,06 \text{ m} = 16,71 \text{ kN/m}$

$$E_{ah} = G \cdot \tan \delta_R = 16,71 \text{ kN/m} \cdot 0,35 = 5,91 \text{ kN/m}$$

Sohldruck: $E_d = G/(b' \cdot 1) \cdot \gamma_G = 16,71 \text{ kN/m} / 1,30 \text{ m} \cdot 1,35 = 17,3 \text{ kN/m}^2$

c) Grundbruchsicherheit am Fuß (GEO-2, LF BS-P)

System: $d = 0 \text{ m}$; $b' = 1,30 \text{ m}$; $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$; $\varphi = 25^\circ$; $c = 0 \text{ kN/m}^2$ (sichere Seite)

$$N_c = 187 \quad N_d = 88 \quad N_b = 41 \quad \eta \approx 10 \text{ (geschätzte Grundbruchsicherheit)}$$

$$v_c = v_d = v_b = 1; \gamma_{R,v} = 1,4$$

$$R_{fH} = \eta \cdot E_{ah} = 11,82 \text{ kN/m} \quad (R_{fHk} = \eta \cdot R_{Hk})$$

$$R_{fV} = \eta \cdot G = 33,42 \text{ kN/m} \quad (R_{fVk} = \eta \cdot R_{Vk})$$

$$\kappa_b = 0,45; \kappa_d = 1,00; \kappa_c = 1,00$$

Spannung: $R_d = (c \cdot N_c \cdot v_c \cdot \kappa_c + \gamma \cdot d \cdot N_d \cdot v_d \cdot \kappa_d + \gamma \cdot b' \cdot N_b \cdot v_b \cdot \kappa_b) / \gamma_{R,v}$

$$R_d = (0 + 0 + 20 \text{ kN/m}^3 \cdot 1,30 \text{ m} \cdot 41 \cdot 1 \cdot 0,45) / 1,4 = \mathbf{338 \text{ kN/m}^2}$$

$$E_d = G / (b' \cdot 1) \cdot \gamma_G = 16,71 \text{ kN/m} / 1,30 \text{ m} \cdot 1,35 = \mathbf{17 \text{ kN/m}^2}$$

$$E_d \leq R_d$$

d) Gleitsicherheit auf der Wasserseite (GEO-2, LF BS-P)

Einwirkungen:	$E_d = k_{ah} \cdot \tan \beta_w \cdot \gamma_G = 0,39 \cdot \tan(26,6^\circ) \cdot 1,35 = \mathbf{0,26}$
Widerstände:	$R_d = \tan \varphi / \gamma_{R,h} = \tan(25^\circ) / 1,1 = \mathbf{0,42}$

$$E_d < R_d$$

e) "schnelles Absenken am Fuß" (GEO-2, LF BS-T)

Damm: $\gamma'_D = 10 \text{ kN/m}^3$; $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$; $k_{ah} = 0,39$; Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{R,h} = 1,1$ und $\gamma_Q = 1,3$

Einwirkungen:	$E_d = \tan \beta \cdot (k_{ah} \cdot \gamma_w / \gamma'_D) \cdot \gamma_Q = \tan(26,6^\circ) \cdot (0,39 \cdot 10/10) \cdot 1,3 = \mathbf{0,25}$
Widerstände:	$R_d = \tan \varphi / \gamma_{R,h} = \tan(25^\circ) / 1,1 = \mathbf{0,42}$

$$E_d < R_d$$

Auf der Luftseite leitet das Drainageprisma Sickerwasser ab, so dass keine Strömungsbelastung vorhanden ist.

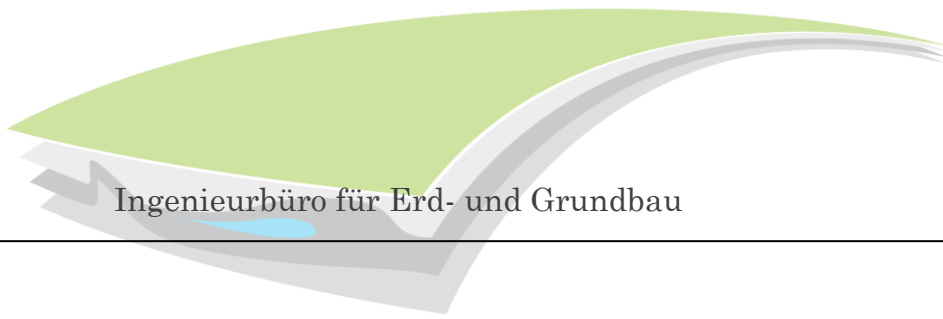
4.3 Böschungsbruchuntersuchungen nach DIN 4084-1981

Bei dem untersuchten HRB handelt es sich um ein Trockenbecken, welches in die Gruppe der "Sehr kleinen Becken" eingestuft ist. Die Stauhöhe beträgt bei Vollstau $z_v = 599 \text{ mNN}$ mit 1 m Freibord. Die Hochwasserstauziele z_{H1} und z_{H2} sind noch nicht festgelegt. Für den Lastfall A 2.1 haben daher den Kronenstau mit 600 mNN angesetzt.

Als Verkehrslast wird im Normalfall eine Ersatzlast SLW 30 auf der Dammkrone mit $p = 16,7 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt. Für den Bauzustand haben wir eine höhere Last von $p = 33,3 \text{ kN/m}^2$ (Ersatzlast für SLW 60) angesetzt. Die Sicherheit gegen Böschungsbruch wurde gemäß den Vorgaben der DIN 19700 mit dem Programm GGU Stability an kreisförmigen Gleitlinien nach Krey/Bishop nach DIN 4084-1981 überprüft. Einzelheiten der Berechnungen für die Tragwiderstandsbedingungen A sind in der Anlage 6 zusammengestellt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Überprüfte Lastfälle TWB A:

- wasserseitige Böschung mit Eigen + Verkehrslast (Anlage 4.1)
- luftseitige Böschung mit Eigen + Verkehrslast (Anlage 4.2)
- wasserseitige Böschung im Bauzustand (Anlage 4.3)
- luftseitige Böschung im Bauzustand (Anlage 4.4)
- luftseitige Böschung bei Kronenstau (Anlage 4.5)
- wasserseitige Böschung, schneller Absenk, (Anlage 4.6)



In der Tabelle sind die Sicherheiten für die berechneten Lastfälle zusammengestellt.

$\eta_{\min}$	Einwirkungskombinationen			
Tragwiderstandsbedingungen	1.1	1.2	2.1	2.2
A (wahrscheinliche Bedingung)	2,75/2,11	3,35/2,45	1,4	2,17

Bei den Tragwiderstandsbedingungen A wird die erforderliche Böschungsbruchsicherheit in allen untersuchten Lastfällen eingehalten.

4.4 Angaben zur Dammschüttung und zum Dammschüttmaterial

Es ist geplant den Damm als homogenen Erddamm aus fein- bis gemischtkörnig bindigem Boden herzustellen. Als Dammschüttmaterial eignen sich Böden der Gruppen (TA), TM, TL, GU*, SU*.

Reibungswinkel $\varphi' \geq 25^\circ$

Dichte $\gamma/\gamma' = 20/10 \text{ kN/m}^3$

Kohäsion $c' \geq 20 \text{ kN/m}^2$

organischer Anteil Glühverlust $\leq 5 \%$

hydraulische Durchlässigkeit $k_f \leq 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

mineralische Fremdbestandteile $< 5 \%$

Überkorn bis max. 80 mm $< 5 \%$

Tongehalt ($d \leq 0,002 \text{ mm}$) $\geq 10\%$

Kalkgehalt $\leq 10\%$

Das beim Aushub anfallende Bodenmaterial ist stark witterungsempfindlich und weist weitestgehend Konsistenzen geringer als steif-halbfest auf, so dass das Material ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht ausreichend verdichtbar ist. Weiterhin sind Steine und Blöcke aus dem anfallenden Material bei Wiederverwendung sorgfältig auszulesen.

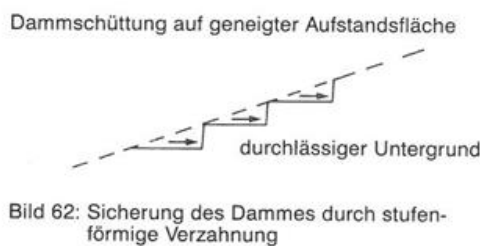
Grundsätzlich sind bindige Böden für den Wiedereinbau ohne bodenverbessernde Maßnahmen nur geeignet, wenn sie eine mindestens steif-halbfeste Konsistenz aufweisen bzw. der Einbauwassergehalt in einem Bereich +1% bis -2% um den optimalen Wassergehalt liegen. Die anfallenden Buntsandsteinböden eignen sich erfahrungsgemäß für eine Bodenverbesserung mit Bindemittel. Nähere Angaben hierzu enthält Kapitel 3.3.

Grundsätzlich wird für den Aufbau des Dammes empfohlen, nach Abschieben des Mutterbodens und ggf. noch stärker durchwurzelter Decklagen (obere 60 cm) die Dammaufstandsfläche $\geq 40 \text{ cm}$ tief mit einem Mischbindemittel zu verbessern, so dass auf der Dammaufstandsfläche ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird.

Es wird empfohlen, die Einbaulagen für den Damm auf $d \leq 25\text{cm}$ zu begrenzen. Die Verdichtung ist hierbei knetend, mit einer Schafffußwalze, vorzunehmen, es ist ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100\%$ anzustreben. Der Luftporengehalt ist auf $n_a \leq 12\%$ zu begrenzen.

Aus Schüttungen mit bindigen Böden ist auch bei guter Verdichtung ($D_{Pr} \geq 97\%$) mit Eigensetzungen in einer Größenordnung von $\approx 0,5\%$ zu rechnen.

Für den Anschluss an bestehende Randböschungen wird ein treppenartiger Anschluss z.B. in folgender Art empfohlen [7]:



In diesem Zug sind auch die Randflächen der Bestandsböschung nochmals sorgfältig nachzuverdichten. Um ein Aufweichen zu verhindern sind fertig verdichtete Lagen mit einer Glattradwalze eben abzuziehen.

Einzelheiten zu durchgeführten Labor- und Feldversuchen sind dem Baugrundgutachten [1] zu entnehmen.

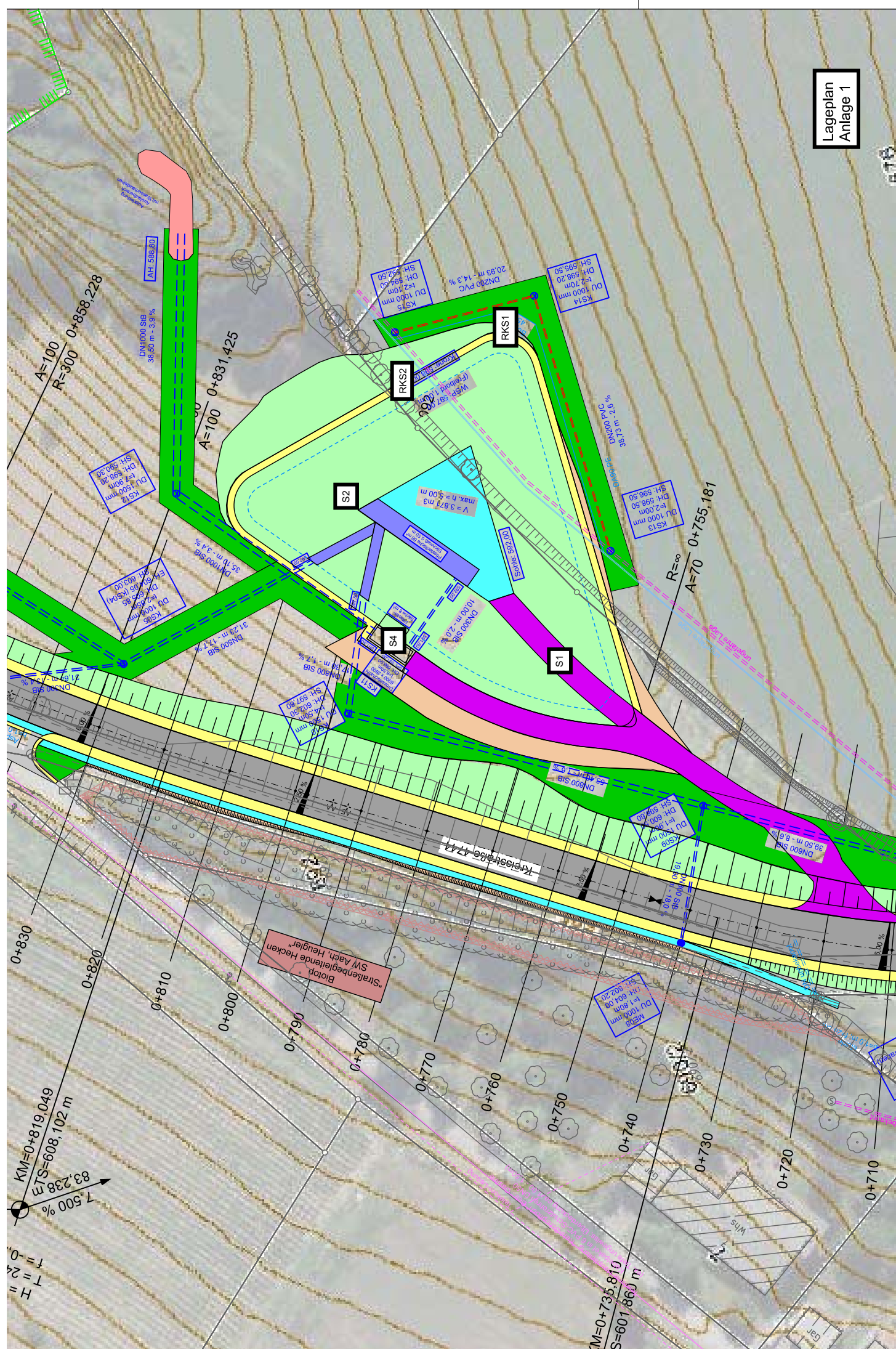
GeoTech Kaiser GmbH

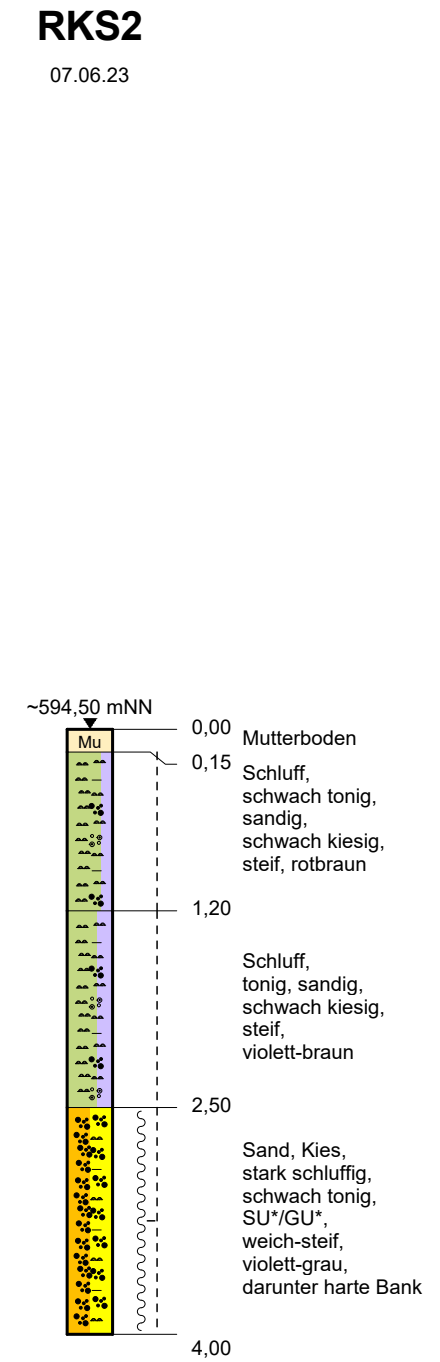
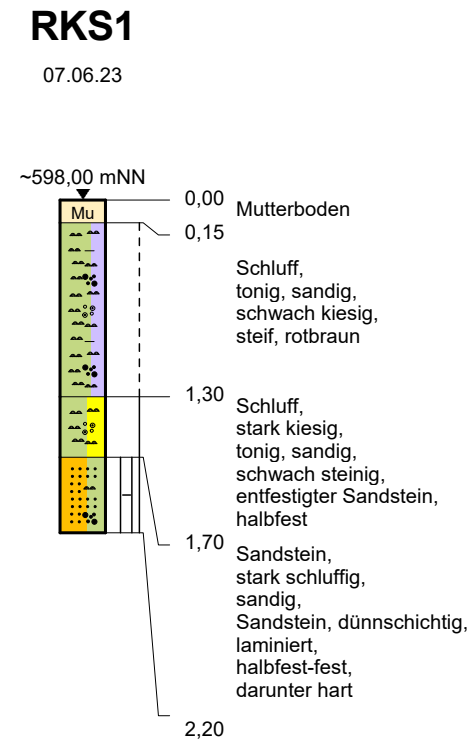
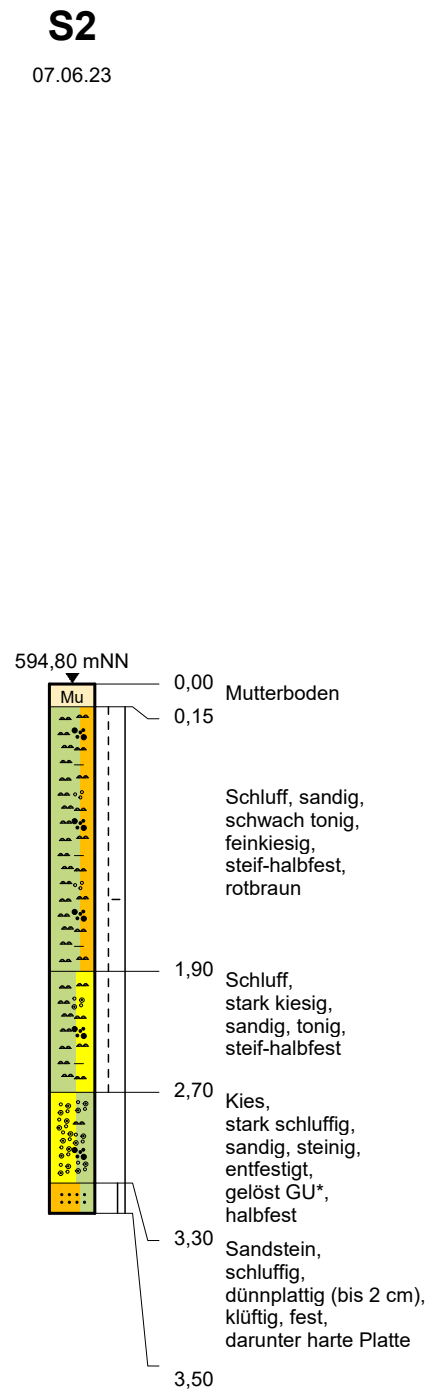
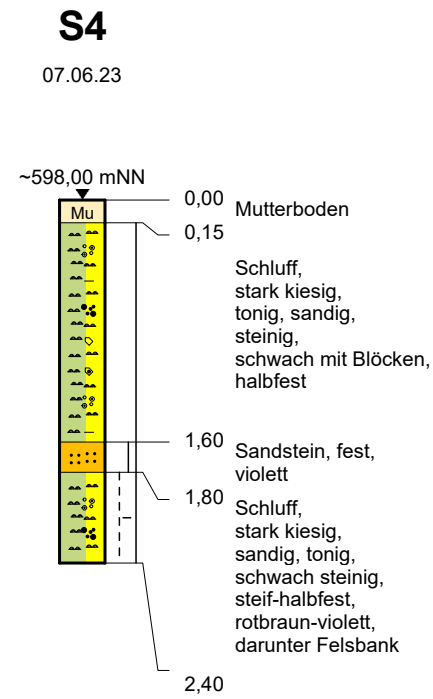
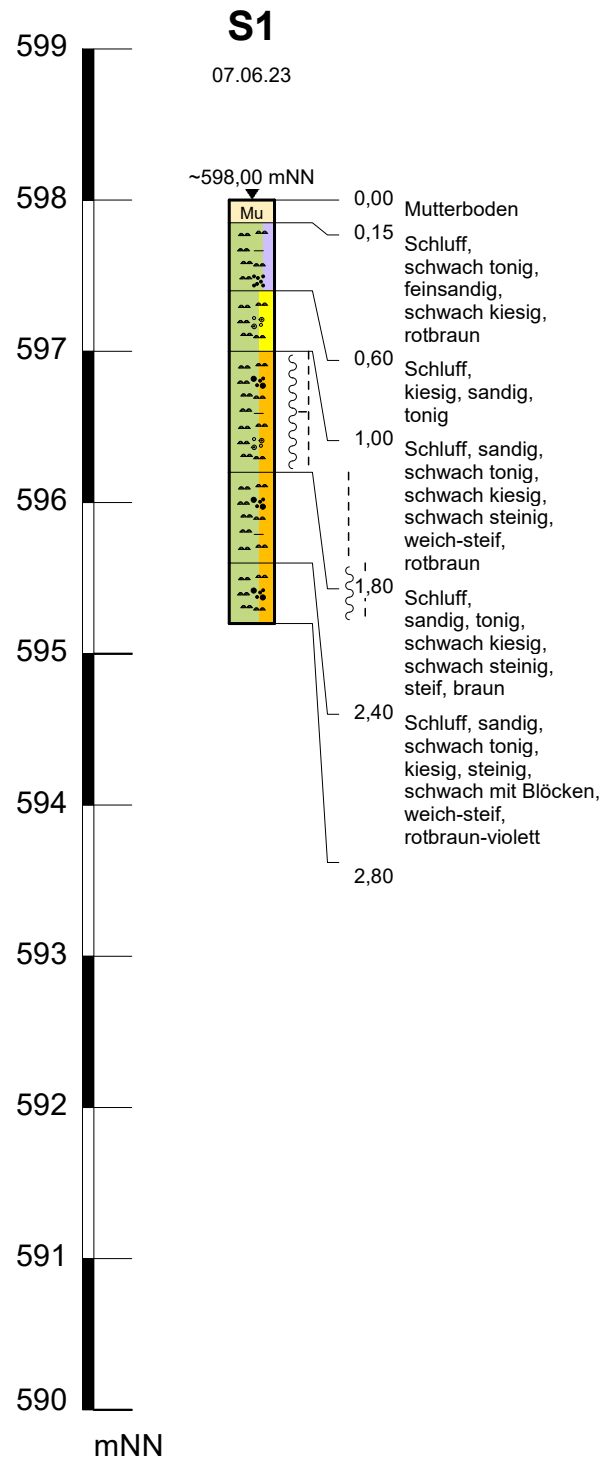
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Kaiser

Dipl.-Geol. Marc Gruler



Lageplan neu
überlagert
Anlage 1





Zeichenerklärung

Mu		Mutterboden
U		Schluff
S		Sand
G		Kies
Sst		Sandstein
u		schluffig
fs		feinsandig
s		sandig
fg		feinkiesig
g		kiesig
x		steinig
y		mit Blöcken
t		tonig

	Schicht halbfest-fest
	Schicht steif-halbfest
	Schicht fest
	Schicht halbfest
	Schicht steif
	Schicht weich-steif

GeoTech Kaiser GmbH IB für Erd- und Grundbau

Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
Tel: 0741/348618-41
info@geotech-kaiser.de



Auftraggeber:	LRA FDS Herr Keppler	Projekt-Nr.
Projekt:	Retentionsbecken K 4744 Dietersweiler - Aach	Anlage-Nr. 2
Bauvorhaben:	Baugrunderkundung	
Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet: Geprueft: Gutachter: Datum
	1 : 50	Kaiser Kaiser Kaiser 07.06.23

Anlage 3, Bilder



S1



S4



S2



RKS1



RKS2

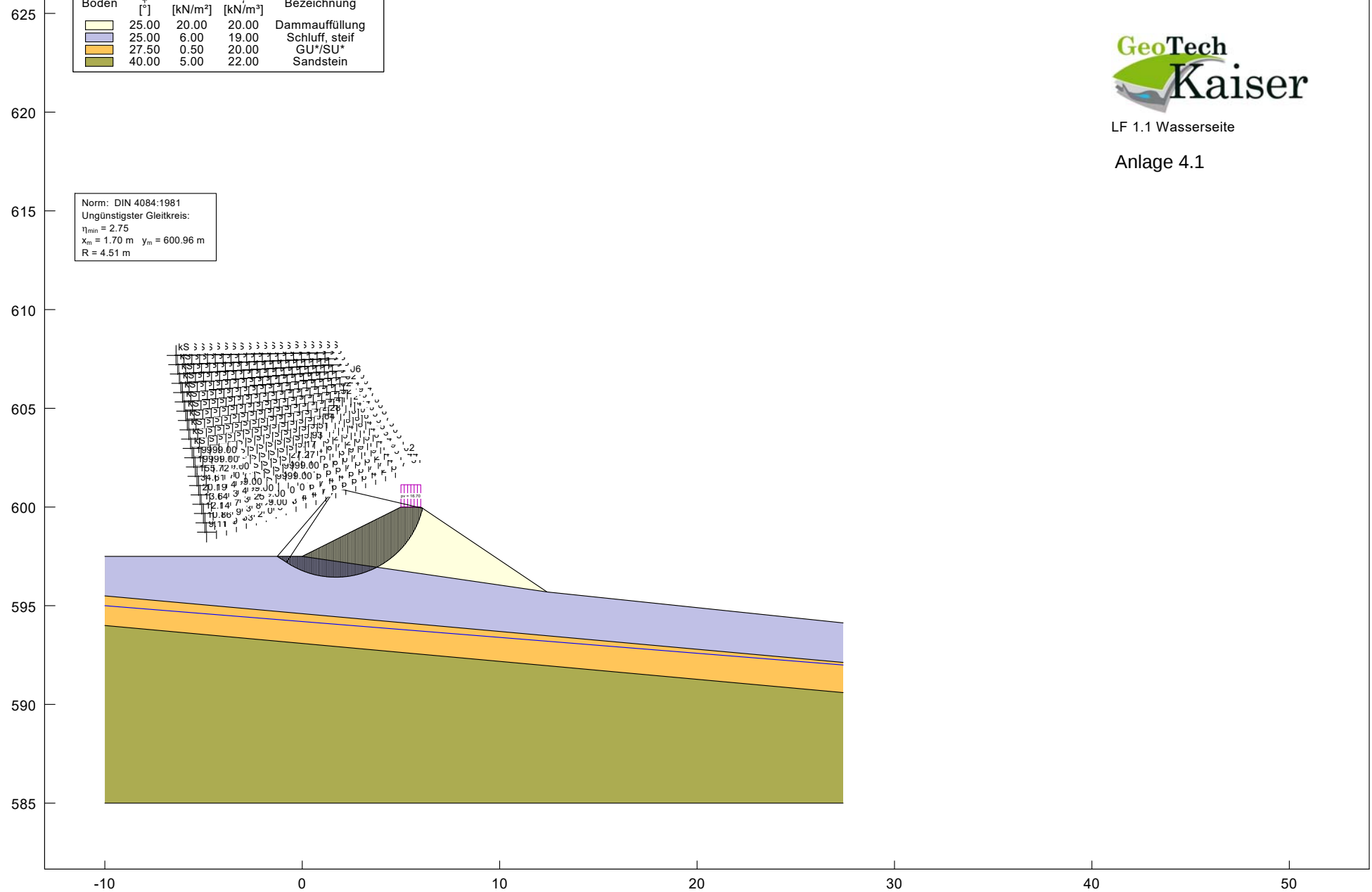
Boden	ϕ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	20.00	20.00	Dammauffüllung
	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Norm: DIN 4084:1981
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\eta_{min} = 2.75$
 $x_m = 1.70 \text{ m}$ $y_m = 600.96 \text{ m}$
 $R = 4.51 \text{ m}$



LF 1.1 Wasserseite

Anlage 4.1



GeoTech Kaiser GmbH

LF 1.1 Eigenlast und Verkehr, wasserseitig

Böschungsberechnung nach DIN 4084:1981
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 η [-] = Sicherheit
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	5.000	600.000	4	6.000	600.000	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Bodenkennwerte

Boden	φ	c	γ	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.00	20.00	20.00	Dammauffüllung
2	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
3	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
4	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	597.500	12.400	595.700	1
2	-10.000	595.500	27.400	592.130	2
3	-10.000	594.000	27.400	590.600	3
4	-10.000	585.000	27.400	585.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	595.000	2	27.400	592.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	16.70	16.70	5.00	6.00	600.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 591.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 590.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.2393 614.0720

x / y (Ende): -5.6625 614.2043

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	x_m	y_m	Radius	Lamellen	η	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(s)	M(Gi)	M
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
7	1.6996	600.9606	4.5149	100	2.7506	1026.418	373.161	1026.4	0.0	373.2	0.0

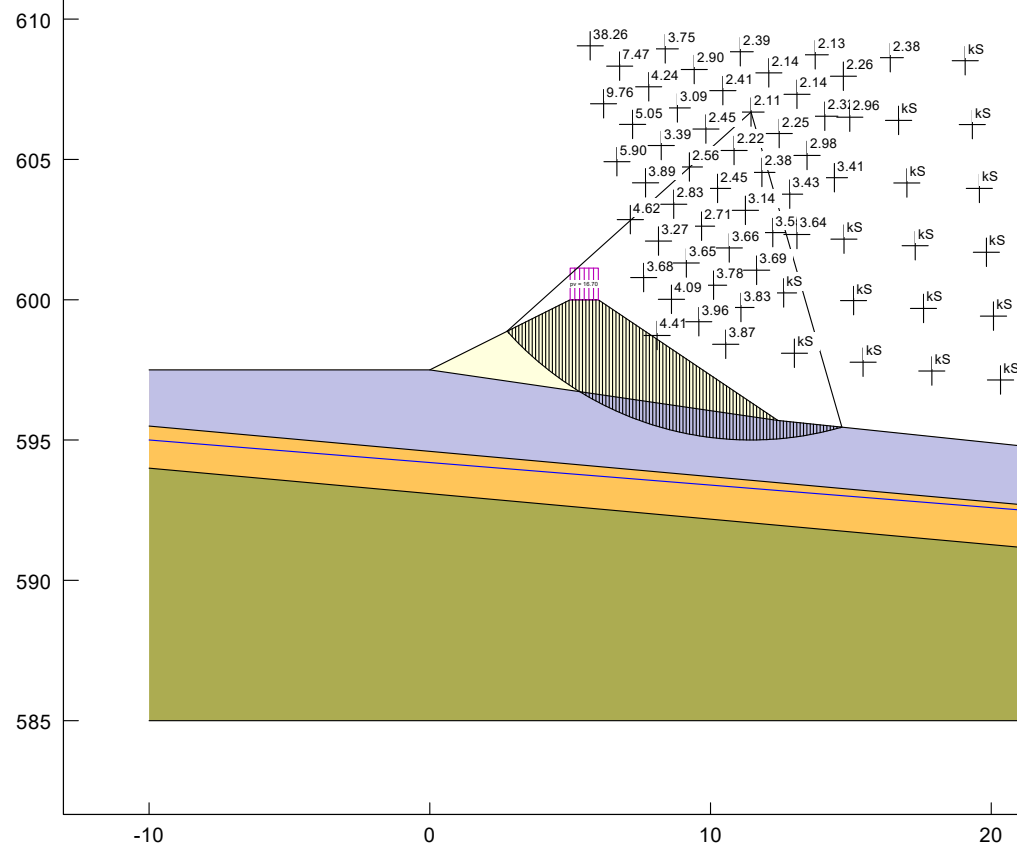
Boden	ϕ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	20.00	20.00	Dammauffüllung
	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Norm: DIN 4084:1981
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\eta_{min} = 2.11$
 $x_m = 11.44 \text{ m}$ $y_m = 606.69 \text{ m}$
 $R = 11.68 \text{ m}$



LF 1.1 Luftseite

Anlage 4.2



GeoTech Kaiser GmbH

LF 1.1 Eigenlast und Verkehr, luftseitig

Böschungsberechnung nach DIN 4084:1981
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 η [-] = Sicherheit
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	5.000	600.000	4	6.000	600.000	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Bodenkennwerte

Boden	φ	c	γ	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.00	20.00	20.00	Dammauffüllung
2	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
3	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
4	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	597.500	12.400	595.700	1
2	-10.000	595.500	27.400	592.130	2
3	-10.000	594.000	27.400	590.600	3
4	-10.000	585.000	27.400	585.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	595.000	2	27.400	592.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	16.70	16.70	5.00	6.00	600.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 591.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 590.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.2393 614.0720

x / y (Ende): -5.6625 614.2043

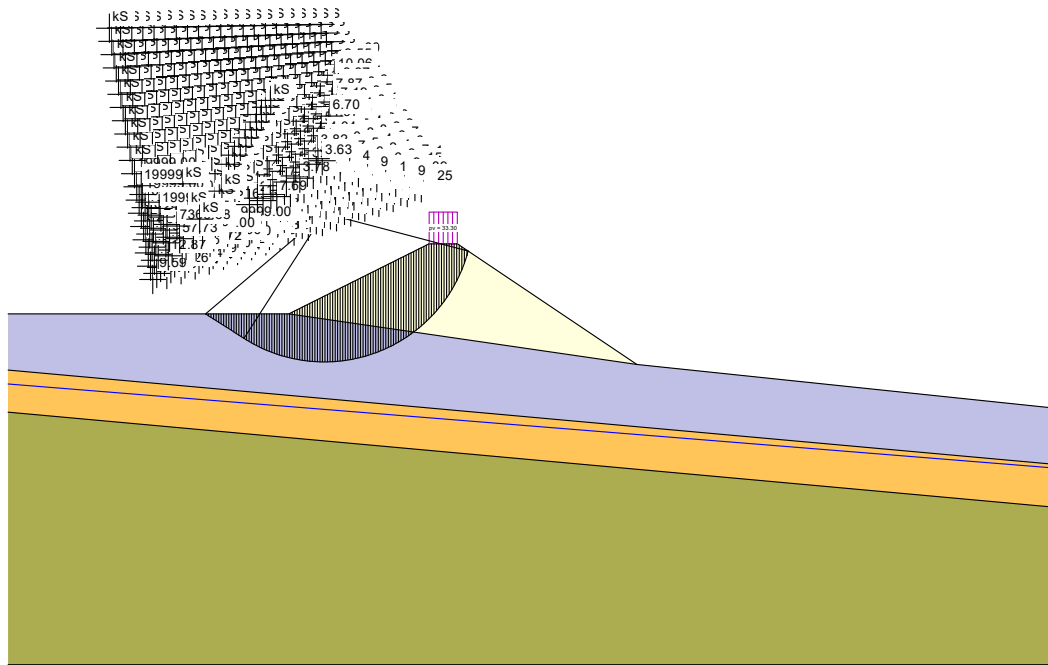
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	x_m	y_m	Radius	Lamellen	η	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(s)	M(Gi)	M
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
28	11.4432	606.6858	11.6824	100	2.1067	3998.865	1898.137	3998.9	0.0	1898.1	0.0

Age Group	Number of People
15-19	590
20-24	600
25-29	605
30-34	610
35-39	615
40-44	620
45-49	625

-10



GeoTech Kaiser GmbH

LF 1.2 Bauzustand Eigenlast und Verkehr, wasserseitig

Böschungsberechnung nach DIN 4084:1981
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

ϕ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 η [-] = Sicherheit
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	5.000	600.000	4	6.000	600.000	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Bodenkennwerte

Boden	ϕ	c	γ	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	0.00	60.00	20.00	Dammauffüllung
2	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
3	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
4	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	597.500	12.400	595.700	1
2	-10.000	595.500	27.400	592.130	2
3	-10.000	594.000	27.400	590.600	3
4	-10.000	585.000	27.400	585.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	595.000	2	27.400	592.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	5.00	6.00	600.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 591.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 590.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.2393 614.0720

x / y (Ende): -5.6625 614.2043

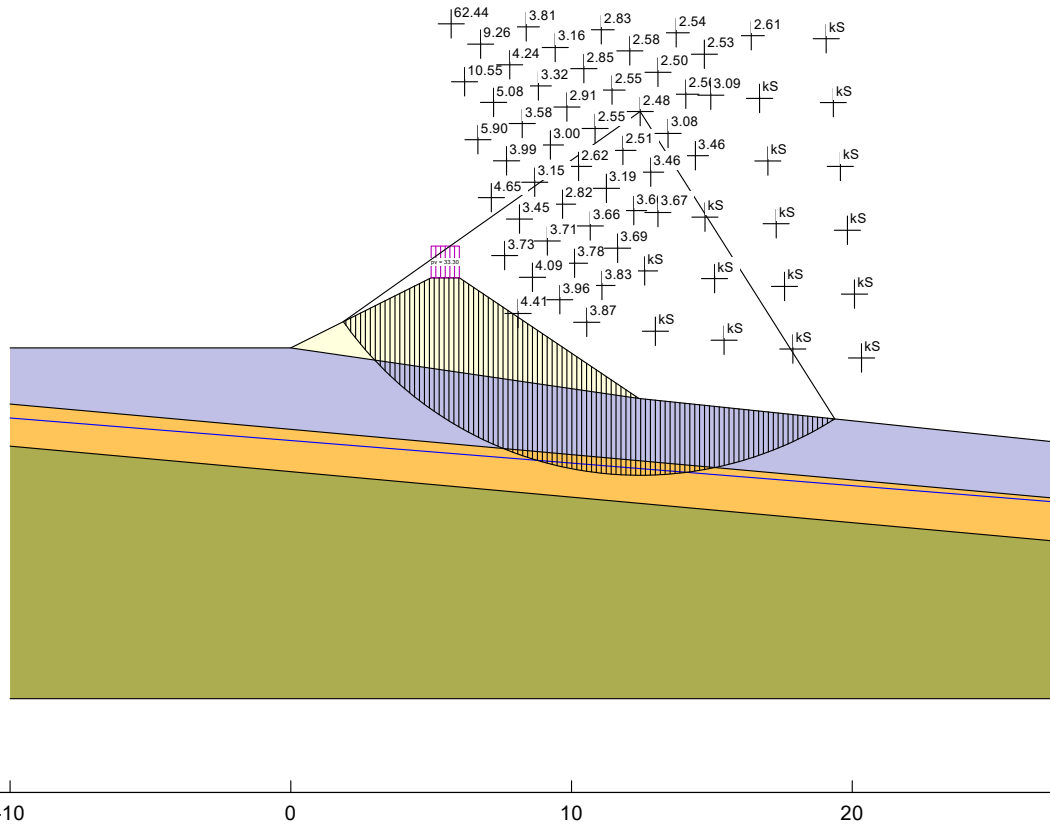
Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	x_m	y_m	Radius	Lamellen	η	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(s)	M(Gi)	M
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
429	1.2629	601.0879	5.2984	100	3.3506	2080.226	620.856	2080.2	0.0	620.9	0.0

Age Group	Number of People
15-19	590
20-24	595
25-29	600
30-34	605
35-39	610
40-44	615
45-49	620
50-54	625

A vertical axis with tick marks at intervals of 5, labeled 585, 590, 595, 600, 605, and 610.



GeoTech Kaiser GmbH

LF 1.2 Bauzustand Eigenlast und Verkehr, luftseitig

Böschungsberechnung nach DIN 4084:1981
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 η [-] = Sicherheit
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	5.000	600.000	4	6.000	600.000	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Bodenkennwerte

Boden	φ	c	γ	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	0.00	60.00	20.00	Dammauffüllung
2	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
3	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
4	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	597.500	12.400	595.700	1
2	-10.000	595.500	27.400	592.130	2
3	-10.000	594.000	27.400	590.600	3
4	-10.000	585.000	27.400	585.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	595.000	2	27.400	592.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	33.30	33.30	5.00	6.00	600.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 591.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 590.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

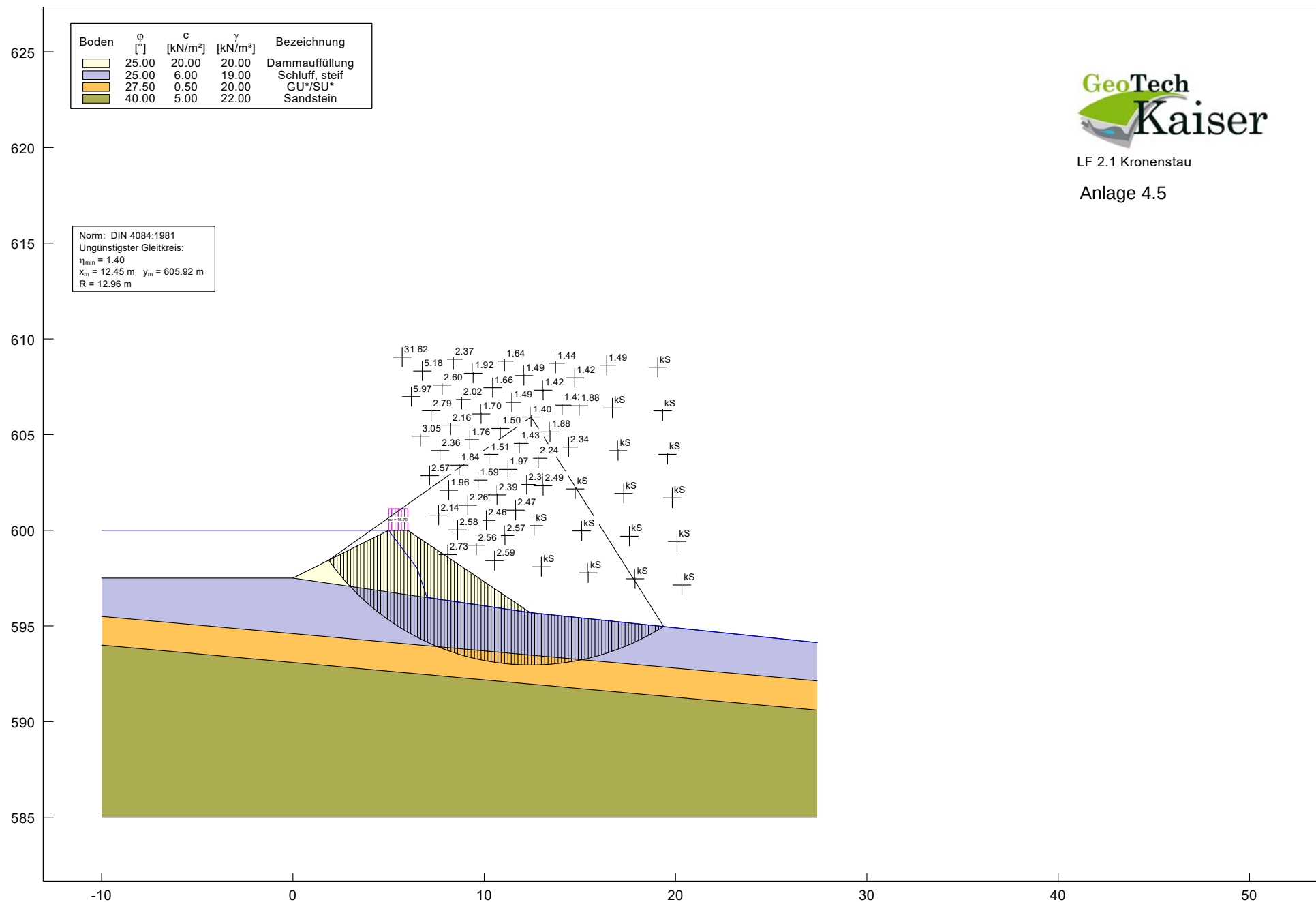
x / y (Anfang): -0.2393 614.0720

x / y (Ende): -5.6625 614.2043

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	x_m	y_m	Radius	Lamellen	η	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(s)	M(Gi)	M
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
59	12.4476	605.9204	12.9580	100	2.4839	8930.554	3595.332	8930.6	0.0	3595.3	0.0



GeoTech Kaiser GmbH

LF 2.1 Kronenstau

Böschungsberechnung nach DIN 4084:1981
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 η [-] = Sicherheit
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	5.000	600.000	4	6.000	600.000	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Bodenkennwerte

Boden	φ	c	γ	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.00	20.00	20.00	Dammauffüllung
2	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
3	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
4	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	597.500	12.400	595.700	1
2	-10.000	595.500	27.400	592.130	2
3	-10.000	594.000	27.400	590.600	3
4	-10.000	585.000	27.400	585.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	600.000	2	5.000	600.000	3	6.500	598.000	4	7.000	596.500	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	16.70	16.70	5.00	6.00	600.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 591.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 590.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

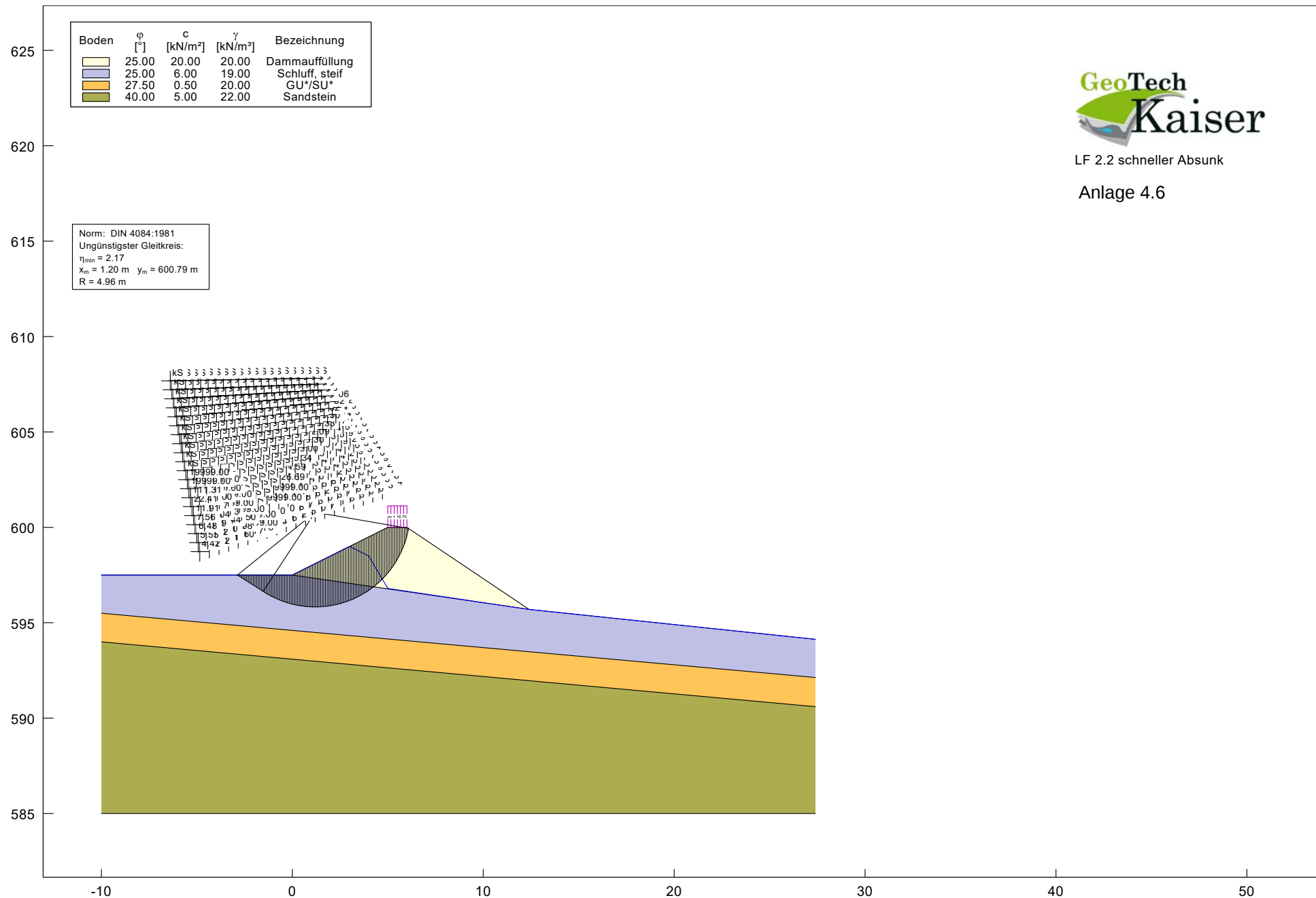
x / y (Anfang): -0.2393 614.0720

x / y (Ende): -5.6625 614.2043

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	x_m	y_m	Radius	Lamellen	η	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(s)	M(Gi)	M
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
59	12.4476	605.9204	12.9580	100	1.4022	4879.537	3480.037	4879.5	0.0	3480.0	0.0



GeoTech Kaiser GmbH

LF 2.2 Schneller Absunk

Böschungsberechnung nach DIN 4084:1981
mit Kreisgleitflächen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 η [-] = Sicherheit
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach links

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	5.000	600.000	4	6.000	600.000	5	12.400	595.700
6	27.400	594.130												

Bodenkennwerte

Boden	φ	c	γ	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	25.00	20.00	20.00	Dammauffüllung
2	25.00	6.00	19.00	Schluff, steif
3	27.50	0.50	20.00	GU*/SU*
4	40.00	5.00	22.00	Sandstein

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	597.500	12.400	595.700	1
2	-10.000	595.500	27.400	592.130	2
3	-10.000	594.000	27.400	590.600	3
4	-10.000	585.000	27.400	585.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	597.500	2	0.000	597.500	3	3.000	599.000	4	4.000	598.500	5	5.000	596.800
6	12.400	595.700	7	27.400	594.130									

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	16.70	16.70	5.00	6.00	600.00

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 591.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 590.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.2393 614.0720

x / y (Ende): -5.6625 614.2043

Anzahl Radien = 40

Nr	x_m	y_m	Radius	Lamellen	η	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(s)	M(Gi)	M
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
1	4.7210	601.9910	10.2479	101	6.7449	8731.598	1294.540	8731.6	0.0	1294.5	0.0
2	4.2174	601.8193	9.0664	101	5.3318	4410.085	827.127	4410.1	0.0	827.1	0.0

GeoTech Kaiser GmbH

LF 2.2 Schneller Absunk

8	1.1960	600.7889	4.9604	100	2.1711	1073.204	494.317	1073.2	0.0	494.3	0.0
---	--------	----------	--------	-----	--------	----------	---------	--------	-----	-------	-----