

## Anhang

# Geotechnischer Bericht



**Ingenieurbüro Dr. Koppelberg**

Rayener Kirchweg 26a  
47506 Neukirchen-Vluyn

Tel.: 02845 – 28335  
Mobil.: 0160 – 1908253  
E-Mail: wilfried.koppelberg@t-online.de

Dr. Koppelberg Rayener Kirchweg 26a 47506 Neukirchen-Vluyn

Ute Rebstock  
Büro für Landschaftsplanung  
Helrather Straße 2  
52249 Eschweiler

**Ing.-Büro für Sonderbereiche der  
Geotechnik und Hydrogeologie**

- Lagerstättenerschließung
- Standsicherheit von Böschungen
- Pfahlgründungen
- Wasserhaltungen
- Wasserrechtsanträge
- Numerische Berechnungen

Neukirchen-Vluyn, den 8.11.2018

Unser Zeichen: Ko - dd

**Geotechnischer Bericht**  
**– Zulässige Böschungsneigung der Abgrabung –**

**Projekt:** **Abgrabung Fuchserde**  
Stadt Elsdorf, Gemarkung Oberelmpf

**Auftraggeber:** Herr Michael Gülden  
Frankenstraße 54-56  
50189 Elsdorf

**Gutachten:** 18002

**Bearbeiter:** Dr. W. Koppelberg

**Inhalt:**

1	Vorgang.....	4
2	Beurteilungsunterlagen .....	4
3	Baugrund.....	5
3.1	Kartenangaben.....	5
3.3	Baugrund und Lagerungsdichte nach der Erkundung in der Grube Steinstraß [3].....	6
3.3.1	Untersuchungsverfahren .....	7
3.3.2	Schichtenfolge und Lagerungsdichte.....	8
4	Scherfestigkeit der nichtbindigen Böden.....	9
4.1	Reibungswinkel der anstehenden nichtbindigen Böden.....	9
4.2	Kohäsion/Strukturfestigkeit der nichtbindigen Böden.....	10
5	Ergebnisse der Böschungsanalyse in der Grube Steinstraß .....	12
5.1	Böschungsaufnahme - Methodik.....	12
5.2	Böschungsneigungen .....	12
6	Ermittlung der zulässigen Böschungswinkel.....	13
7	Zusammenfassung .....	15

**Anlagen und Pläne:**

- Anlage 1: Nachweis der erforderlichen Kohäsion einer 45°-Böschung im Sand
- Anlage 2.1: Berechnung des zul. Böschungswinkels für die Kombination Nr. 1 mit  $\varphi' = 40^\circ$  und  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$
- Anlage 2.2: Berechnung des zul. Böschungswinkels für die Kombination Nr. 2 mit  $\varphi' = 42,5^\circ$  und  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$
- Anlage 2.3: Berechnung des zul. Böschungswinkels für die Kombination Nr. 3 mit  $\varphi' = 40^\circ$  und  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$
- Anlage 2.4: Berechnung des zul. Böschungswinkels für die Kombination Nr. 4 mit  $\varphi' = 42,5^\circ$  und  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$
- Anlage 2.5: Berechnung des notwendigen Reibungswinkels  $\varphi'$  für die Kombination Nr. 5 bei  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$  und einer Böschungsneigung von 1:1,5
- Plan 1: Abgrabung Alt-Lich-Steinstraß:
- Luftbild mit Eintragung des Untersuchungsbereichs
  - Lageplan mit Böschung, Maßstab 1:250
  - Profil AA', Maßstab 1:100

## Verwendete Unterlagen:

- [1] Ute Rebstock, Büro für Landschaftsplanung: Antragsunterlagen für die Abgrabung Fuchserde in der Stadt Elsdorf; Dezember 2016
- [2] RWTH Aachen, LIH: Hydrologische Profilkarte von NRW, 5005 Bergheim
- [3] Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg und Gerdes GmbH: Baugrundgutachten für die Windenergieanlage WEA 6 auf der Verfüllung der Abgrabung Licher Straße, Niederzier-Steinstraß; Baugrundgutachten 16068 vom 19.07.2016
- [4] Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg und Gerdes GmbH: Prüfung der Standsicherheit der Böschungen im Kieswerk Heinsberg-Himmerich; Gutachten 09141 vom 18.01.2010
- [5] Lunne, Robertson & Powell: **Cone Penetration Testing** in Geotechnical Practice; Spon Press, 1997
- [6] Türke, H.: Statik im Erdbau, Ernst & Sohn, 1999
- [7] DIN EN 1997-1: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
- [8] DIN 1054: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997
- [9] DIN 4094-T1: Drucksondierungen
- [10] DIN 4124: Baugruben und Gräben – Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
- [11] DIN 4084: Baugrund – Geländebruchberechnungen

## 1 Vorgang

Durch das Büro für Landschaftsplanung, Ute Rebstock, wurde im Dezember 2016 im Auftrag von Herrn Michael Gülden ein Antrag auf Aufgrabung [1] gestellt. In diesem Antrag wurde eine Generalneigung der Böschungen von 1:1,5 ( $33,7^\circ$ ) zugrunde gelegt. Alle Pläne, Massenermittlungen, Abbauplanungen basieren auf dieser Generalneigung.

Laut Angabe des Büros Rebstock stimmte die Genehmigungsbehörde dieser Neigung nicht unmittelbar zu. Ohne eine objektbezogene geotechnische Beurteilung der Standsicherheit gestattet die Behörde nur eine Neigung von 1:1,8 ( $29,1^\circ$ ).

Daraufhin wurde der Unterzeichner kurzfristig beauftragt zu prüfen, ob die geplante Böschungsneigung von 1:1,5 ( $33,7^\circ$ ) bodenmechanisch zulässig ist.

## 2 Beurteilungsunterlagen

Am geplanten Standort der Abgrabung wurden keine Baugrunduntersuchungen durch Bohrungen und Drucksondierungen durchgeführt. Stattdessen wurden nun die Böschungen in der benachbarten Abgrabung Steinstraß (KiDe Alt-Lich GmbH & Co. KG) analysiert. Diese liegt rd. 800 m WNW des Randes der geplanten Abgrabung Fuchserde.



Abb. 1: Luftbild der Abgrabung Steinstraß und der geplanten Abgrabung Fuchserde

In einem verfüllten Teil der Abgrabung Steinstraß wurde für die Eheleute Antons eine Windenergieanlage (WEA 6) errichtet. Die geotechnische Betreuung erfolgte durch das Geotechnische Büro Dr. Koppelberg und Gerdes GmbH [3]. Im Rahmen dieses Gutach-

tens erfolgte eine Baugrunderkundung durch Bohrungen und durch Drucksondierungen. Die dabei gewonnenen Ergebnisse zum Untergrundaufbau und zur Lagerungsdichte werden für diesen Bericht herangezogen.

In Bezug auf die Strukturfestigkeit ungestörter, nichtbindiger Böden wurde eine Analyse von sehr steilen Böschungen des Kieswerks Heinsberg–Himmerich [4] herangezogen.

### 3 Baugrund

#### 3.1 Kartenangaben

Der folgende Kartenausschnitt aus [2] zeigt die Untergrundverhältnisse in den zwei Profilschnitten, die dem Standort der geplanten Abgrabung am nächsten sind. Die rote vertikale Linie markiert den Mittelpunkt der Abgrabung Fuchserde. Die geologischen Schichtgrenzen für den Standortbereich ergeben sich als Mittelwerte der Grenzen aus den beiden Profilen.

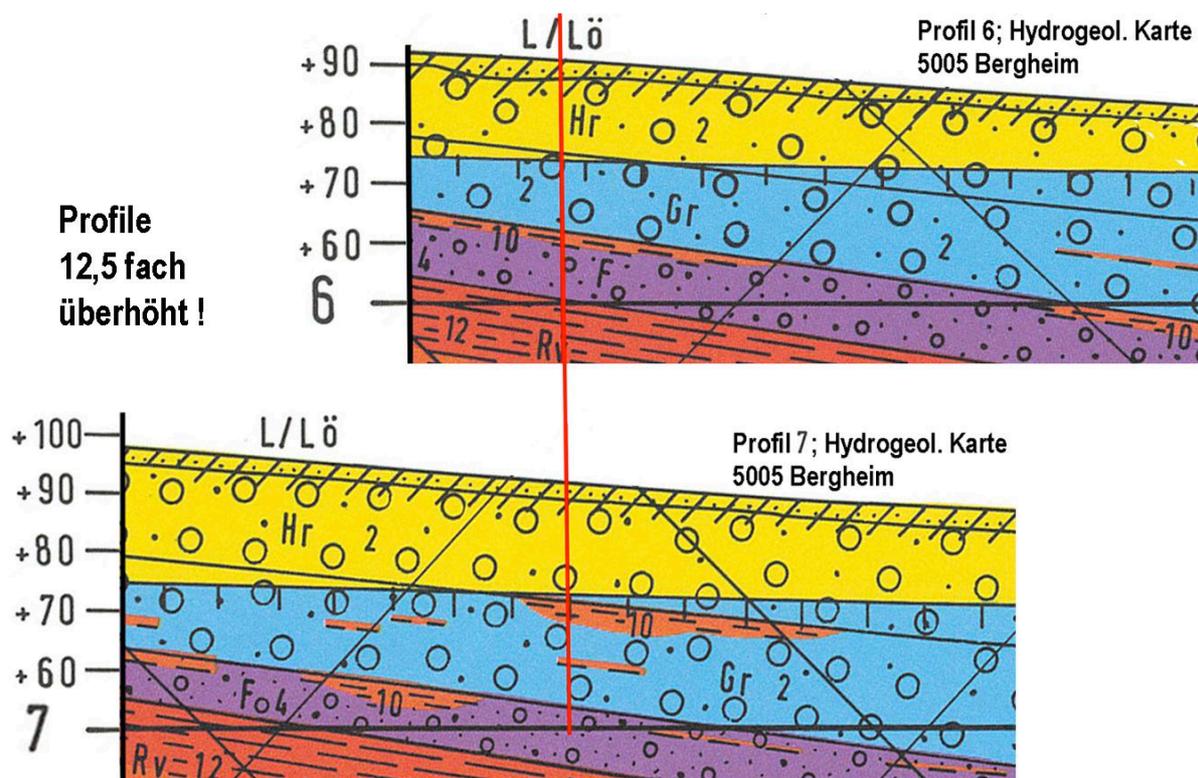


Abb. 2: Profile 6 und 7 aus der hydrologischen Karte [2]

Die wesentlichen Ergebnisse aus der hydrologischen Karte sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

von...bis [mNHN]	Boden-kürzel	Bodenbezeichnung geologisch	Körnungs-band-Nr.	Körnung
91,5...88	L/Lö	Lößlehm/Löß	9	Schluff, tonig, sandig
88...74	Hr	Jüngere Hauptterrasse des Rheins	2	65...90 % Kies; 10...35 % Sand
74...59	Gr	Ältere Hauptterrasse des Rheins	2	65...90 % Kies; 10...35 % Sand
59...57	F	Älteste Hauptterrasse von Rhein und Maas (Jülicher Ton)	10	Ton, schluffig, unten z.T. sandig
57...47	F	Älteste Hauptterrasse von Rhein und Maas (Kiessand)	4	Sand, kiesig bis stark kiesig, im oberen Bereich schluffig
< 47	Rv	Reuerton	12	Ton

Es ist anzumerken, dass es sich bei den Schichtgrenzen erfahrungsgemäß nur um grobe Anhaltswerte handelt.

Die Terrassenablagerungen Hr und Gr haben etwa die gleichen Körnungslinien. Nach dem Profil 7 können in der Älteren Hauptterrasse des Rheins (Gr) aber vereinzelt Tonschichten auftreten.

### 3.3 Baugrund und Lagerungsdichte nach der Erkundung in der Grube Steinstraß [3]

Im Bereich der Windenergieanlage WEA 6 wurden Bohrungen und Drucksondierungen vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

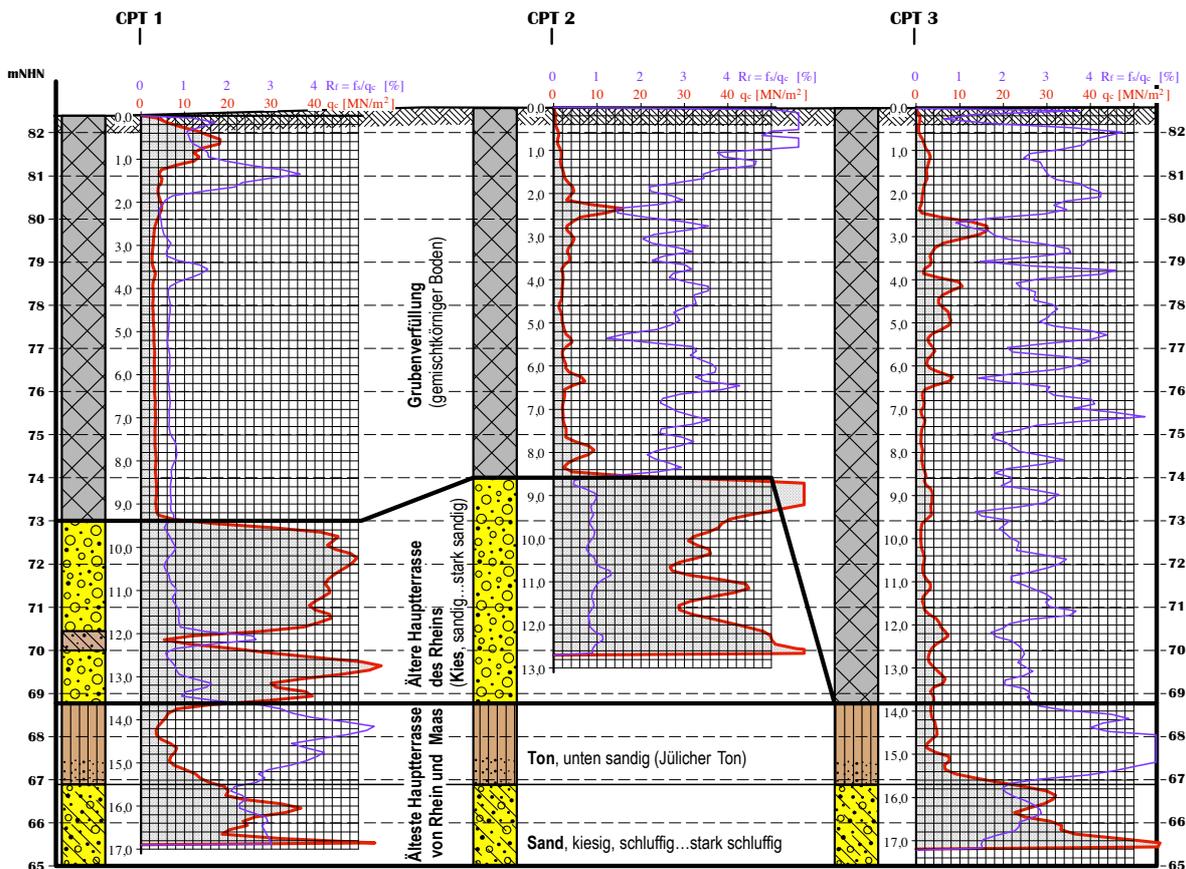


Abb. 3: Ergebnisse der Bohrungen und Rammsondierungen; Bereich WEA 6

### 3.3.1 Untersuchungsverfahren

Bei **Drucksondierungen** nach DIN 4094-T1 (CPT = **C**one **P**enetration **T**est) wird ein Sondiergestänge mit einer Messsonde mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit mittels einer Hydraulik in den Untergrund gedrückt. Die Last wird von einem ca. 23 t schweren LKW aufgebracht. Die Geschwindigkeit beträgt rd. 2 cm/s. Im Sondierkopf befindet sich ein Druckaufnehmer zur Registrierung des **lokalen Spitzendrucks**  $q_c$ . Unmittelbar über dem kegelförmigen Messkopf ist eine Reibungshülse zur Messung der **lokalen Mantelreibung**  $f_s$  angeordnet. Die Signale von Spitzendruck, Mantelreibung, Gestängeneigung und Porenwasserdruck werden über ein Kabel im Sondiergestänge in die Messwert erfassungseinheit geleitet.

Der **Verhältniswert von Mantelreibung zu Spitzendruck**  $R_f = f_s/q_c$  erlaubt in Verbindung mit der Höhe des Spitzendrucks eine zutreffende, indirekte Beurteilung der durchteuften Bodenarten (vgl. Diagramm unten). Ein stark bindiger Boden hat nur einen sehr geringen Spitzendruck, aber eine sehr hohe Mantelreibung, was zu einem hohen Verhältniswert führt. Im Gegensatz hierzu liegt der Verhältniswert von Mantelreibung zu Spitzendruck in nichtbindigen Böden (Sande/Kiessande) bei ca. 0,6...1,2 %. Die Information über die Art des durchteuften Bodens und die von der Mantelreibung am Sondiergestänge nicht verfälschte Messwernerfassung im Sondierkopf sind die entscheidenden Vorteile der elektrischen Drucksondierung gegenüber einer Rammsondierung.

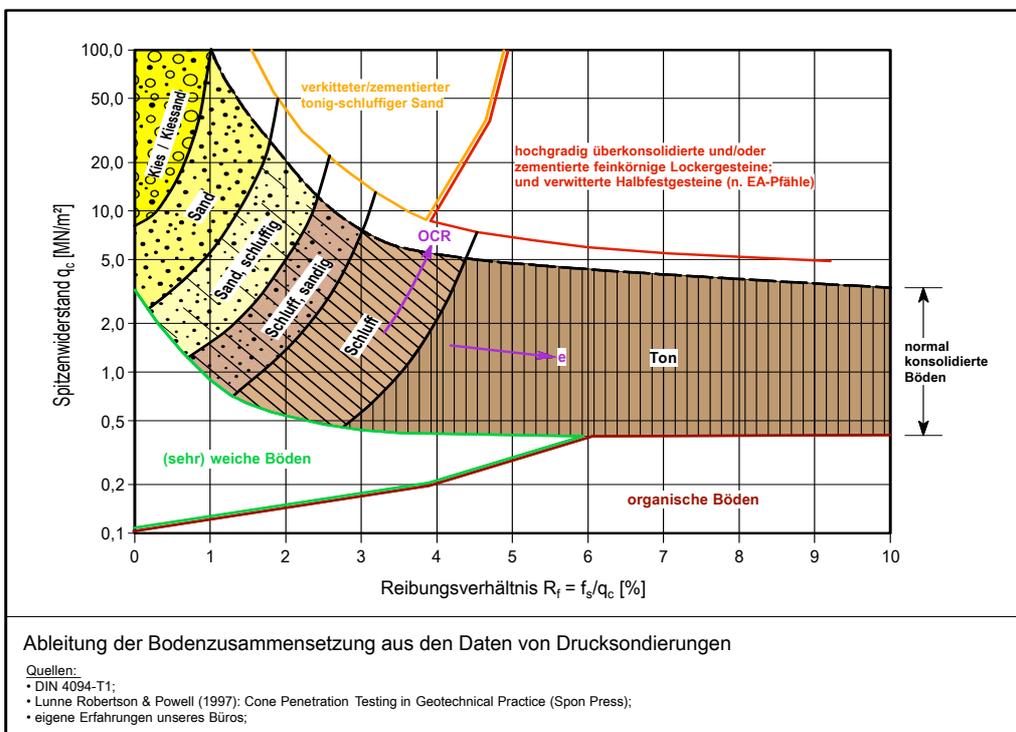


Abb. 4: Diagramm zur Auswertung der Daten aus elektrischen Drucksondierungen

### 3.3.2 Schichtenfolge und Lagerungsdichte

Die folgenden Angaben beziehen sich ausschließlich auf den gewachsenen Boden.

#### Ältere Hauptterrasse des Rheins (Gr):

- In diesen Ablagerungen werden extrem hohe Spitzenwiderstände von im Mittel  $q_c \approx 40 \text{ MN/m}^2$  registriert. Dies entspricht einer dichten bis sehr dichten Lagerung der Kiessande.
- Das Reibungsverhältnis beträgt  $R_f \approx 0,8 \dots 1,0 \%$ ; d.h. es liegt ein gut abgestuftes Kies-Sand-Gemisch vor.
- Die Ablagerungen der Hauptterrasse enthalten vereinzelte Lagen aus Ton, was auch bereits aus den geologischen Karten (Abb. 2, Profil 7) zu erwarten war.

#### Älteste Hauptterrasse von Rhein und Maas (F):

- In dem „Jülicher Ton“ werden Spitzenwiderstände von im Mittel  $q_c \approx 4 \dots 6 \text{ MN/m}^2$  erreicht. Das Reibungsverhältnis liegt in einer Spanne von  $R_f \approx 4 \dots 6 \%$ . Nach dem Auswertungsdiagramm handelt es sich bei dem Material um einen schwach schluffigen Ton mit einer mindestens halbfesten Konsistenz.
- Die unterlagernden kiesigen Sande wurden nur im obersten Teil durch die Drucksondierungen aufgeschlossen. Nach dem Auswertungsdiagramm stellt diese Schicht einen dicht gelagerten (verkitteten), schluffigen Kiessand dar.

Im Bereich der geplanten Abgrabung Fuchserde, deren Mittelpunkt nur ca. 1,0 km von der Abgrabung Steinstraß entfernt ist (Abb. 1), liegen nach der hydrologischen Karte (Abb. 2) praktisch identische geologische Verhältnisse vor. Es gelten somit auch für diesen Bereich folgende Kernaussagen:

1. Die für den Abbau vorgesehenen **Ablagerungen der Hauptterrasse** des Rheins (Hr und Gr) bestehen aus **gut kornabgestuften Kies-Sand-Gemischen mit einem hohen Kiesanteil**.
2. Die **Lagerungsdichte** ist sehr hoch; sie ist nach den Ergebnissen der Drucksondierungen als **dicht bis sehr dicht** einzustufen.

Derartige Verhältnisse sind erfahrungsgemäß im Übrigen typisch für die Ablagerungen der Hauptterrassen.

## 4 Scherfestigkeit der nichtbindigen Böden

Die Standsicherheit von Böschungen und somit auch die zulässigen Böschungsneigungen hängen untergeordnet von der Wichte des Bodens (hier  $\approx 21 \text{ kN/m}^3$ ), entscheidend aber von folgenden Scherparametern ab:

- **Reibungswinkel  $\varphi'$**
- **Kohäsion  $c'$**

Deren sichere und realistische Einschätzung ist daher fundamental für die Beurteilung und Berechnung der Standsicherheit von Böschungen.

### 4.1 Reibungswinkel der anstehenden nichtbindigen Böden

In Baugrundgutachten wird für mitteldicht und dicht gelagerte Kiessandgemische häufig routinemäßig ein Reibungswinkel von  $37,5^\circ$  angegeben. Dies ist für die meisten Fragestellungen ein konservativer, aber hinreichend hoher Wert.

Die Ergebnisse der Drucksondierungen ermöglichen aber eine realistischere Abschätzung des Reibungswinkels  $\varphi'$ .

Die Ablagerungen der Hauptterrasse sind ungleichförmig und dicht bis sehr dicht gelagert, woraus eine hohe Scherfestigkeit resultiert. In der Quelle [6] gibt Prof. H. Türke für derartige Böden eine Spanne der Reibungswinkel von  $\varphi' = 40 \dots 42,5^\circ$  an (Tafel 3/6 „Wahrscheinliche Bodenwerte“). Eine gleiche Einstufung findet sich auch in einer Literatur der „Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek“.

Das Basiswerk zur Auswertung von Drucksondierungen [5] enthält Angaben zur Ableitung des Reibungswinkels aus Drucksondierungen. Das Diagramm in Abbildung 5 zeigt den Reibungswinkel in Abhängigkeit von dem Spitzenwiderstand der Drucksonde und der örtlichen Vertikalspannung aus dem Überlagerungsdruck.

Für den mittleren Spitzenwiderstand von  $q_c \approx 40 \text{ MN/m}^2$  und Vertikalspannungen von  $250 \dots 300 \text{ kN/m}^2$  resultiert ein Reibungswinkel von  $\varphi' \approx 42,5 \dots 43^\circ$ .

Die **Auswertung der Drucksondierungen** nach den **3 angegebenen Quellen** führt somit zu einer Spanne der **Reibungswinkel** von:  $\varphi' = 40 \dots 43^\circ$ .

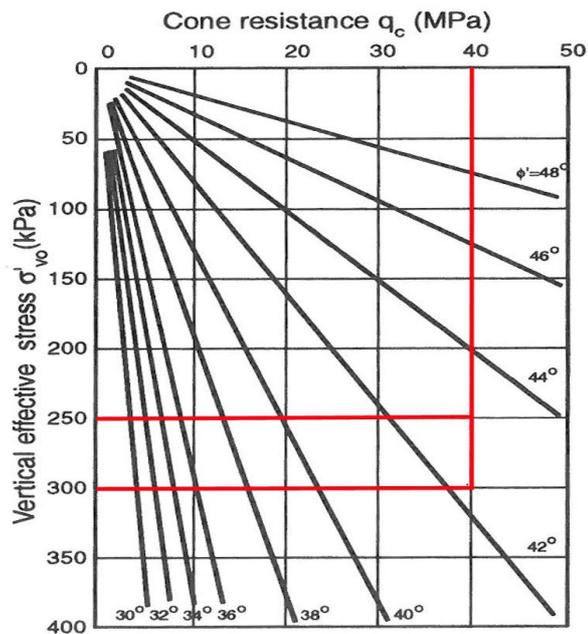


Figure 5.56  $\sigma'_v$ ,  $q_c$ ,  $\phi'$  relationships (after Robertson and Campanella, 1983b).

Abb. 5: Ermittlung des Reibungswinkels aus dem Spitzenwiderstand der Drucksonde

## 4.2 Kohäsion/Strukturfestigkeit der nichtbindigen Böden

Die Kohäsion hat einen bedeutenden Einfluss bei einer Böschungsbruchberechnung (neue Bezeichnung n. DIN 4084 [11]: Geländebruchberechnung). Sie bewirkt in einer betrachteten Gleitfuge einen spannungsunabhängigen zusätzlichen Widerstand, d.h. diese wirkt wie ein stabilisierender „Klebstoff“.

Bei bindigen Böden oder bei gemischtkörnigen Böden mit einem hohen Feinkornanteil lässt sich die Kohäsion durch Scherversuche im Labor bestimmen. Bei nichtbindigen Böden gelingt dies nicht, so dass für derartige Böden von den Labor-Bodenmechanikern generell eine Kohäsion von  $c' = 0$  angenommen wird.

Die Praxis zeigt allerdings, dass diese Annahme unzutreffend ist. Eine Kohäsion entsteht in **ungestörten nichtbindigen Böden** aus:

1. Haftwasser (→ „scheinbare“ Kohäsion)
2. Verkittung an den Kornkontaktpunkten (→ Strukturfestigkeit)

Die scheinbare Kohäsion ist nur gering, so dass die Strukturfestigkeit insbesondere bei alten Terrassenablagerungen (Hauptterrassen) eine dominierende Rolle spielt. Siebanalysen von solchen Materialien zeigen, dass erhebliche Strukturfestigkeiten bereits bei einem

sehr geringen Feinkornanteil von einigen Prozenten auftreten. (Eine gewisse Vergleichbarkeit besteht zu einem Sand, der durch einige Prozent Kalk/Zement ertüchtigt wurde.)

Im Folgenden werden einige Beispiele zur Kohäsion (Strukturfestigkeit) aufgeführt, um die Höhe dieses Kohäsionsanteils zu beziffern.

### **Beispiel 1: DIN 4124 [10]:**

Nach DIN 4124 dürfen Baugruben im Sand – unabhängig von dessen Lagerungsdichte – bis zu einer Höhe von maximal 5 m unter einem Böschungswinkel von 45° angelegt werden. Unter der Annahme eines Reibungswinkels für locker gelagerten Sand von 32,5° dürfte eine kohäsionslose Böschung unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte von  $\gamma_\varphi = \gamma_c = 1,25$  nur unter einem Böschungswinkel von 27° angelegt werden. Die Zulässigkeit eines Böschungswinkels von 45° impliziert somit, dass eine Strukturfestigkeit/Kohäsion auch für nichtbindige Böden existiert.

Die Nachrechnung der 45°-Böschung führt für den obigen Fall zu einer **Kohäsion/Strukturfestigkeit** von  $c' = 5,05 \text{ kN/m}^2$  (vgl. Anlage 1).

### **Beispiel 2: Böschungsanalyse [4]:**

In diesem Fall wurde von der Behörde eine Trockengrube stillgelegt, weil deren bis zu 18 m hohen Böschungen unter einem Winkel von rd. 55...60°, in Teilböschungen bis zu 70° angelegt worden waren. Die Hauptterrassenablagerung besteht dort aus Sand mit Einlagerungen von Kiessand. Der Feinkornanteil beträgt nur einige Prozent. Einige dieser Steilböschungen existierten bereits viele Jahre; dort hatten Vögel zahlreiche Nisthöhlen in den Sanden der Steilböschungen angelegt.

Es wurden 51 Böschungsprofile aufgenommen, um die Kohäsion nach dem Verfahren von Taylor/Fellenius zu ermitteln. Ergebnis:

*„Unter Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte für die Kohäsion und den Reibungswinkel von 1,0 errechnen sich die Kohäsionen (= **Strukturfestigkeit**) zu typischen Werten von  $c' = 11 \pm 5 \text{ kN/m}^2$ . In den ungünstigen Schnitten ist eine Kohäsion des Sandbodens von  $c' = 16,4 \text{ kN/m}^2$  erforderlich, damit kein Böschungsbruch eintritt.*

*Die Rückrechnung führt also zu dem Ergebnis, dass die dicht gelagerten Sande und kiesigen Sande in der Grube eine sehr hohe Strukturfestigkeit aufweisen, die maßgeblich dafür ist, dass trotz der unzulässig hohen Böschungswinkel bisher noch keine großräumigen Böschungsbrüche aufgetreten sind.“*

Es ließen sich noch eine große Anzahl weiterer Beispiele für das Vorhandensein einer Kohäsion/Strukurfestigkeit aufführen. Zusammenfassend kann zur Höhe der Kohäsion/**Strukurfestigkeit der Hauptterrassenablagerungen** folgende Angabe gemacht werden:

$$c' = 5...15 \text{ kN/m}^2$$

## 5 Ergebnisse der Böschungsanalyse in der Grube Steinstraß

Die KiDe Alt-Lich GmbH & Co. KG erteilte die Genehmigung, den südlichen Böschungsbereich der Abgrabung Steinstraß auszuwerten. Dieser Bereich liegt am nächsten an der geplanten Abgrabung Fuchserde. Daher und nach Auswertung der geologischen Unterlagen ist mit grundsätzlich gleichen Untergrundverhältnissen zu rechnen.

Es ist anzumerken, dass die Grube Steinstraß nördlich des Untersuchungsbereichs früher noch 8 m tiefer, bis auf ein Niveau von 64 mNHN, reichte. Zwischenzeitlich wurde der tiefe Teil mit ZO-Boden wieder verfüllt. Nach Planunterlagen wurde die frühere Böschung mit folgender Neigung angelegt:

$$71...64 \text{ mNHN:} \quad \text{Neigung } 1:1 \text{ (} 45,0^\circ \text{)}$$

### 5.1 Böschungsaufnahme - Methodik

Die Böschungen wurden per GPS mit einem Empfänger der 2-cm-Genauigkeitsklasse eingemessen. Die Messwerte wurden anschließend als DXF-Datei in den Plan 1 importiert, um das Böschungsprofil AA' zu konstruieren. Dieses stellt das Profil mit der größten Neigung dar. Der Plan 1 enthält einen Luftbildausschnitt der früheren tiefen Grube, einen Lageplan mit den Messpunkten auf der Böschung (Maßstab 1:250) und den Profilschnitt AA' (Maßstab 1:100).

### 5.2 Böschungsneigungen

Die Böschung ist durch Bermen in Teilböschungen untergliedert. Aus den Messungen ergeben sich folgende Neigungen für die einzelnen Teilböschungen (vgl. Plan 1):

von mNHN	bis mNHN	$\Delta h$ [m]	Neigung	Böschungswinkel
91,15	84,50	6,65	1:1,453	34,5°
84,50	79,30	5,20	1:1,264	38,6°
79,30	71,90	7,40	1:1,304	37,5°
71,90	64,00	7,90	1:1,000	45,0°

(Anm.: Die Daten für untere Höhenstufe stammen aus Planunterlagen.)

Die Neigungen der einzelnen Teilböschungen sind erheblich größer als die geplante Neigung für die Abgrabung Fuchserde von 1:1,5 (33,7°). Nach der örtlichen Beobachtung sind die Teilböschungen standsicher; dort haben sich im Laufe der Jahre bislang keine lokalen Böschungsbrüche ereignet. Nach den obigen Ausführungen zum Reibungswinkel und zur Kohäsion war die Entstehung von lokalen Böschungsbrüchen auch auszuschließen.

In Bezug auf die Standsicherheit des Gesamtsystems ist die Generalneigung zu betrachten. Diese beträgt (vgl. Plan 1):

Generalneigung, Höhenbereich 91,15...71,9 mNHN: **1:1,70 (30,5°)**

Generalneigung, Höhenbereich 91,15...64,0 mNHN: **1:1,34 (36,7°)**

#### **Fazit:**

1. Die aktuelle Generalneigung ist mit 1:1,7 deutlich geringer als die geplante Neigung für die Abgrabung Fuchserde von 1:1,5 (33,7°).
2. Die frühere Generalneigung betrug 1:1,34 (36,7°). Diese war erheblich größer als die beantragte Neigung für die Abgrabung Fuchserde von 1:1,5 (33,7°).

Da in der Grube Steinstraß keine Böschungsbrüche aufgetreten sind, war die Böschung der rd. 27 m tiefen Grube selbst bei einer Generalneigung von 1:1,34 (36,7°) standsicher. Daher können unter Berücksichtigung der gleichen geologischen Verhältnisse an den beiden Standorten **keine Standsicherheitsprobleme für die geplante Abgrabung bei einem Neigungswinkel von 1:1,5 (33,7°) entstehen.**

## **6 Ermittlung der zulässigen Böschungswinkel**

Gewöhnlich erfolgen die Standsicherheitsnachweise hier mit dem Programmsystem „GeoSlope“, das aus FEM-Programmen und einem Programm für Standsicherheitsnachweise für Böschungen besteht.

Der Einsatz dieses aufwendigen Systems wäre im vorliegenden Fall ungerechtfertigt, weil exakte Daten zum Baugrund und einer möglichen Schichtung nicht vorliegen. Der Nachweis erfolgte daher nach dem Verfahren von **Taylor/Fellenius**, das einen homogenen Baugrund mit einheitlichen Kennwerten und als Bruchlinie – wie im Regelfall üblich – einen Gleitkreis voraussetzt.

Die Berechnungen erfolgen für den Grenzzustand GEO III für den Lastfall BS-P (ständige Bemessungssituation) nach EC 7. Es werden die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054 (2010) berücksichtigt.

Berechnet wird der zulässige Böschungswinkel für den Endzustand (Ausschachtung von 90,0 mNHN bis auf 56,0 mNHN; max. Gesamthöhe 34 m).

Kennwerte für die Berechnungen:

1. Für sämtliche Berechnungen wurde eine Wichte von 21 kN/m<sup>3</sup> zu Grunde gelegt.
2. Die Auswertung der Drucksondierungen nach den drei angegebenen Quellen führt zu einer Spanne der **Reibungswinkel der Hauptterrassenablagerungen** von:  $\varphi' = 40...43^\circ$  (vgl. Kap. 4.1).
3. Die **Kohäsion/Strukturfestigkeit der Hauptterrassenablagerungen** liegt in einer Größe von  $c' = 5...15 \text{ kN/m}^2$  (vgl. Kap. 4.2).

Es wurden die zulässigen Böschungswinkel für vier  $\varphi'/c'$  – Kombinationen ermittelt. Die Berechnungen sind im Einzelnen aus den Anlagen 2.1 bis 2.4 zu ersehen. Die wesentlichen Daten sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Kombination	Reibungswinkel $\varphi'$	Kohäsion $c'$	zulässiger Böschungswinkel $\beta$	zulässige Böschungsneigung
Nr. 1	40,0°	5,0 kN/m <sup>2</sup>	34,6°	1:1,450
Nr. 2	42,5°	5,0 kN/m <sup>2</sup>	36,3°	1:1,361
Nr. 3	40,0°	10,0 kN/m <sup>2</sup>	38,4°	1:1,263
Nr. 4	42,5°	10,0 kN/m <sup>2</sup>	40,4°	1:1,175
<b>Nr. 5</b>	<b>38,7°</b>	<b>5,0 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>33,7°</b>	<b>1:1,500</b>

Die Berechnung der möglichen Kombinationen führt zu zulässigen Böschungswinkeln von 34,6° bis 40,4° und dementsprechend zu Böschungsneigungen von 1:1,45 bis 1:1,175. Alle berechneten zulässigen Werte sind deutlich höher als die beantragte Böschungsneigung für die Abgrabung Fuchserde.

Abschließend wurde iterativ bestimmt, welche Kennwerte mindestens für die geplante Böschungsneigung von 1:1,5 nachzuweisen wären (Kombination Nr. 5). Diese Werte von  $\varphi' = 38,7^\circ$  und  $c' = 5,0 \text{ kN/m}^2$  liegen deutlich unter den realistischen Spannen für den Reibungswinkel und die Kohäsion/Strukturfestigkeit; d.h. auch nach diesen **Berechnungen spricht nichts gegen die beantragte Böschungsneigung von 1:1,5.**

## 7 Zusammenfassung

Durch das Büro für Landschaftsplanung, Ute Rebstock, wurde ein Antrag auf Abgrabung für das Projektgebiet „Fuchserde“ im Auftrag von Herrn Michael Gülden gestellt. In der Planung wurde eine Böschungsneigung von 1:1,5 zu Grunde gelegt.

Ohne einen gesonderten Nachweis lässt die Genehmigungsbehörde nur eine Böschungsneigung von 1:1,8 zu. Der Unterzeichner wurde daraufhin beauftragt zu prüfen, ob eine Böschungsneigung von 1:1,5 bodenmechanisch/erdstatisch zulässig ist.

Für die Abgrabung Fuchserde wurden keine Baugrunduntersuchungen vorgenommen. In einer Entfernung von ca. 1,0 km vom Mittelpunkt des Projektgebiet befindet sich die Abgrabung Steinstraß der KiDe Alt-Lich GmbH & Co. KG. In einem verfüllten Teilbereich diese Abgrabung wurde eine Windenergieanlage errichtet, für die das Geotechnische Büro Dr. Koppelberg und Gerdes GmbH eine Baugrunderkundung mit Bohrungen und tiefen Drucksondierungen ausführte.

Da die grundsätzlichen geologischen Verhältnisse nach den Kartenunterlagen an beiden Standorten gleich sind, wurden die Untersuchungen für die Windenergieanlage als Basis für die Ableitung des bodenmechanischen Kennwertes „Reibungswinkel“ herangezogen. Die Kohäsion/Strukturfestigkeit wurde mit Hilfe der DIN 4124 und aus der Analyse/Rückrechnung von Steilböschungen in derselben geologischen Einheit nachgewiesen.

Es wurde gezeigt, dass die vor Ort anstehenden, **ungleichförmigen Ablagerungen der Hauptterrasse des Rheins** eine sehr hohe Lagerungsdichte besitzen. Nach verschiedenen Quellen/Methoden lässt sich eine Spanne des Reibungswinkels von  $\varphi' = 40...43^\circ$  nachweisen.

Die Rückrechnung der Strukturfestigkeit führt zu Werten von  $c' = 5...15 \text{ kN/m}^2$ . Die Strukturfestigkeit ist einer Kohäsion wesensgleich.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die anstehenden Böden eine sehr hohe Scherfestigkeit besitzen.

Die **steilste und höchste Böschung der Abgrabung Steinstraß** wurde im Detail aufgenommen und anschließend analysiert. Danach betrug die frühere Generalneigung der Böschung im Höhenbereich 91,15...64,0 mNHN ca. **1:1,34 (36,7°)**. Daher können unter Berücksichtigung der gleichen geologischen Verhältnisse an den beiden Standorten auch keine Standsicherheitsprobleme für die geplante Abgrabung Fuchserde bei einem Neigungswinkel von 1:1,5 (33,7°) entstehen.

Ergänzend zur der Analyse der Böschung Steinstraß wurden mit den oben ermittelten Kennwerten für die Scherfestigkeit **Berechnungen des zulässigen Böschungswinkels** für verschiedene Kombinationen des Reibungswinkels und der Strukturfestigkeit vorgenommen. Die Berechnungen führen zu zulässigen Böschungswinkeln von  $34,6^\circ$  bis  $40,4^\circ$  und dementsprechend zu **Böschungsneigungen von 1:1,45 bis 1:1,175**. Alle berechneten zulässigen Werte sind deutlich höher als die beantragte Böschungsneigung von 1:1,5 für die Abgrabung Fuchserde.

Beide Analysen zeigen somit, dass die geplante Böschungsneigung für die Abgrabung Fuchserde zulässig ist.

Abschließend ist noch auf eine Stellungnahme des Geologischen Dienstes NRW in einem Genehmigungsbescheid für eine andere benachbarte Abgrabung hinzuweisen. Der Geologische Dienst, der erfahrungsgemäß immer zur sehr konservativen Angaben neigt, lässt für diese Abgrabung, für die gleiche geologische Randbedingungen gelten wie für die beantragte Abgrabung Fuchserde, ebenfalls eine Böschungsneigung von 1:1,5 zu.

Somit ergibt sich für die ungleichförmigen, dicht gelagerten Kiessande der Hauptterrasse des Rheins eine übereinstimmende Beurteilung der zulässigen Böschungsneigung.

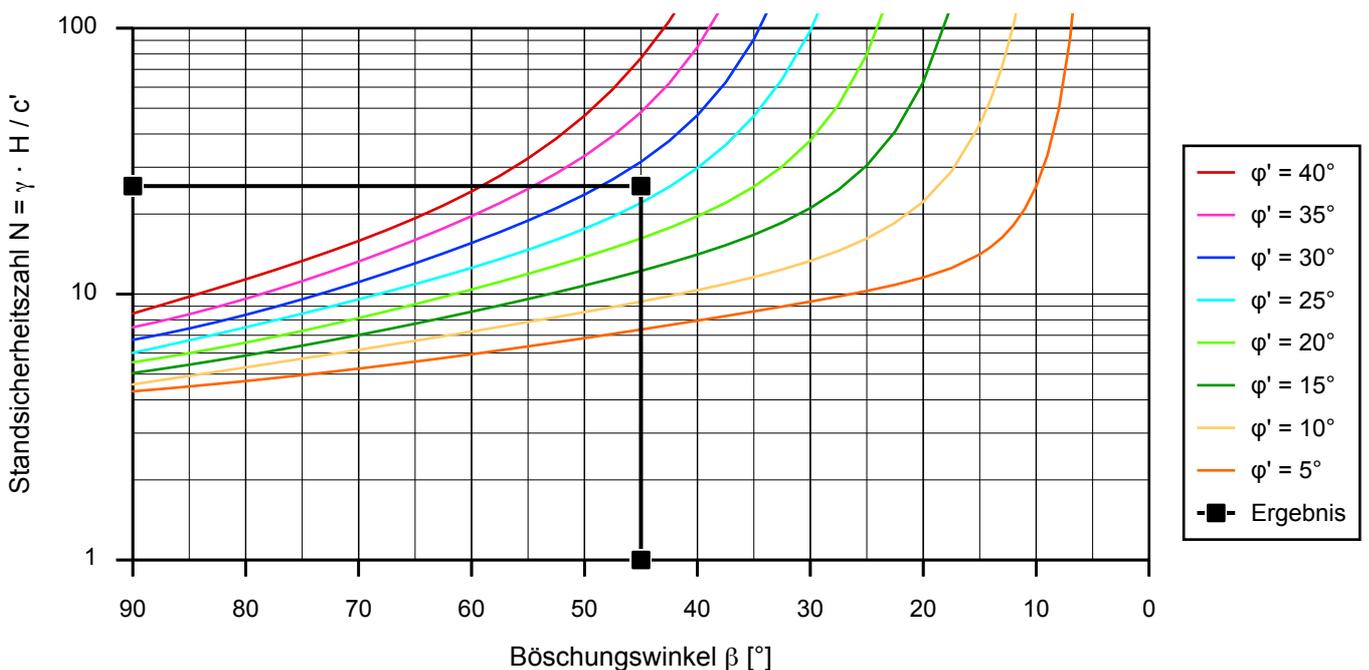
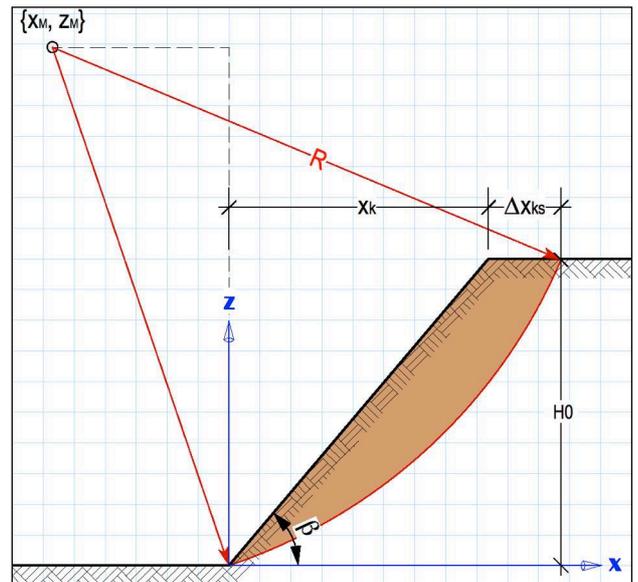
  
Dr. W. Koppelberg

Lastfall 1 (DIN 1054)

Einwirkungen			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Wichte des erdfeuchten Bodens	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18,00	$\gamma_G = 1,00$	18,00
ständige Auflast auf der Krone	$Q_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	$\gamma_G = 1,00$	0,00
veränderliche Auflast auf der Krone	$Q_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_Q = 1,30$	13,00
rechnerische Zusatzhöhe aus $\Sigma Q$	H1 [m]	0,72		
Widerstände			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Reibungswinkel	$\varphi_k$ [°]	32,5	$\gamma_\varphi = 1,25$	27,01
Kohäsion / Strukturfestigkeit	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5,05	$\gamma_c = 1,25$	4,04

Berechnung des zul. Böschungswinkel  $\beta$

Höhe, geometrisch	H0 [m]	5,00
Ersatzhöhe, incl. Auflast	H0+H1 [m]	5,72
zul. Böschungswinkel	$\beta$ [°]	<b>45,00</b>
Standsicherheitszahl	N [-]	25,48
GLEITKREIS		
horizont. Mittelpunktabstand	$x_M$ [m]	-2,77
vertikaler Mittelpunktabstand	$z_M$ [m]	8,74
Radius	R [m]	9,17
horizont. Abstand zur Krone	$x_k$ [m]	5,00
Entfernung von der Krone	$\Delta x_{ks}$ [m]	0,60
horizont. Abstand Bruchlinie	$x_k + \Delta x_{ks}$ [m]	5,60



Lastfall 1 (DIN 1054)

Einwirkungen			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Wichte des erdfeuchten Bodens	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	21,00	$\gamma_G = 1,00$	21,00
ständige Auflast auf der Krone	$Q_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	$\gamma_G = 1,00$	0,00
veränderliche Auflast auf der Krone	$Q_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_Q = 1,30$	13,00
rechnerische Zusatzhöhe aus $\Sigma Q$	H1 [m]	0,62		

Widerstände			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Reibungswinkel	$\varphi_k$ [°]	40,0	$\gamma_\varphi = 1,25$	33,87
Kohäsion / Strukturfestigkeit	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5,00	$\gamma_c = 1,25$	4,00

Berechnung des zul. Böschungswinkel  $\beta$

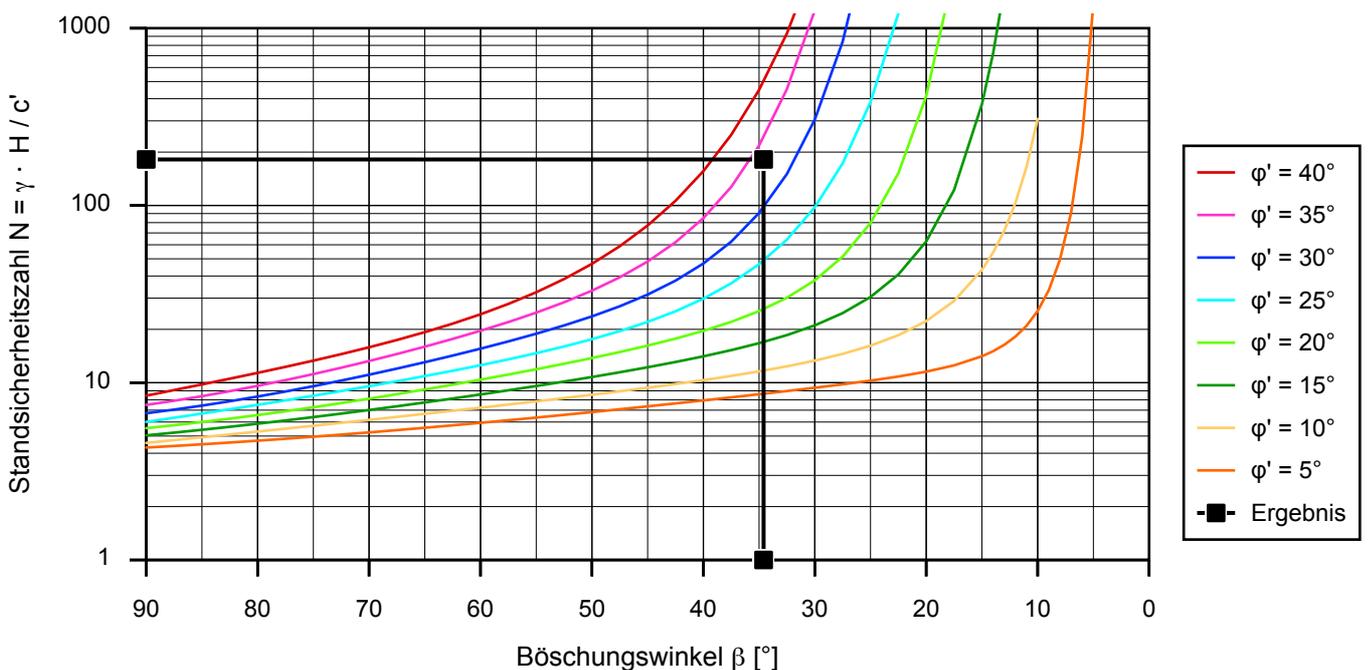
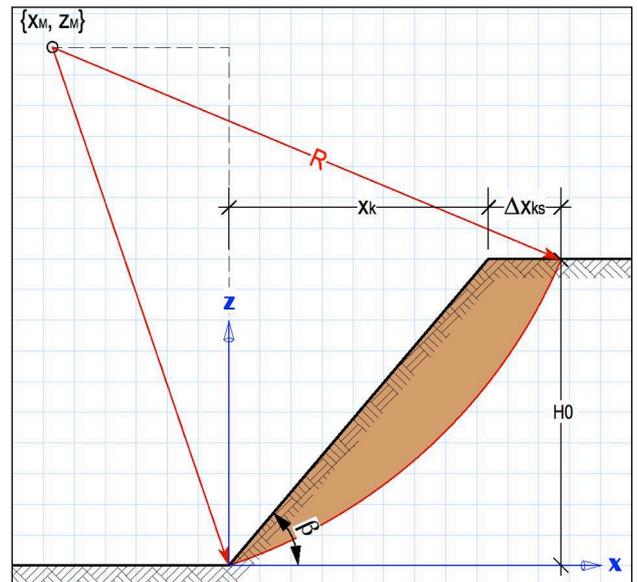
Höhe, geometrisch	H0 [m]	34,00
Ersatzhöhe, incl. Auflast	H0+H1 [m]	34,62
zul. Böschungswinkel	$\beta$ [°]	<b>34,59</b>
Standsicherheitszahl	N [-]	181,75

GLEITKREIS		
horizont. Mittelpunktabstand	$x_M$ [m]	-3,79
vertikaler Mittelpunktabstand	$z_M$ [m]	63,06
Radius	R [m]	63,17

horizont. Abstand zur Krone	$x_k$ [m]	49,30
Entfernung von der Krone	$\Delta x_{ks}$ [m]	3,00
horizont. Abstand Bruchlinie	$x_k + \Delta x_{ks}$ [m]	52,30



Lastfall 1 (DIN 1054)

Einwirkungen			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Wichte des erdfeuchten Bodens	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	21,00	$\gamma_G = 1,00$	21,00
ständige Auflast auf der Krone	$Q_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	$\gamma_G = 1,00$	0,00
veränderliche Auflast auf der Krone	$Q_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_Q = 1,30$	13,00
rechnerische Zusatzhöhe aus $\Sigma Q$	H1 [m]	0,62		

Widerstände			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Reibungswinkel	$\varphi_k$ [°]	42,5	$\gamma_\varphi = 1,25$	36,24
Kohäsion / Strukturfestigkeit	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5,00	$\gamma_c = 1,25$	4,00

Berechnung des zul. Böschungswinkel  $\beta$

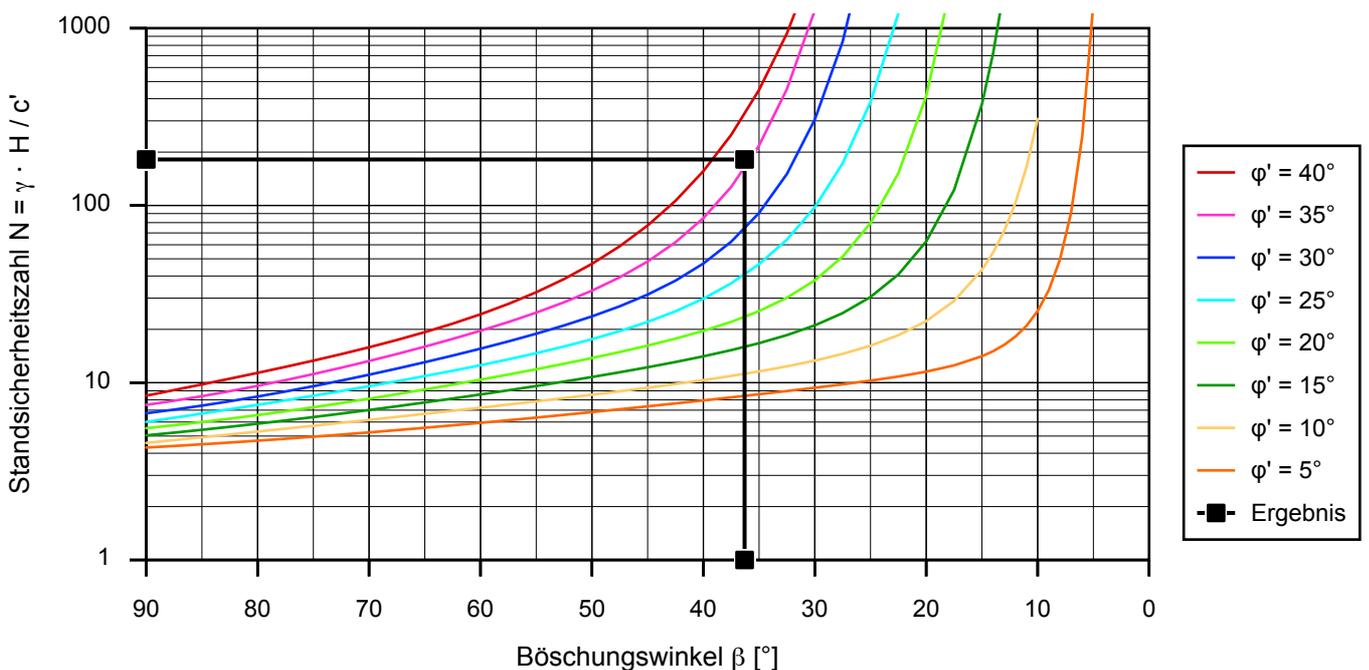
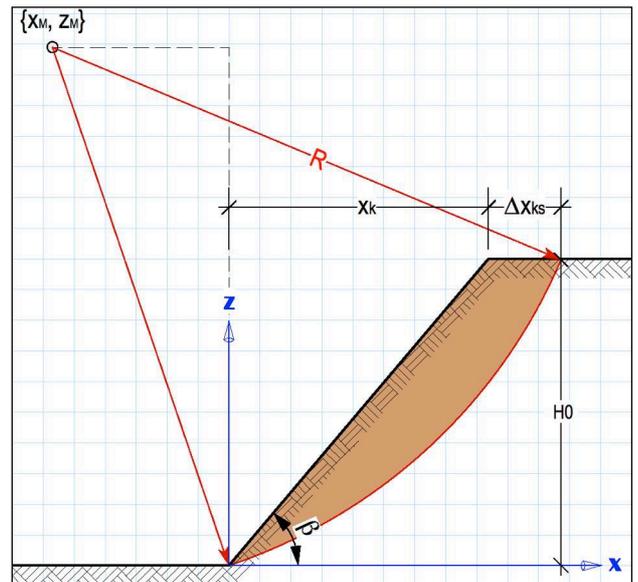
Höhe, geometrisch	H0 [m]	34,00
Ersatzhöhe, incl. Auflast	H0+H1 [m]	34,62
zul. Böschungswinkel	$\beta$ [°]	<b>36,30</b>
Standsicherheitszahl	N [-]	181,75

GLEITKREIS		
horizont. Mittelpunktabstand	$x_M$ [m]	-7,02
vertikaler Mittelpunktabstand	$z_M$ [m]	62,39
Radius	R [m]	62,78

horizont. Abstand zur Krone	$x_k$ [m]	46,29
Entfernung von der Krone	$\Delta x_{ks}$ [m]	2,69
horizont. Abstand Bruchlinie	$x_k + \Delta x_{ks}$ [m]	48,98

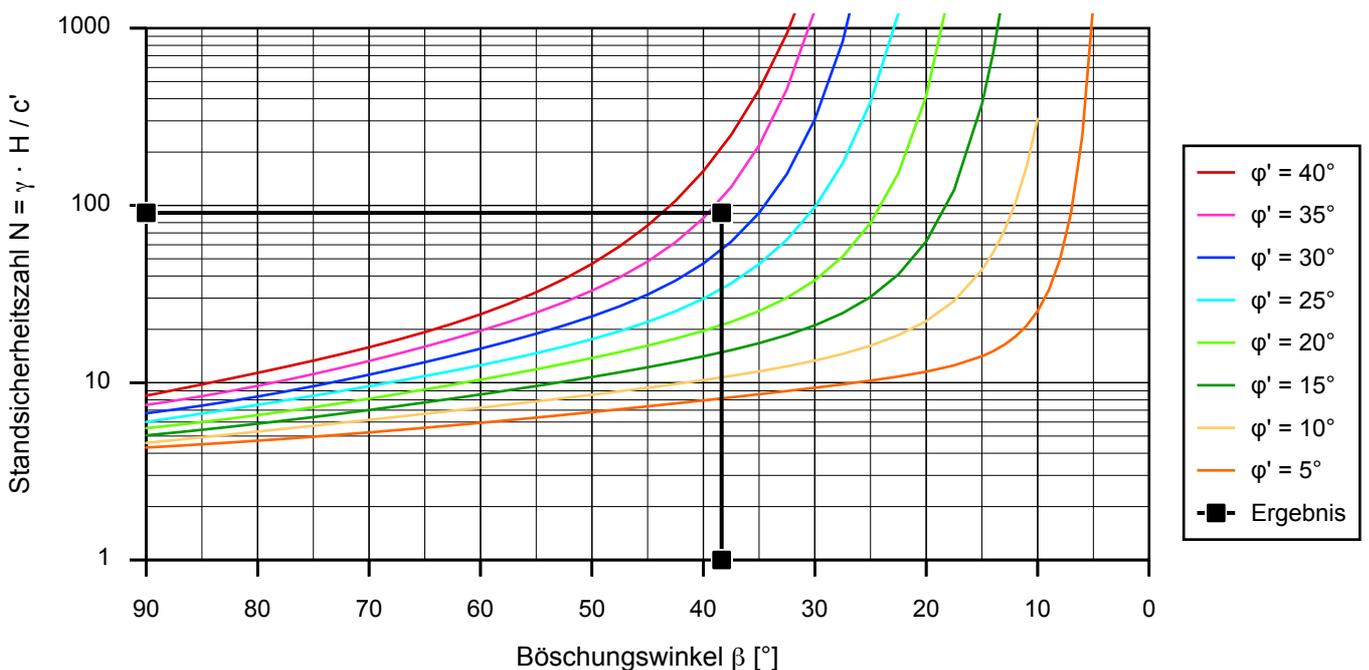
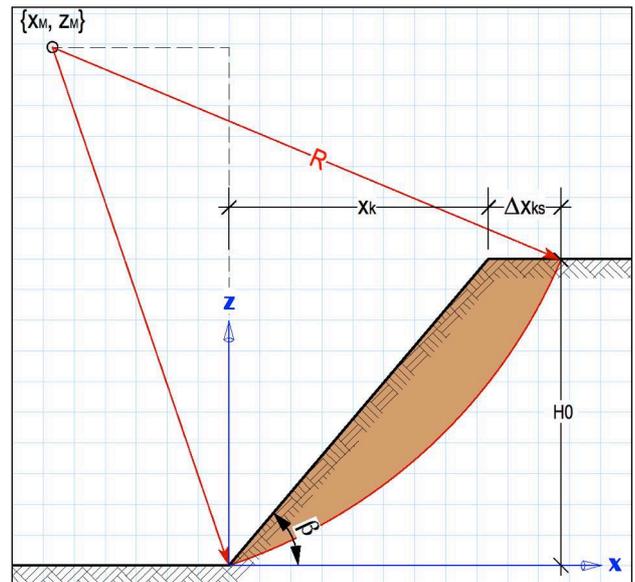


Lastfall 1 (DIN 1054)

Einwirkungen			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Wichte des erdfeuchten Bodens	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	21,00	$\gamma_G = 1,00$	21,00
ständige Auflast auf der Krone	$Q_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	$\gamma_G = 1,00$	0,00
veränderliche Auflast auf der Krone	$Q_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_Q = 1,30$	13,00
rechnerische Zusatzhöhe aus $\Sigma Q$	H1 [m]	0,62		
Widerstände			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Reibungswinkel	$\varphi_k$ [°]	40,0	$\gamma_\varphi = 1,25$	33,87
Kohäsion / Strukturfestigkeit	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_c = 1,25$	8,00

Berechnung des zul. Böschungswinkel  $\beta$

Höhe, geometrisch	H0 [m]	34,00
Ersatzhöhe, incl. Auflast	H0+H1 [m]	34,62
zul. Böschungswinkel	$\beta$ [°]	<b>38,36</b>
Standsicherheitszahl	N [-]	90,88
GLEITKREIS		
horizont. Mittelpunktabstand	$x_M$ [m]	-10,80
vertikaler Mittelpunktabstand	$z_M$ [m]	61,66
Radius	R [m]	62,60
horizont. Abstand zur Krone	$x_k$ [m]	42,96
Entfernung von der Krone	$\Delta x_{ks}$ [m]	2,40
horizont. Abstand Bruchlinie	$x_k + \Delta x_{ks}$ [m]	45,35



Lastfall 1 (DIN 1054)

Einwirkungen			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Wichte des erdfeuchten Bodens	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	21,00	$\gamma_G = 1,00$	21,00
ständige Auflast auf der Krone	$Q_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	$\gamma_G = 1,00$	0,00
veränderliche Auflast auf der Krone	$Q_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_Q = 1,30$	13,00
rechnerische Zusatzhöhe aus $\Sigma Q$	H1 [m]	0,62		

Widerstände			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Reibungswinkel	$\varphi_k$ [°]	42,5	$\gamma_\varphi = 1,25$	36,24
Kohäsion / Strukturfestigkeit	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_c = 1,25$	8,00

Berechnung des zul. Böschungswinkel  $\beta$

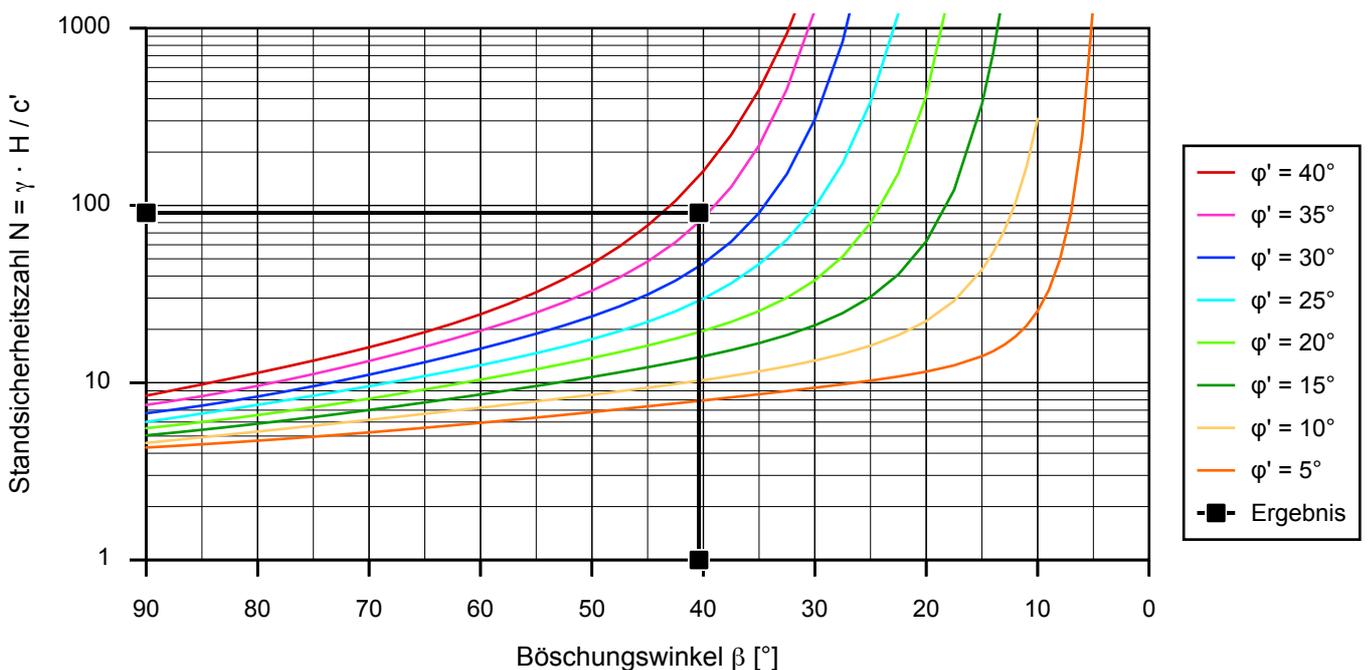
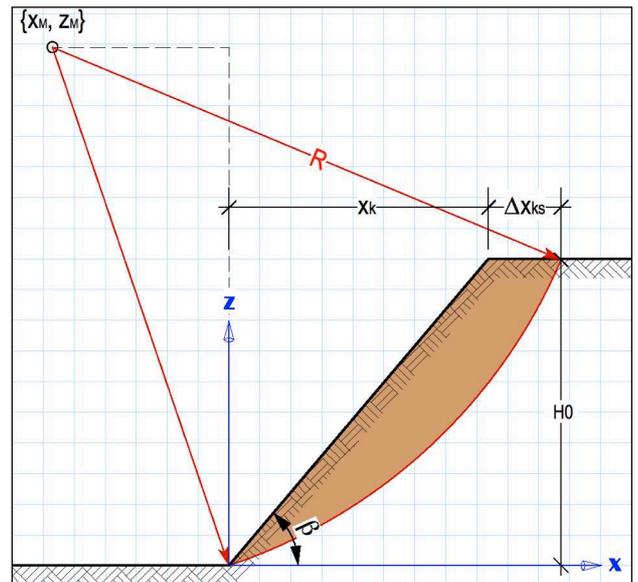
Höhe, geometrisch	H0 [m]	34,00
Ersatzhöhe, incl. Auflast	H0+H1 [m]	34,62
zul. Böschungswinkel	$\beta$ [°]	<b>40,40</b>
Standsicherheitszahl	N [-]	90,88

GLEITKREIS		
horizont. Mittelpunktabstand	$x_M$ [m]	-14,43
vertikaler Mittelpunktabstand	$z_M$ [m]	61,01
Radius	R [m]	62,69

horizont. Abstand zur Krone	$x_k$ [m]	39,95
Entfernung von der Krone	$\Delta x_{ks}$ [m]	2,20
horizont. Abstand Bruchlinie	$x_k + \Delta x_{ks}$ [m]	42,15

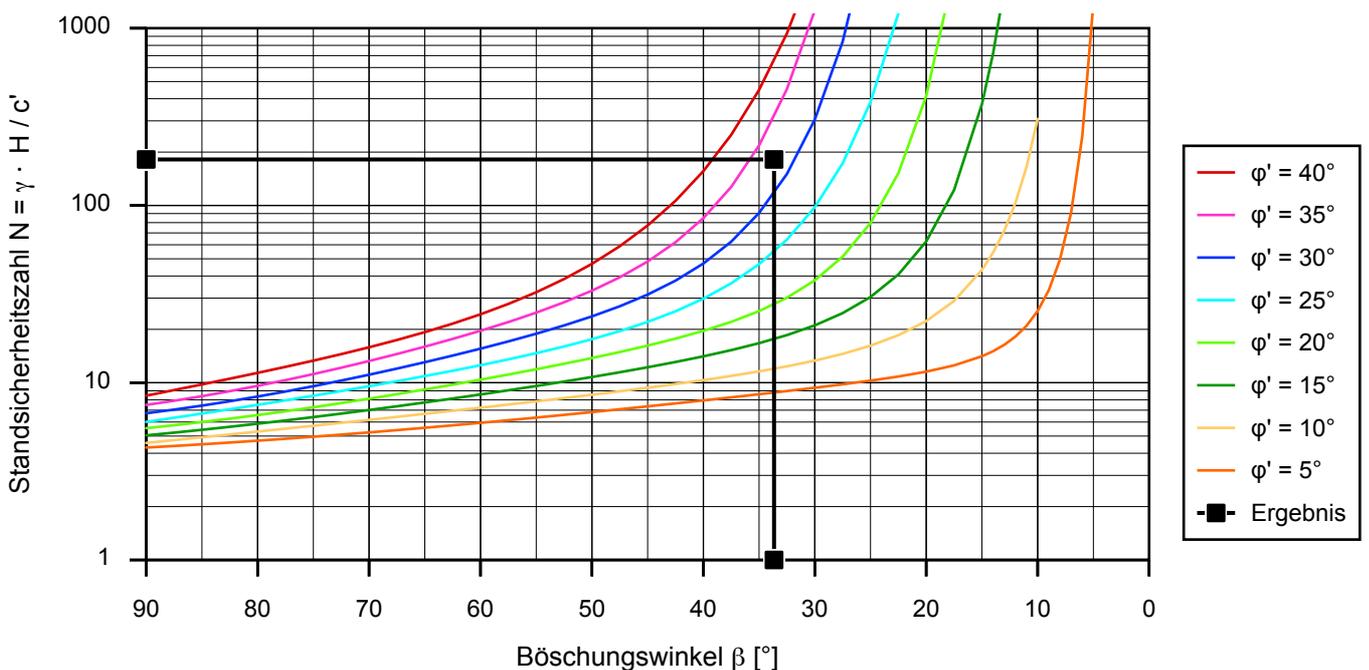
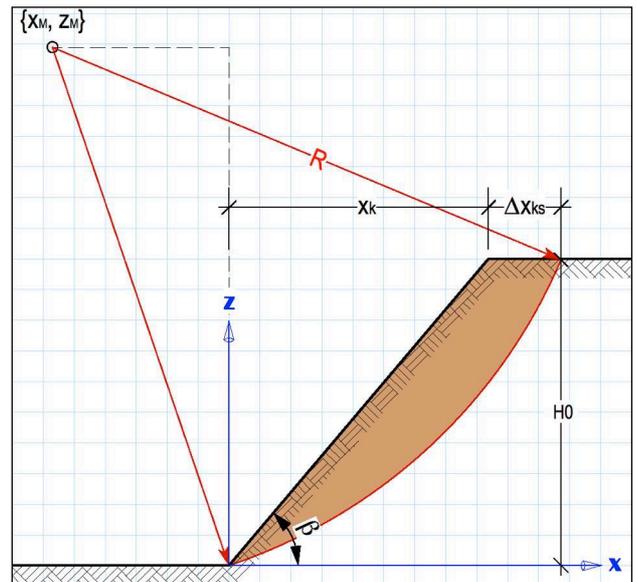


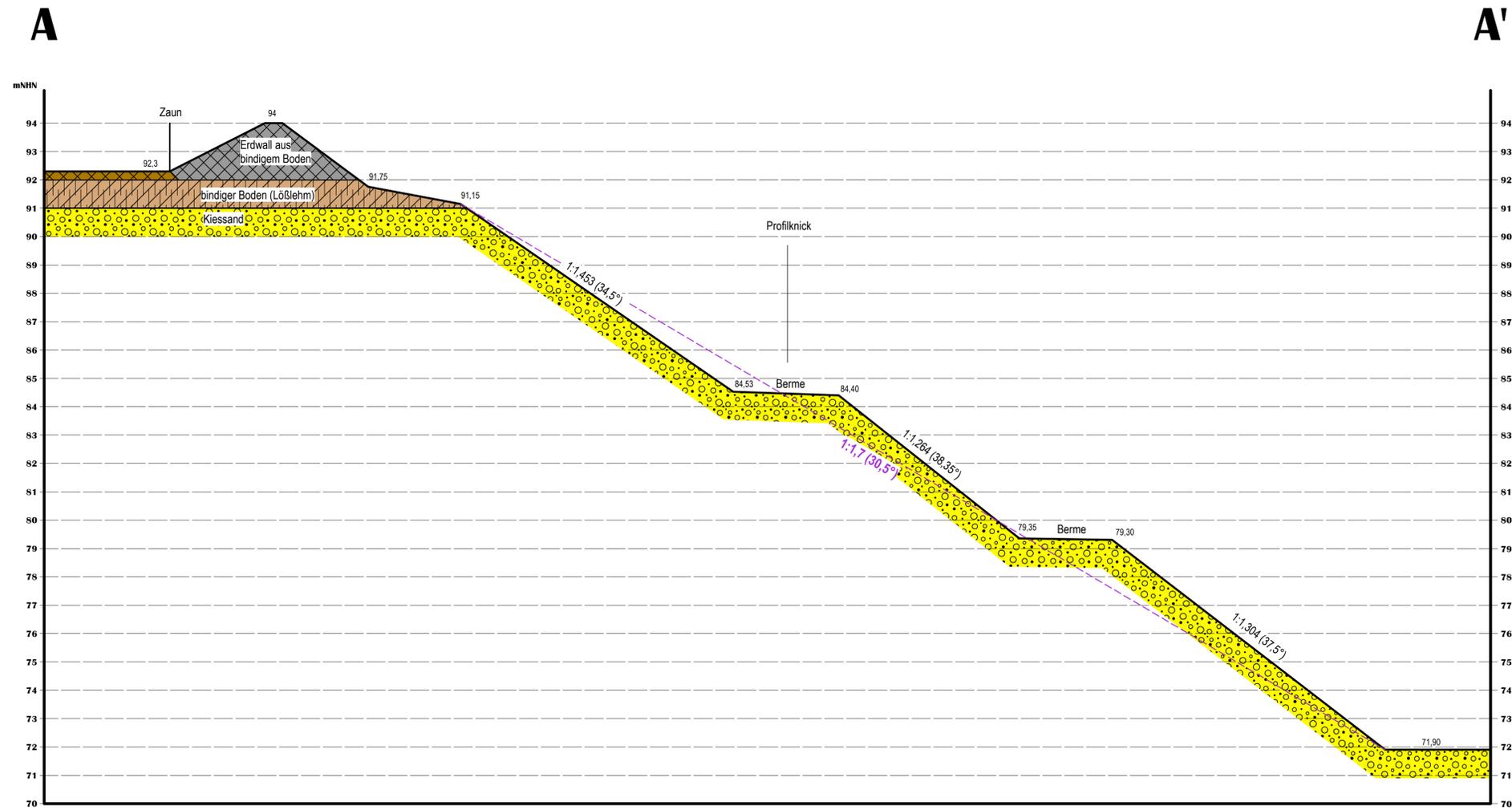
Lastfall 1 (DIN 1054)

Einwirkungen			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Wichte des erdfeuchten Bodens	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	21,00	$\gamma_G = 1,00$	21,00
ständige Auflast auf der Krone	$Q_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0,00	$\gamma_G = 1,00$	0,00
veränderliche Auflast auf der Krone	$Q_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10,00	$\gamma_Q = 1,30$	13,00
rechnerische Zusatzhöhe aus $\Sigma Q$	H1 [m]	0,62		
Widerstände			Teilsicherheitsbeiwerte	Werte $\gamma$ -fach
Reibungswinkel	$\varphi_k$ [°]	38,7	$\gamma_\varphi = 1,25$	32,66
Kohäsion / Strukturfestigkeit	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5,00	$\gamma_c = 1,25$	4,00

Berechnung des zul. Böschungswinkel  $\beta$

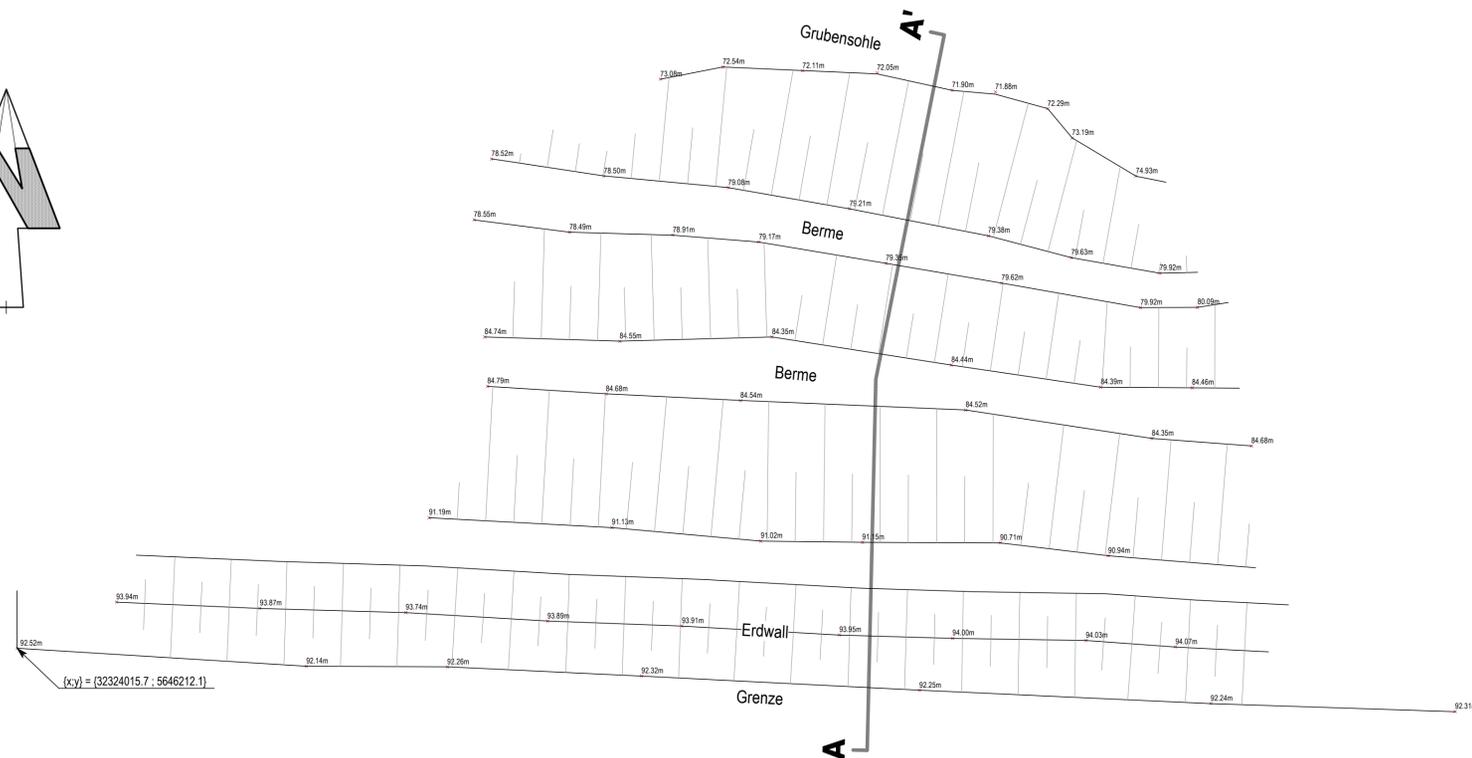
Höhe, geometrisch	H0 [m]	34,00
Ersatzhöhe, incl. Auflast	H0+H1 [m]	34,62
zul. Böschungswinkel	$\beta$ [°]	<b>33,66</b>
Standsicherheitszahl	N [-]	181,75
GLEITKREIS		
horizont. Mittelpunktabstand	$x_M$ [m]	-1,98
vertikaler Mittelpunktabstand	$z_M$ [m]	63,45
Radius	R [m]	63,48
horizont. Abstand zur Krone	$x_k$ [m]	51,06
Entfernung von der Krone	$\Delta x_{ks}$ [m]	3,19
horizont. Abstand Bruchlinie	$x_k + \Delta x_{ks}$ [m]	54,26





Gesamthöhe der Böschung:  $\Delta h \approx 20 \text{ m}$   
 mittlere Böschungseigung der 3 Teilböschungen: 1:1,346 (36,6°)  
 Generalneigung einschließlich der Bermen: 1:1,7 (30,5°)

Profil AA', Maßstab 1:100



Lageplan mit Profilinie, Maßstab 1:250



Luftbild mit betrachtetem Böschungsabschnitt

<b>ibk.</b>		
<b>Ingenieurbüro Dr. Koppelberg</b>		
Rayener Kirchweg 26a 47506 Neukirchen-Vluyn Tel.: 02845-28335 Mobil: 0160-1908253 E-Mail: wilfried.koppelberg@t-online.de		
Projekt: <b>Abgrabung Fuchserde</b> Stadt Eisdorf, Gemarkung Oberelmpf		
Auftraggeber: Michael Gilden Frankenstraße 54-56 50189 Eisdorf		
Planung: Ute Rebstock Büro für Landschaftsplanung Helrather Straße 2 52249 Eschweiler		
Planinhalt: Abgrabung Alt-Lich-Steinstraß • Luftbild mit Eintragung des Untersuchungsbereichs • Lageplan mit Böschung, Maßstab 1:250 • Profil AA', Maßstab 1:100		
Bearbeiter: Dr. Koppelberg	Plan-Bez.: 18002-01-1	Datum: 2.11.2018
Maßstab:	Gutachten-Nr.: 18002	Plan: 1



**Ingenieurbüro Dr. Koppelberg**

Rayener Kirchweg 26a  
47506 Neukirchen-Vluyn

Tel.: 02845 – 28335  
Mobil.: 0160 – 1908253  
E-Mail: wilfried.koppelberg@t-online.de

Dr. Koppelberg Rayener Kirchweg 26a 47506 Neukirchen-Vluyn

Ute Rebstock  
Büro für Landschaftsplanung  
Helrather Straße 2  
52249 Eschweiler

**Ing.-Büro für Sonderbereiche der  
Geotechnik und Hydrogeologie**

- Lagerstättenerschließung
- Standsicherheit von Böschungen
- Pfahlgründungen
- Wasserhaltungen
- Wasserrechtsanträge
- Numerische Berechnungen

Neukirchen-Vluyn, den 30.11.2018

Unser Zeichen: Ko - dd

## **Geotechnischer Bericht**

### **1. Ergänzung**

#### **– Zulässige Böschungsneigung der Abgrabung –**

**Projekt:** **Abgrabung Fuchserde**  
Stadt Elsdorf, Gemarkung Oberelmpf

**Auftraggeber:** Herr Michael Gülden  
Frankenstraße 54-56  
50189 Elsdorf

**Gutachten:** 18002-02a

**Bearbeiter:** Dr. W. Koppelberg

**Inhalt:**

1	Vorgang.....	3
2	Ableitung des Reibungswinkels aus dem Diagramm (Frage 3).....	3
3	Erdbebeneinflüsse .....	4
4	Tonschichten.....	5
5	Berechnung der Standsicherheit unter Berücksichtigung der Einflüsse aus Erdbeben und Tonschichten .....	5
5.1	Vorbemerkungen.....	5
5.2	Berechnete Kombinationen und Baugrundkenndaten .....	6
5.3	Ergebnisse .....	7

**Anlagen und Pläne:**

Anlage 1.1....1.4: Graphische Darstellung der 1. Berechnungsserie (ohne Tonschicht)

Anlage 2.1....2.4: Graphische Darstellung der 2. Berechnungsserie (mit Tonschicht)

Programmausdrucke zu allen berechneten Fällen 1.1...1.4 und 2.1...2.4

## 1 Vorgang

Mit Datum vom 8.11.2018 wurde der Geotechnische Hauptbericht zur zulässigen Böschungsneigung der Abgrabung vorgelegt. Das Amt für Umweltschutz und Kreisplanung, Abteilung 70/31, Abfallwirtschaft/Bodenschutz/Abgrabungen des Rhein-Erft-Kreises verlangte ergänzende Ausführungen, die durch Herrn Erich Schmitz wie folgt formuliert wurden:

1. *Gem. den im Bericht abgebildeten hydrologischen Karten (Kapitel 3.1 des Berichtes) und den Ausführungen zu den Schichtenfolgen (in Kapitel 3.3.2) sind vereinzelt Lagen aus Ton gegeben; der Nachweis der Standsicherheit erfolgt aber auf Grundlage eines angenommenen homogenen Baugrundes. Ich bitte um Nachreichung von Betrachtungen und Aussagen bzgl. einer möglichen Auswirkung der Tonschichten auf die Standsicherheit (Möglichkeit des Abgleitens des auf der Tonschicht aufliegenden Kieskörpers) und/oder Ermittlung der Standsicherheit auf Grundlage eines inhomogenen Baugrundes aus Kies- und Tonschichten*
2. *Ich bitte um Betrachtungen und Aussagen bzgl. der Erdbebenzone im Antragsraum und evt. Auswirkungen auf die Standsicherheit von Böschungen.*
3. *Bei der Ermittlung der Reibungswinkel werden Vertikalspannungen von 250-300 kN/m<sup>2</sup> zu Grunde gelegt; ich bitte hierzu um Erläuterungen.*

## 2 Ableitung des Reibungswinkels aus dem Diagramm (Frage 3)

Eine der drei dargestellten Methoden zur Ermittlung des Reibungswinkels basiert auf der Auswertung von Drucksondierungen (vgl. Abb. 5, S. 10 des Hauptberichts).

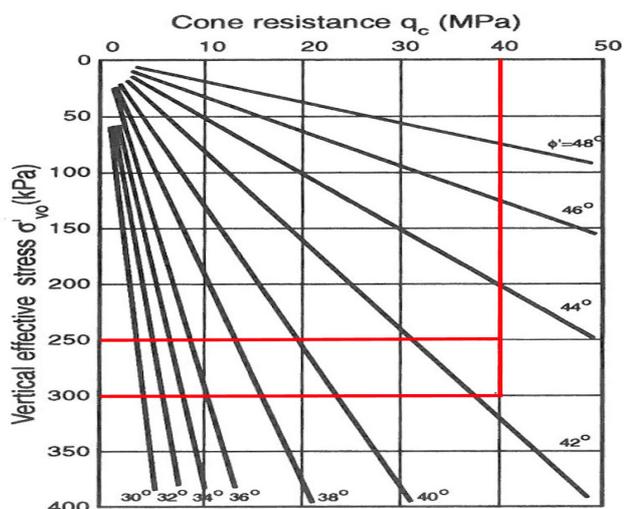


Figure 5.56  $\sigma'_v$ ,  $q_c$ ,  $\phi'$  relationships (after Robertson and Campanella, 1983b).

*Ermittlung des Reibungswinkels aus dem Spitzenwiderstand der Drucksonde*

Der Reibungswinkel wird abgeleitet aus dem mittleren Spitzenwiderstand unter Berücksichtigung der effektiven Vertikalspannungen. Letztere sind im o.a. Diagramm mit 250...300 kN/m<sup>2</sup> eingetragen. Die effektiven Vertikalspannungen errechnen sich hier einfach aus dem Überlagerungsdruck. Bei einer Feuchtraumwichte des Bodens von 21 kN/m<sup>3</sup> entstehen Vertikalspannungen von 250...300 kN/m<sup>2</sup> bei einer Überlagerungshöhe von 12...14 m. Nach Abbildung 3 des Hauptberichts entspricht dies einer Tiefe von 68,5...70,5 mNHN. Die Auswertungstiefe der Drucksondierungen rangiert bei 69...74 mNHN (Spanne der Vertikalspannungen: 180...285 kN/m<sup>2</sup>). Der **Vertikalspannungsansatz** ist konservativ, d.h. **auf der sicheren Seite liegend**, da geringere Vertikalspannungen gemäß obigem Diagramm zu noch etwas höheren Reibungswinkeln (um 44°) führen würden.

### 3 Erdbebeneinflüsse

Die geplante Abgrabung befindet sich in der Gemarkung Oberelmlpt. Gemäß DIN 4149 vom April 2005 „Bauen in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“ und der ergänzenden Karte des Geologischen Dienstes in NRW sind für den Standortbereich folgende Daten anzusetzen:

Kriterium	Größe
<b>Erdbebenzone</b>	<b>3</b>
Intensitätsintervall	7,5 ≤ I
Bemessungswert der Bodenbeschleunigung	<b>a<sub>g</sub> = 0,8 m/s<sup>2</sup></b>

Die geplante Abgrabung befindet sich also in der Erdbebenzone 3.

Ergänzend ist anzumerken, dass die Grenzen der Erdbebenzonen nicht aus wissenschaftlichen Gründen sondern aus pragmatischen Gründen mit den Gemarkungsgrenzen übereinstimmen. Die unmittelbar nördlich angrenzende Gemarkung liegt bereits in der Erdbebenzone 2. Faktisch befindet sich die geplante Abgrabung somit im Übergangsbereich von Erdbebenzone 3 zu Erdbebenzone 2, so dass der faktische Bemessungswert der Bodenbeschleunigung geringer ist als der oben angegebene Wert von a<sub>g</sub> = 0,8 m/s<sup>2</sup>. Dies ist bei der Bewertung der Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen qualitativ zu berücksichtigen; d.h. die Böschungen haben faktisch eine höhere Standsicherheit als die berechneten Standsicherheiten.

## 4 Tonschichten

Nach den Ausschnitten aus der hydrologischen Karte (Abb. 2 des Hauptberichts) können innerhalb der Ablagerungen der Älteren Hauptterrasse des Rheins (Gr) linsenförmig verteilt Tonschichten auftreten.

In den Abgrabungen Steinstraß und Bettenkamp wurde folgendes beobachtet:

- In der Grube Bettenkamp befindet sich eine Tonschicht in einer Stärke um 1,0 m (möglicherweise aber bereits der „Jülicher Ton“).
- In der Grube Steinstraß zeigen die Drucksondierungen eine Linse aus Ton/schluffigem Ton in einer Stärke von knapp 2,0 m (vgl. Abb. 3 des Hauptberichts, Tiefe des Tons: ca. 67...69 mNHN).
- In der Westflanke der Grube Steinstraß, die der geplanten Abgrabung Fuchserde am nächsten liegt, wurden keine Tonlinsen beobachtet.

## 5 Berechnung der Standsicherheit unter Berücksichtigung der Einflüsse aus Erdbeben und Tonschichten

### 5.1 Vorbemerkungen

Die im Hauptbericht vorgenommenen einfachen Berechnungen nach TAYLOR/FELLENIIUS gelten nur für homogene Baugrundverhältnisse; damit kann weder ein geschichteter Baugrund noch ein Erdbebeneinfluss simuliert werden.

Daher wurden die Berechnungen mit dem Programm GeoStudio/Slope vorgenommen. Allen Berechnungen liegt eine einheitliche Böschungsgeometrie zugrunde:

Grubensohle:	56 mNHN
Geländeoberfläche:	90 mNHN
→ Böschungshöhe:	34 m
Böschungsneigung:	1:1,5 (33,7°)

Die Erdbebenkräfte werden – wie bei allen klassischen Geländebruchprogrammen – pseudostatisch, d.h. durch horizontale und vertikale Zusatzlasten berücksichtigt, die aus der Erdbebenbeschleunigung berechnet werden.

Die Teilsicherheitsbeiwerte wurden nach EC 7 eingesetzt (vgl. Programmausdrucke):

Bemessungssituation (permanent) **BS-P**: Eurocode 7 – DA1, C2

Bemessungssituation (Erdbeben) **BS-E**: Eurocode 7 – DA1, C1

Nachzuweisen ist, dass der Bemessungswert des Widerstandes  $\geq$  dem Bemessungswert der Beanspruchung ist:  $R_d \geq E_d$ .

Anstelle der früheren globalen Sicherheiten werden bestimmt:

- der Ausnutzungsgrad  $\mu$
- der Überdimensionierungsfaktor  $1/\mu$

Der Ausnutzungsgrad und der Überdimensionierungsfaktor sind dann genau = 1, wenn die Bemessungswerte von Widerstand und Beanspruchung identisch sind. Eine ausreichende Standsicherheit ist gegeben, wenn:

- Ausnutzungsgrad:  $\mu \leq 1$  bzw.
- Überdimensionierungsfaktor:  $1/\mu \geq 1$

## 5.2 Berechnete Kombinationen und Baugrundkenndaten

Die Berechnungen erfolgten für insgesamt 8 Kombinationen.

### Berechnungsfälle 1.1 ... 1.4:

4 Kombinationen für eine Böschung **ausschließlich aus Kiessand**

### Berechnungsfälle 2.1 ... 2.4:

4 Kombinationen für eine Böschung aus **Kiessand mit einer 2 m starken Tonschicht**.

Die Kennwerte des halbfesten, mittelplastischen, schluffigen Tons wurden gemäß Tabelle von Prof. H. Türke (Tabelle der wahrscheinlichen Bodenkennwerte) angesetzt:

Wichte:	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel:	$\varphi' = 27,5^\circ$
Kohäsion:	$c' = 25 \text{ kN/m}^2$

Die jeweils 4 Kombinationen gelten für 2 unterschiedliche Scherfestigkeitsparameter und mit bzw. ohne Erdbebenberücksichtigung.

In Bezug auf die Scherparameter des Kiessandes werden die Kennwerte gemäß S. 14 des Hauptberichtes herangezogen:

ungünstigste Kennwerte:	$\varphi' = 40,00^\circ$ und $c' = 5,0 \text{ kN/m}^2$
konservative, wahrscheinliche Kennwerte:	$\varphi' = 41,25^\circ$ und $c' = 7,5 \text{ kN/m}^2$

### 5.3 Ergebnisse

Sämtliche Programmausdrucke sind als Anhang beigelegt. Die graphischen Ausdrucke wurden für die Fälle 1.1 ... 1.4 bzw. für die Fälle 2.1 ... 2.4 der besseren Übersicht halber jeweils auf einem A3-Blatt zusammengestellt (vgl. Anlagen).

Die besonderen Randbedingungen und die Berechnungsergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Baugrund nur aus Kiessand:

Fall (=Anlage)	Schерparameter		Erdbebenlast	Ergebnisse	
	Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]		Ausnutzungsgrad $\mu$	Überdimensionierungsfaktor $1/\mu$
1.1	40,00	5,0	ohne	0,86	1,17
1.3	41,25	7,5	ohne	0,79	1,27
1.2	40,00	5,0	mit	0,79	1,27
1.4	41,25	7,5	mit	0,73	1,36

Baugrund aus Kiessand mit Tonlinse:

Fall (=Anlage)	Schерparameter		Erdbebenlast	Ergebnisse	
	Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]		Ausnutzungsgrad $\mu$	Überdimensionierungsfaktor $1/\mu$
2.1	40,00	5,0	ohne	0,86	1,16
2.3	41,25	7,5	ohne	0,80	1,25
2.2	40,00	5,0	mit	0,80	1,25
2.4	41,25	7,5	mit	0,75	1,33

Zunächst ist festzustellen, dass die in einer maximalen Stärke von 2 m festgestellte Tonlinse keinen nennenswerten Einfluss auf die Standsicherheit hat.

Sowohl für die Kombination der **konservativen, wahrscheinlichen Kennwerte** (Fälle 1.3, 1.4, 2.3 und 2.4) als auch für die Kombination der **ungünstigsten Kennwerte** (Fälle 1.1, 1.2, 2.1 und 2.2) zeigen sich generell erhebliche Sicherheitsreserven/Überdimensionierungsfaktoren:

$$\text{Ausnutzungsgrade: } 0,73 \leq \mu \leq 0,86 \quad (\ll 1)$$

$$\text{Überdimensionierungsfaktoren: } 1,16 \leq 1/\mu \leq 1,36 \quad (\gg 1)$$

Im Lastfall Erdbeben (BSE) sind die rechnerischen Sicherheiten deutlich höher als im Regelfall (BSP). Dies ist auf den ersten Blick unlogisch, da die Lamellen in den Mittelpunkten zusätzlich mit statischen Ersatzlasten aus den Erdbebenbeschleunigungen beansprucht

werden. Der Grund für die höheren Sicherheiten ist darin zu suchen, dass das Sicherheitsniveau im Lastfall Erdbeben erheblich niedriger anzusetzen ist als bei der Bemessungssituation BS-P.

Die Teilsicherheitsbeiwerte für den Reibungswinkel und die Kohäsion (vgl. DIN EN 1990; DIN 1054 [2010] – Tab. A 2.2) betragen:

GEO 3 – **BS-P**:  $\gamma_{\varphi} = \gamma_c = 1,25$

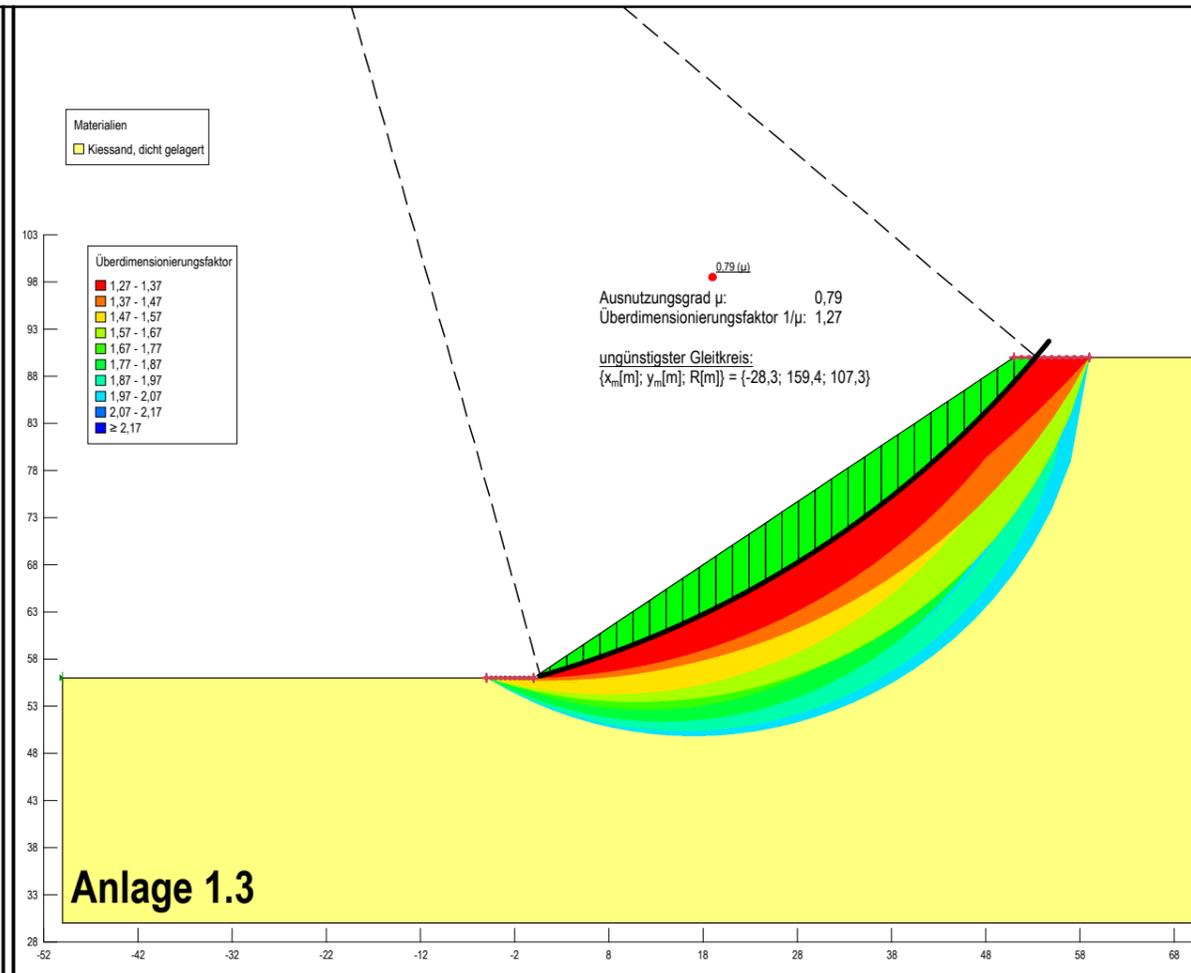
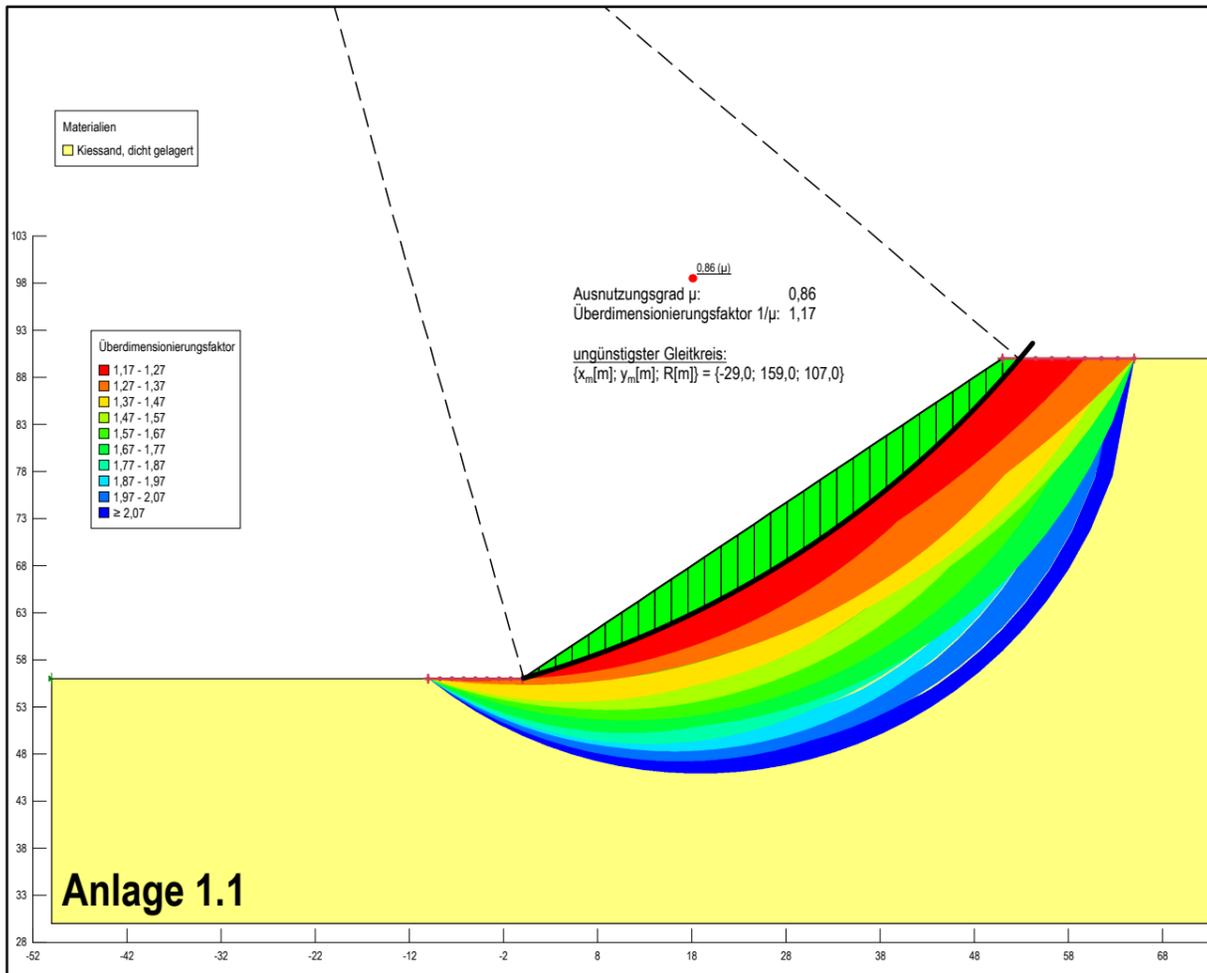
GEO 3 – **BS-E**:  $\gamma_{\varphi} = \gamma_c = 1,00$  (vgl. Anmerkung zu Tabelle A 2.2, DIN 1054)

Das geringere Sicherheitsniveau im Lastfall Erdbeben überkompensiert den Einfluss der höheren Kräfte aus der Erdbebenbeschleunigung.

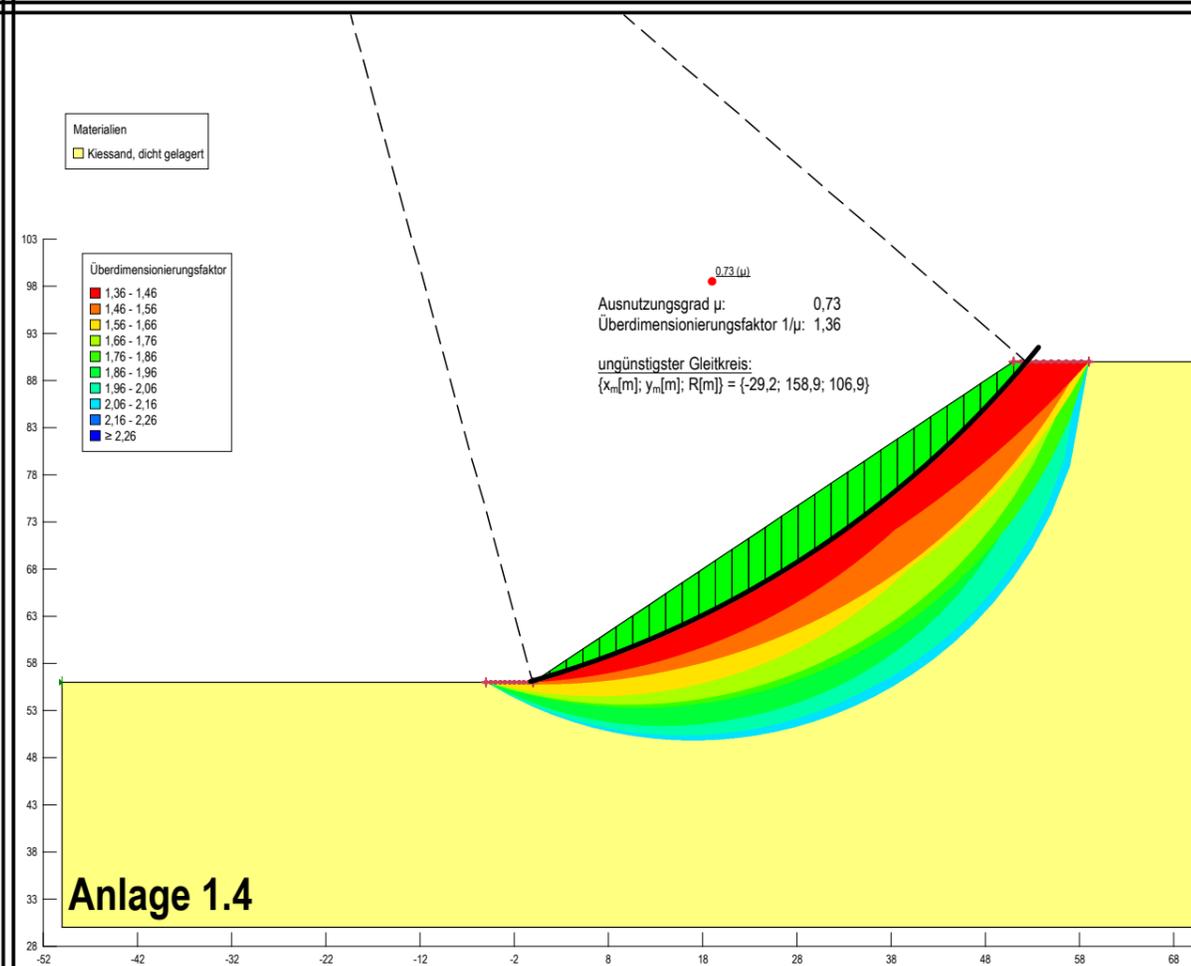
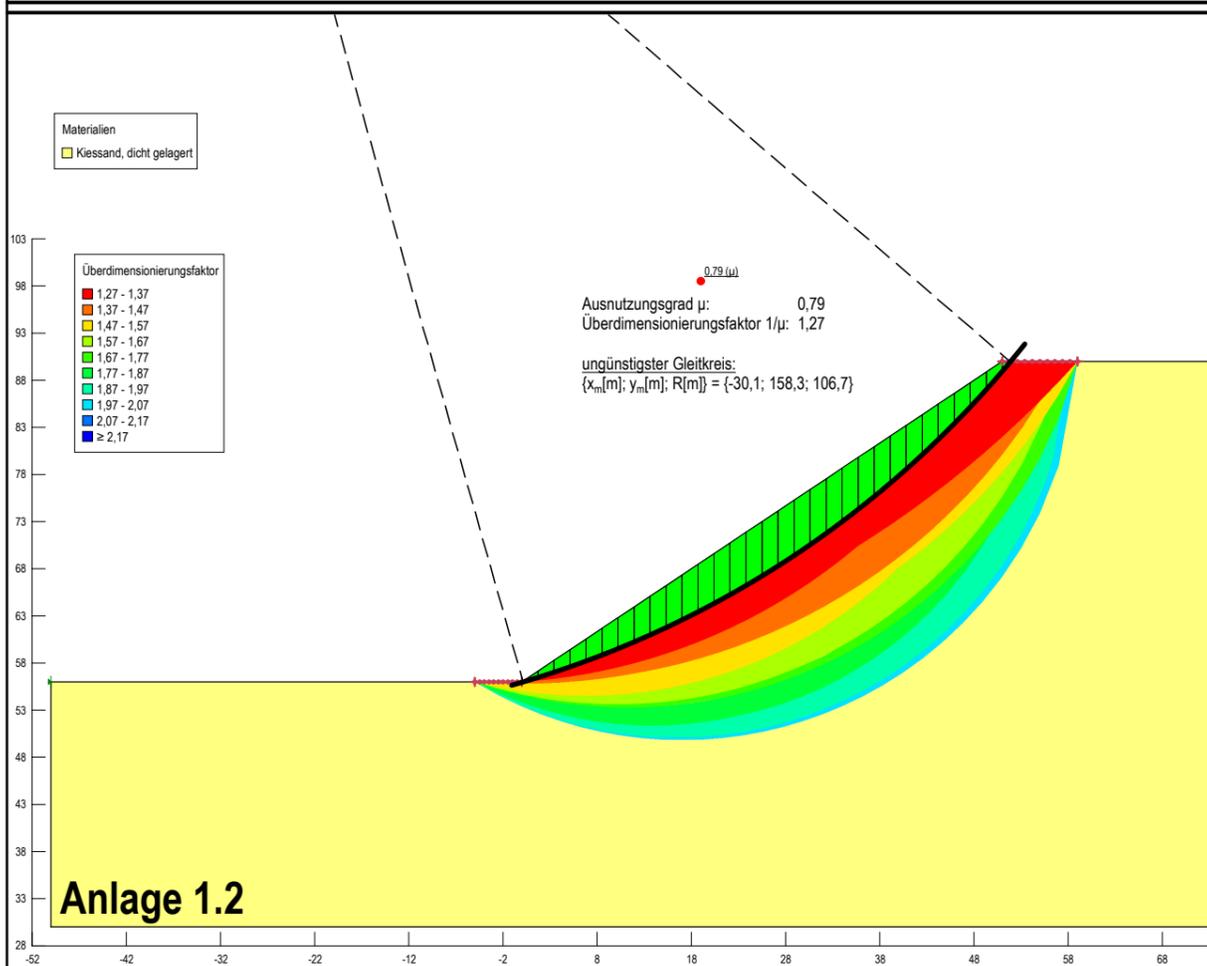
Auch auf der Basis der nun ausgeführten Berechnungen ergeben sich – selbst unter ungünstigen Annahmen – keine Einwände gegen die geplante Böschungsneigung von 1:1,5 [33,7°].



Dr. W. Koppelberg



ohne Erdbeeinfluss



mit Erdbeeinfluss (Zone 3)

**Erdbeben:**

Zone 3 (nahe Zone 2)

Beschleunigung:  
 $a_g = 0,8 \text{ m/s}^2$

Beschleunigungsfaktor:  
 $a_f = 0,8/9,81 = 0,081$



Ingenieurbüro Dr. Koppelberg  
Rayener Kirchweg 26a  
47506 Neukirchen-Vluyn  
Tel.: 02845-28335 Mobil: 0160-1908253  
E-Mail: wilfried.koppelberg@t-online.de

Projekt:  
Abgrabung Fuchserde  
Stadt Elsdorf, Gemarkung Oberelmpf

Auftraggeber:  
Michael Gülden  
Frankenstraße 54-56 50189 Elsdorf

Planung:  
Ute Rebstock Büro für Landschaftsplanung  
Helrather Straße 2 52249 Eschweiler

Planinhalt:  
Ungünstigste Gleitkreise nach DIN 4084:  
• oben - ohne Erdbeben  
• unten - mit Erdbeben (Zone 3)

Bearbeiter:  
Dr. Koppelberg

Plan-Bez.:  
18002-02a-1

Datum:  
30.11.2018

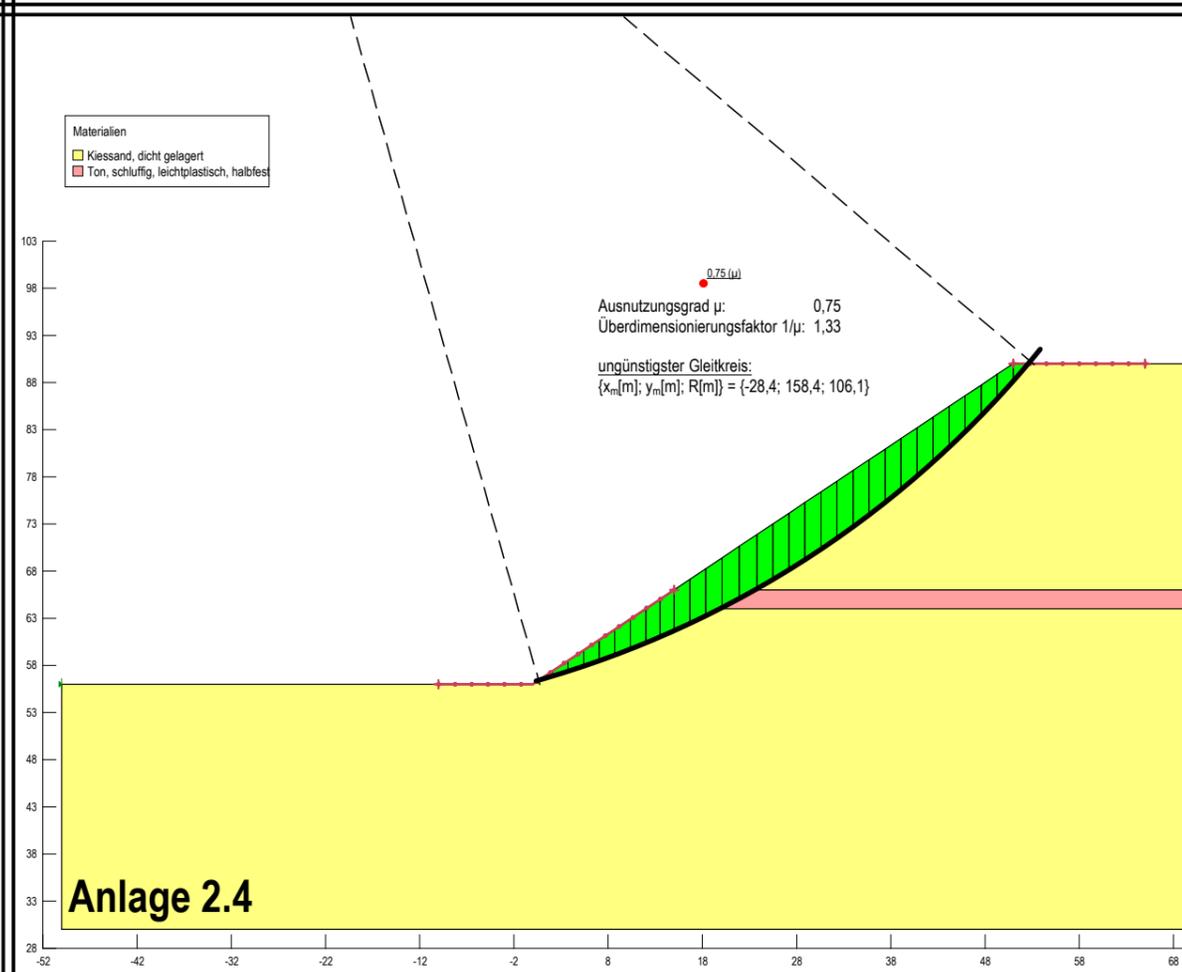
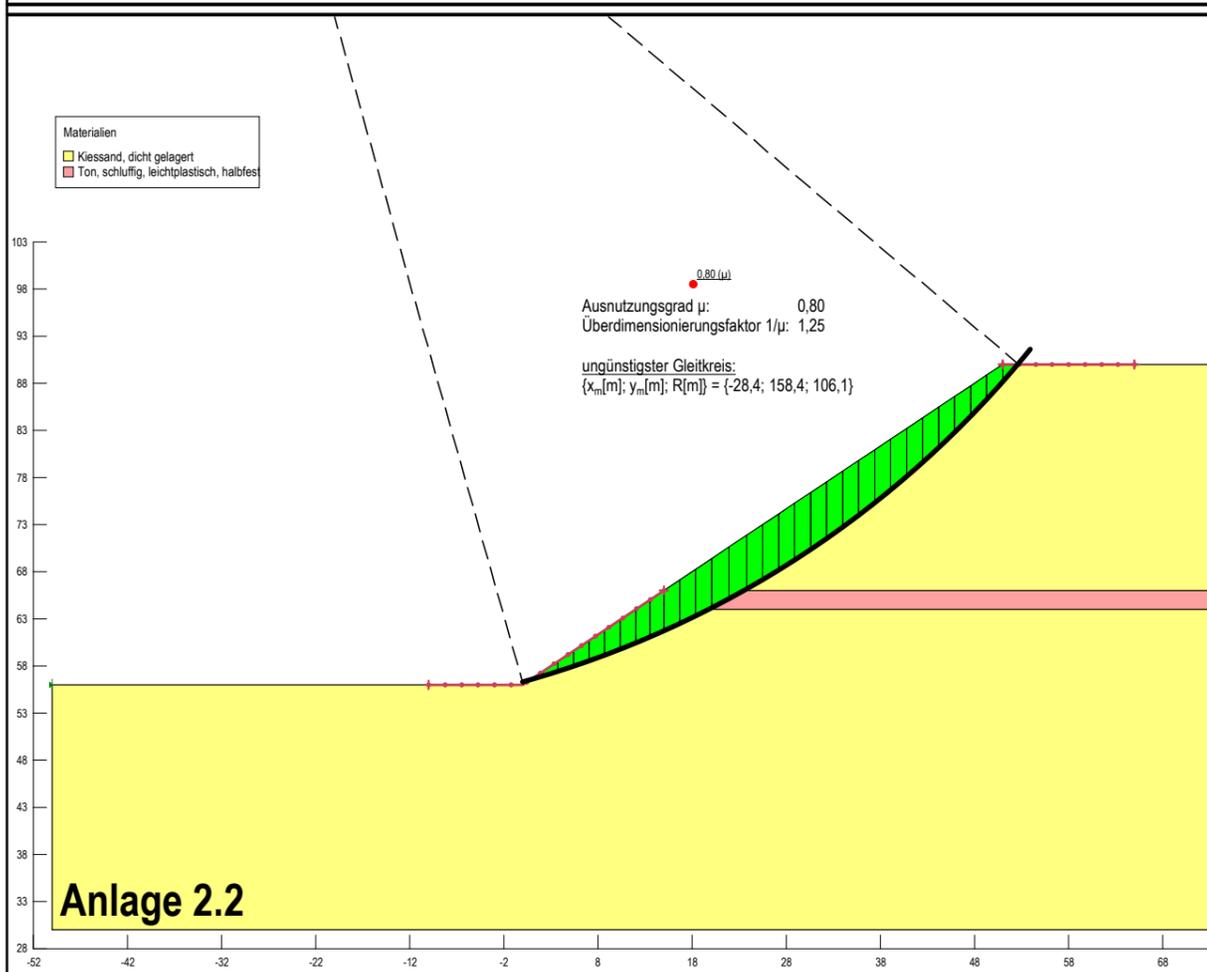
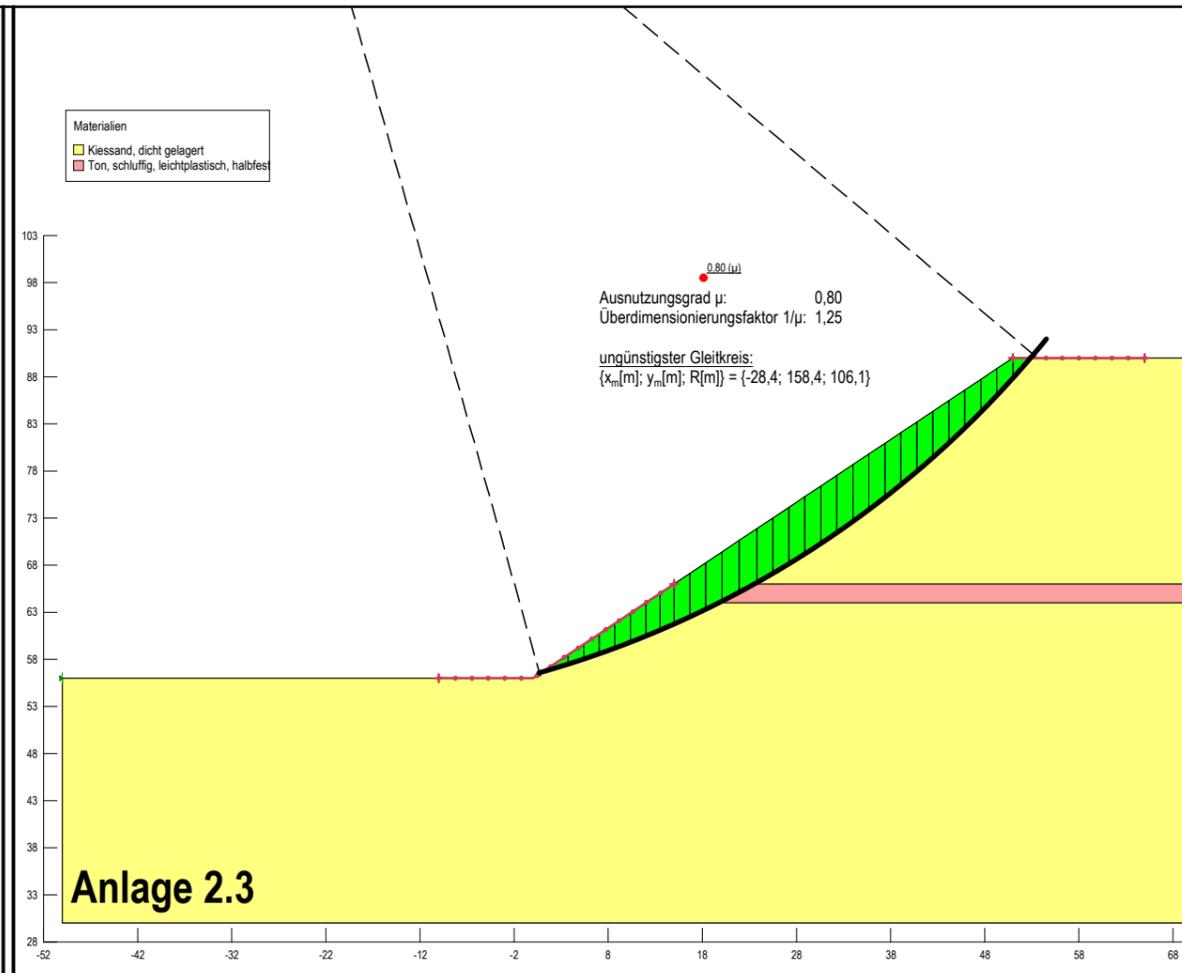
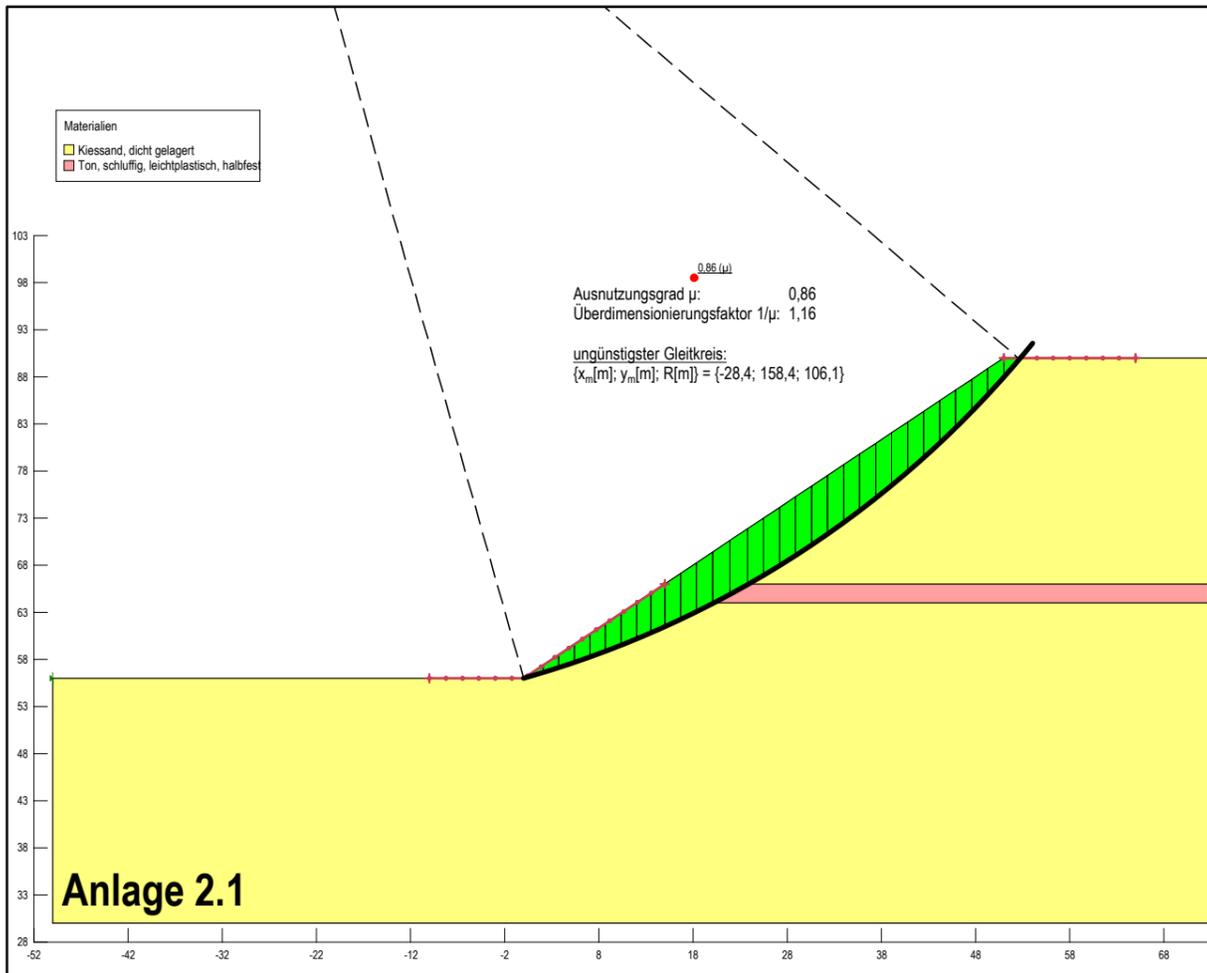
Maßstab:  
1:750

Gutachten-Nr.:  
18002

Anlagen:  
1.1 ... 1.4

ungünstigste Kiessandkennwerte:  $\varphi' = 40^\circ$ ;  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$

konservative, wahrscheinliche Kiessandkennwerte:  $\varphi' = 41,25^\circ$ ;  $c' = 7,5 \text{ kN/m}^2$



ohne Erdbeneinfluss

Berechnung erfolgte mit  
**GeoStudio 2018, R2**

**Tonlinse:**  
 Material: Ton, schluffig, mittelplastisch, halbfest  
 Stärke:  $\Delta y = 2 \text{ m}$   
 $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$   
 $\varphi' = 27,5^\circ$   
 $c' = 25 \text{ kN/m}^2$

**Erdbeben:**  
 Zone 3 (nahe Zone 2)  
 Beschleunigung:  
 $a_g = 0,8 \text{ m/s}^2$   
 Beschleunigungsfaktor:  
 $a_f = 0,8/9,81 = 0,081$

mit Erdbeneinfluss (Zone 3)

**ibk.**  
 Ingenieurbüro Dr. Koppelberg  
 Rayener Kirchweg 26a  
 47506 Neukirchen-Vluyn  
 Tel.: 02845-28335 Mobil: 0160-1908253  
 E-Mail: wilfried.koppelberg@t-online.de

Projekt:  
 Abgrabung Fuchserde  
 Stadt Elsdorf, Gemarkung Oberelmpf

Auftraggeber:  
 Michael Gülden  
 Frankenstraße 54-56 50189 Elsdorf

Planung:  
 Ute Rebstock Büro für Landschaftsplanung  
 Helrather Straße 2 52249 Eschweiler

Planinhalt:  
 Ungünstigste Gleitkreise mit **Tonlinse** nach DIN 4084:  
 • oben - ohne Erdbeben  
 • unten - mit Erdbeben (Zone 3)

Bearbeiter:  
 Dr. Koppelberg

Plan-Bez.:  
 18002-02a-2

Datum:  
 30.11.2018

Maßstab:  
 1:750

Gutachten-Nr.:  
 18002

Anlagen:  
 2.1 ... 2.4

ungünstigste Kiessandkennwerte:  $\varphi' = 40^\circ$ ;  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$

konservative, wahrscheinliche Kiessandkennwerte:  $\varphi' = 41,25^\circ$ ;  $c' = 7,5 \text{ kN/m}^2$

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01  
Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen  
Erstellt von: W. Koppelberg  
Revisionsnummer: 8  
Datum: 22.11.2018  
Zeit: 11:50:27  
Tool-Version: 9.1.1.16749  
Dateiname: Fuchserde 0.gsz  
Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Fuchserde\_Bericht\_02\  
Datum der letzten Auflösung: 22.11.2018  
Uhrzeit der letzten Auflösung: 14:05:16

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseeinstellungen

### SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde\_1  
Typ: SLOPE/W  
Methode: Bishop  
Einstellungen  
PWD-Bedingungen aus: (keine)  
Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C2  
Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>  
Gleitlinie  
Richtung der Bewegung: Rechts nach links  
Passiven Modus verwenden: Nein  
Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt  
Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1  
Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein  
Zugriss-Option: (keine)  
Verteilung  
1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant  
Erweitert  
Geometrie-Einstellungen  
Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m  
Anzahl der Lamellen: 30  
Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf  
Maximale Anzahl an Iterationen: 100  
Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

### Kiessand, dicht

Modell: Mohr-Coulomb  
Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Kohäsion': 5 kPa  
Phi': 40 °  
Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich  
Linke Koordinate der linken Zone: (-10; 56) m  
Rechte Koordinate der linken Zone: (0; 56) m  
Inkrement in linker Zone: 8  
Rechter Typ: Bereich  
Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m  
Rechte Koordinate in rechter Zone: (65; 90) m

Inkrement in rechter Zone: 8

Radius-Inkmente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m

Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C2

Ständige Punktlasten und Flächenlasten: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**

Veränderliche Punktlasten und Flächenlasten: **Günstig = 0, Ungünstig = 1.3**

Wichte des Bodens: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**

Effektive Kohäsion: 1,25

Effektiver Reibungswinkel: 1,25

Undrained Festigkeit: 1,4

Scherfestigkeit (andere Modelle): 1,25

Herausziehungswiderstand: 1,1

Scherkraft: 1,1

Zugfestigkeit: 1,1

Druckfestigkeit: 1,1

Erdbebenbeiwerten: 1

Erdwiderstand: 1

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche
Bereich 1	Kiessand, dicht	1;2;3;4;5;6;7	5.833 m <sup>2</sup>

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 245 von 405 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 367

Überdimensionierungsfaktor: 1,170

Ausnutzungsgrad: 0,855

Volumen: 227,22637 m<sup>3</sup>

Gewicht: 4.771,7537 kN

Moment aus Widerständen: 320.421,04 kN·m

Moment aus Einwirkungen: 273.800,78 kN·m

Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 405 Gleitlinien

Beenden: (0; 56) m

Eintritt: (52,75; 90) m

Radius: 107,00251 m

Mitte: (-29,046404; 158,98468) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung a.d. Basis	Festigkeiten			Material
					Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	0,87931034 m	56,256151 m	0 kPa	5,0863503 kPa	3,4143637 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,637931 m	56,784908 m	0 kPa	16,462431 kPa	11,050896 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,3965517 m	57,346844 m	0 kPa	27,042044 kPa	18,152775 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,1551724 m	57,942511 m	0 kPa	36,832106 kPa	24,724645 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,9137931 m	58,572511 m	0 kPa	45,838666 kPa	30,770566 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,6724138 m	59,237493 m	0 kPa	54,066925 kPa	36,29403 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,431034 m	59,938163 m	0 kPa	61,521262 kPa	41,297975 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	13,189655 m	60,675284 m	0 kPa	68,205245 kPa	45,784797 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,948276 m	61,449684 m	0 kPa	74,121644 kPa	49,756355 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	16,706897 m	62,262257 m	0 kPa	79,272446 kPa	53,213984 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	18,465517 m	63,113975 m	0 kPa	83,658854 kPa	56,158491 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	20,224138 m	64,005891 m	0 kPa	87,281302 kPa	58,590166 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	21,982759 m	64,939151 m	0 kPa	90,139446 kPa	60,508781 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 14	23,741379 m	65,914997 m	0 kPa	92,232174 kPa	61,913586 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 15	25,5 m	66,934786 m	0 kPa	93,557597 kPa	62,803316 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	27,258621 m	67,999996 m	0 kPa	94,113053 kPa	63,176182 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	29,017241 m	69,112243 m	0 kPa	93,895095 kPa	63,029872 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	30,775862 m	70,273297 m	0 kPa	92,899496 kPa	62,361546 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	32,534483 m	71,485102 m	0 kPa	91,121241 kPa	61,16784 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	34,293103 m	72,749801 m	0 kPa	88,554529 kPa	59,444858 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	36,051724 m	74,069758 m	0 kPa	85,192779 kPa	57,188184 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	37,810345 m	75,447595 m	0 kPa	81,028639 kPa	54,392881 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	39,568966 m	76,886229 m	0 kPa	76,054014 kPa	51,053516 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	41,327586 m	78,388919 m	0 kPa	70,260103 kPa	47,164181 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	43,086207 m	79,959324 m	0 kPa	63,637469 kPa	42,718541 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	44,844828 m	81,601571 m	0 kPa	56,176138 kPa	37,709901 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	46,603448 m	83,320345 m	0 kPa	47,865762 kPa	32,131315 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	48,362069 m	85,120996 m	0 kPa	38,69585 kPa	25,975739 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	50,12069 m	87,009681 m	0 kPa	28,656125 kPa	19,236275 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	51,875 m	88,988428 m	0 kPa	10,399674 kPa	6,9810903 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01

Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen

Erstellt von: W. Koppelberg

Revisionsnummer: 23

Datum: 30.11.2018

Zeit: 09:51:13

Tool-Version: 9.1.1.16749

Dateiname: Fuchserde\_1a.gsz

Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Projekte\Fuchserde\_Bericht\_02a\Fuchserde ohne Tonschicht\

Datum der letzten Auflösung: 30.11.2018

Uhrzeit der letzten Auflösung: 09:51:15

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseeinstellungen

SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde\_1

Typ: SLOPE/W

Methode: Bishop

Einstellungen

PWD-Bedingungen aus: (keine)

Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C1

Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>

Gleitlinie

Richtung der Bewegung: Rechts nach links

Passiven Modus verwenden: Nein

Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt

Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1

Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein

Zugriss-Option: (keine)

Verteilung

1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant

Erweitert

Geometrie-Einstellungen

Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m

Anzahl der Lamellen: 30

Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf

Maximale Anzahl an Iterationen: 100

Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

Kiessand, dicht gelagert

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 5 kPa

Phi': 40 °

Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich

Linke Koordinate der linken Zone: (-5; 56) m

Rechte Koordinate der linken Zone: (0; 56) m

Inkrement in linker Zone: 10  
Rechter Typ: Bereich  
Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m  
Rechte Koordinate in rechter Zone: (59; 90) m  
Inkrement in rechter Zone: 10  
Radius-Inkremente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m  
Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Erdbebenbeiwerte

Hor. seism. Koeff.: 0,081  
Vert seism. Koeff.: 0,081

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C1

Ständige Punklasten und Flächenlasten: Günstig = 1, Ungünstig = 1.35  
Veränderliche Punklasten und Flächenlasten: Günstig = 0, Ungünstig = 1.5  
Wichte des Bodens: Günstig = 1, Ungünstig = 1.35  
Effektive Kohäsion: 1  
Effektiver Reibungswinkel: 1  
Undrained Festigkeit: 1  
Scherfestigkeit (andere Modelle): 1  
Herausziehungswiderstand: 1,1  
Scherkraft: 1,1  
Zugfestigkeit: 1,1  
Druckfestigkeit: 1,1  
Erdbebenbeiwerte: 1  
Erdwiderstand: 1

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;4;5;6;7	5.833 m <sup>2</sup>

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 333 von 605 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 557  
Überdimensionierungsfaktor: 1,27  
Ausnutzungsgrad: 0,79  
Volumen: 204,19374 m<sup>3</sup>  
Gewicht: 5.788,8925 kN  
Moment aus Widerständen: 485.581,06 kN·m  
Moment aus Einwirkungen: 382.804,26 kN·m  
Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 605 Gleitlinien  
Beenden: (0; 56) m  
Eintritt: (51,8; 90) m  
Radius: 106,65072 m  
Mitte: (-30,098564; 158,31546) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung	Festigkeiten			Material
				a.d. Basis	Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	0,85 m	56,257759 m	0 kPa	6,7376886 kPa	5,653592 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,55 m	56,788858 m	0 kPa	21,535656 kPa	18,070561 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,25 m	57,351373 m	0 kPa	35,26327 kPa	29,589397 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	5,95 m	57,945832 m	0 kPa	47,932386 kPa	40,220047 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,65 m	58,572807 m	0 kPa	59,553695 kPa	49,971483 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,35 m	59,232915 m	0 kPa	70,13677 kPa	58,851738 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,05 m	59,926824 m	0 kPa	79,690101 kPa	66,867934 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	12,75 m	60,655254 m	0 kPa	88,221129 kPa	74,026317 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,45 m	61,418984 m	0 kPa	95,736272 kPa	80,332271 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	16,15 m	62,218856 m	0 kPa	102,24096 kPa	85,790348 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	17,85 m	63,05578 m	0 kPa	107,73963 kPa	90,404284 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	19,55 m	63,930744 m	0 kPa	112,2358 kPa	94,177016 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	21,25 m	64,844816 m	0 kPa	115,73202 kPa	97,110696 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 14	22,95 m	65,799155 m	0 kPa	118,22995 kPa	99,206706 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 15	24,65 m	66,795022 m	0 kPa	119,73032 kPa	100,46567 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	26,35 m	67,833789 m	0 kPa	120,23301 kPa	100,88747 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	28,05 m	68,916952 m	0 kPa	119,73698 kPa	100,47125 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	29,75 m	70,046147 m	0 kPa	118,24037 kPa	99,215448 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	31,45 m	71,223165 m	0 kPa	115,74048 kPa	97,117792 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	33,15 m	72,449975 m	0 kPa	112,2338 kPa	94,175344 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	34,85 m	73,728744 m	0 kPa	107,71607 kPa	90,384519 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	36,55 m	75,06187 m	0 kPa	102,1823 kPa	85,741129 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	38,25 m	76,452009 m	0 kPa	95,626837 kPa	80,240444 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	39,95 m	77,902123 m	0 kPa	88,043495 kPa	73,877264 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	41,65 m	79,41552 m	0 kPa	79,425651 kPa	66,646034 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	43,35 m	80,995923 m	0 kPa	69,766437 kPa	58,540992 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	45,05 m	82,647534 m	0 kPa	59,058996 kPa	49,556382 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	46,75 m	84,375132 m	0 kPa	47,296829 kPa	39,686751 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	48,45 m	86,184186 m	0 kPa	34,474293 kPa	28,927367 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	50,15 m	88,081002 m	0 kPa	20,587315 kPa	17,274808 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 31	51,4 m	89,526098 m	0 kPa	5,3689811 kPa	4,5051101 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01  
Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen  
Erstellt von: W. Koppelberg  
Revisionsnummer: 25  
Datum: 22.11.2018  
Zeit: 14:15:11  
Tool-Version: 9.1.1.16749  
Dateiname: Fuchserde\_2.gsz  
Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Fuchserde\_Bericht\_02\  
Datum der letzten Auflösung: 22.11.2018  
Uhrzeit der letzten Auflösung: 14:15:21

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseeinstellungen

### SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde\_1  
Typ: SLOPE/W  
Methode: Bishop  
Einstellungen  
PWD-Bedingungen aus: (keine)  
Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C2  
Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>  
Gleitlinie  
Richtung der Bewegung: Rechts nach links  
Passiven Modus verwenden: Nein  
Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt  
Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1  
Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein  
Zugriss-Option: (keine)  
Verteilung  
1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant  
Erweitert  
Geometrie-Einstellungen  
Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m  
Anzahl der Lamellen: 30  
Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf  
Maximale Anzahl an Iterationen: 100  
Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

### Kiessand, dicht gelagert

Modell: Mohr-Coulomb  
Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Kohäsion': 7,5 kPa  
Phi': 41,25 °  
Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich  
Linke Koordinate der linken Zone: (-5; 56) m  
Rechte Koordinate der linken Zone: (0; 56) m  
Inkrement in linker Zone: 10  
Rechter Typ: Bereich  
Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m  
Rechte Koordinate in rechter Zone: (59; 90) m

Inkrement in rechter Zone: 10  
Radius-Inkremente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m  
Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Erdbebenbeiwerten

Hor. seism. Koeff.: 0  
Vert seism. Koeff.: 0

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C2

Ständige Punklasten und Flächenlasten: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**  
Veränderliche Punklasten und Flächenlasten: **Günstig = 0, Ungünstig = 1.3**  
Wichte des Bodens: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**  
Effektive Kohäsion: **1,25**  
Effektiver Reibungswinkel: **1,25**  
Undränirierte Festigkeit: **1,4**  
Scherfestigkeit (andere Modelle): **1,25**  
Herauszieh Widerstand: **1,1**  
Scherkraft: **1,1**  
Zugfestigkeit: **1,1**  
Druckfestigkeit: **1,1**  
Erdbebenbeiwerten: **1**  
Erdwiderstand: **1**

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;4;5;6;7	5.833 m <sup>2</sup>

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 333 von 605 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 567  
Überdimensionierungsfaktor: 1,27  
Ausnutzungsgrad: 0,79  
Volumen: 243,06803 m<sup>3</sup>  
Gewicht: 5.104,4286 kN  
Moment aus Widerständen: 370.626,98 kN·m  
Moment aus Einwirkungen: 292.236,77 kN·m  
Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 605 Gleitlinien  
Beenden: (0; 56) m  
Eintritt: (53,4; 90) m  
Radius: 107,25635 m  
Mitte: (-28,339644; 159,44462) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung a.d. Basis	Festigkeiten			Material
					Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	0,87931034 m	56,248969 m	0 kPa	4,9655134 kPa	3,4837107 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,637931 m	56,763214 m	0 kPa	16,69212 kPa	11,710877 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,3965517 m	57,310328 m	0 kPa	27,623075 kPa	19,37983 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,1551724 m	57,890841 m	0 kPa	37,764955 kPa	26,495182 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,9137931 m	58,50533 m	0 kPa	47,123478 kPa	33,060945 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,6724138 m	59,154421 m	0 kPa	55,703524 kPa	39,080544 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,431034 m	59,838789 m	0 kPa	63,509155 kPa	44,556827 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	13,189655 m	60,559168 m	0 kPa	70,543625 kPa	49,492079 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,948276 m	61,316351 m	0 kPa	76,809397 kPa	53,888026 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	16,706897 m	62,111197 m	0 kPa	82,308145 kPa	57,745844 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	18,465517 m	62,944638 m	0 kPa	87,040763 kPa	61,06616 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	20,224138 m	63,817682 m	0 kPa	91,007367 kPa	63,849055 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	21,982759 m	64,731426 m	0 kPa	94,207293 kPa	66,094063 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 14	23,741379 m	65,68706 m	0 kPa	96,639095 kPa	67,80017 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 15	25,5 m	66,68588 m	0 kPa	98,300542 kPa	68,965809 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	27,258621 m	67,729297 m	0 kPa	99,188606 kPa	69,588858 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	29,017241 m	68,818853 m	0 kPa	99,299462 kPa	69,666632 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	30,775862 m	69,956235 m	0 kPa	98,62847 kPa	69,195878 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	32,534483 m	71,143291 m	0 kPa	97,170175 kPa	68,172765 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	34,293103 m	72,382054 m	0 kPa	94,91829 kPa	66,592885 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	36,051724 m	73,674768 m	0 kPa	91,865697 kPa	64,451243 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	37,810345 m	75,023913 m	0 kPa	88,004447 kPa	61,742263 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	39,568966 m	76,432242 m	0 kPa	83,32576 kPa	58,459784 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	41,327586 m	77,902826 m	0 kPa	77,820053 kPa	54,597084 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	43,086207 m	79,439101 m	0 kPa	71,476976 kPa	50,1469 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	44,844828 m	81,044933 m	0 kPa	64,285474 kPa	45,101478 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	46,603448 m	82,724697 m	0 kPa	56,233901 kPa	39,452646 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	48,362069 m	84,483369 m	0 kPa	47,310186 kPa	33,191935 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	50,12069 m	86,326652 m	0 kPa	37,502088 kPa	26,310759 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	52,2 m	88,635105 m	0 kPa	14,293587 kPa	10,028111 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01

Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen

Erstellt von: W. Koppelberg

Revisionsnummer: 23

Datum: 30.11.2018

Zeit: 09:59:34

Tool-Version: 9.1.1.16749

Dateiname: Fuchserde\_2a.gsz

Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Projekte\Fuchserde\_Bericht\_02a\Fuchserde ohne Tonschicht\

Datum der letzten Auflösung: 30.11.2018

Uhrzeit der letzten Auflösung: 09:59:36

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseinstellungen

SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde\_1

Typ: SLOPE/W

Methode: Bishop

Einstellungen

PWD-Bedingungen aus: (keine)

Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C1

Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>

Gleitlinie

Richtung der Bewegung: Rechts nach links

Passiven Modus verwenden: Nein

Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt

Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1

Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein

Zugriss-Option: (keine)

Verteilung

1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant

Erweitert

Geometrie-Einstellungen

Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m

Anzahl der Lamellen: 30

Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf

Maximale Anzahl an Iterationen: 100

Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

Kiessand, dicht gelagert

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 7,5 kPa

Phi': 41,25 °

Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich

Linke Koordinate der linken Zone: (-5; 56) m

Rechte Koordinate der linken Zone: (0; 56) m

Inkrement in linker Zone: 10  
Rechter Typ: Bereich  
Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m  
Rechte Koordinate in rechter Zone: (59; 90) m  
Inkrement in rechter Zone: 10  
Radius-Inkremente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m  
Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Erdbebenbeiwerte

Hor. seism. Koeff.: 0,081  
Vert seism. Koeff.: 0,081

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C1

Ständige Punklasten und Flächenlasten: Günstig = 1, Ungünstig = 1.35  
Veränderliche Punklasten und Flächenlasten: Günstig = 0, Ungünstig = 1.5  
Wichte des Bodens: Günstig = 1, Ungünstig = 1.35  
Effektive Kohäsion: 1  
Effektiver Reibungswinkel: 1  
Undränierete Festigkeit: 1  
Scherfestigkeit (andere Modelle): 1  
Herausziehwiderstand: 1,1  
Scherkraft: 1,1  
Zugfestigkeit: 1,1  
Druckfestigkeit: 1,1  
Erdbebenbeiwerte: 1  
Erdwiderstand: 1

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;4;5;6;7	5.833 m <sup>2</sup>

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 333 von 605 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 562  
Überdimensionierungsfaktor: 1,36  
Ausnutzungsgrad: 0,73  
Volumen: 223,57875 m<sup>3</sup>  
Gewicht: 6.338,4576 kN  
Moment aus Widerständen: 571.117,32 kN·m  
Moment aus Einwirkungen: 418.608,8 kN·m  
Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 605 Gleitlinien  
Beenden: (0; 56) m  
Eintritt: (52,6; 90) m  
Radius: 106,94543 m  
Mitte: (-29,210994; 158,87877) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung	Festigkeiten			Material
				a.d. Basis	Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	0,87931034 m	56,248969 m	0 kPa	5,1459435 kPa	3,610297 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,637931 m	56,763214 m	0 kPa	17,509165 kPa	12,284101 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,3965517 m	57,310328 m	0 kPa	29,002693 kPa	20,347743 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,1551724 m	57,890841 m	0 kPa	39,636772 kPa	27,808413 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,9137931 m	58,50533 m	0 kPa	49,420633 kPa	34,672586 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,6724138 m	59,154421 m	0 kPa	58,362528 kPa	40,946051 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,431034 m	59,838789 m	0 kPa	66,469768 kPa	46,633938 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	13,189655 m	60,559168 m	0 kPa	73,748746 kPa	51,740732 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,948276 m	61,316351 m	0 kPa	80,204969 kPa	56,270296 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	16,706897 m	62,111197 m	0 kPa	85,843077 kPa	60,225886 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	18,465517 m	62,944638 m	0 kPa	90,666861 kPa	63,610162 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	20,224138 m	63,817682 m	0 kPa	94,679283 kPa	66,425202 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	21,982759 m	64,731426 m	0 kPa	97,882485 kPa	68,672509 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 14	23,741379 m	65,68706 m	0 kPa	100,27781 kPa	70,353021 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 15	25,5 m	66,68588 m	0 kPa	101,86579 kPa	71,46712 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	27,258621 m	67,729297 m	0 kPa	102,64619 kPa	72,014634 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	29,017241 m	68,818853 m	0 kPa	102,61799 kPa	71,994847 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	30,775862 m	69,956235 m	0 kPa	101,77939 kPa	71,406502 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	32,534483 m	71,143291 m	0 kPa	100,12785 kPa	70,247813 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	34,293103 m	72,382054 m	0 kPa	97,660074 kPa	68,516469 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	36,051724 m	73,674768 m	0 kPa	94,372052 kPa	66,209654 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	37,810345 m	75,023913 m	0 kPa	90,259068 kPa	63,324062 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	39,568966 m	76,432242 m	0 kPa	85,315754 kPa	59,855927 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	41,327586 m	77,902826 m	0 kPa	79,536142 kPa	55,80106 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	43,086207 m	79,439101 m	0 kPa	72,913746 kPa	51,154911 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	44,844828 m	81,044933 m	0 kPa	65,441681 kPa	45,912651 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	46,603448 m	82,724697 m	0 kPa	57,112833 kPa	40,069288 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	48,362069 m	84,483369 m	0 kPa	47,920104 kPa	33,619843 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	50,12069 m	86,326652 m	0 kPa	37,856759 kPa	26,55959 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	52,2 m	88,635105 m	0 kPa	14,222463 kPa	9,9782119 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01  
Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen  
Erstellt von: W. Koppelberg  
Revisionsnummer: 16  
Datum: 22.11.2018  
Zeit: 15:44:50  
Tool-Version: 9.1.1.16749  
Dateiname: Fuchserde mT 1.gsz  
Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Fuchserde\_Bericht\_02\Fuchserde mit Tonschicht\  
Datum der letzten Auflösung: 22.11.2018  
Uhrzeit der letzten Auflösung: 15:44:52

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseereinstellungen

### SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde mit Tonschicht  
Typ: SLOPE/W  
Methode: Bishop  
Einstellungen  
PWD-Bedingungen aus: (keine)  
Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C2  
Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>  
Gleitlinie  
Richtung der Bewegung: Rechts nach links  
Passiven Modus verwenden: Nein  
Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt  
Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1  
Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein  
Zugriss-Option: (keine)  
Verteilung  
1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant  
Erweitert  
Geometrie-Einstellungen  
Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m  
Anzahl der Lamellen: 30  
Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf  
Maximale Anzahl an Iterationen: 100  
Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

### Kiessand, dicht gelagert

Modell: Mohr-Coulomb  
Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>  
Kohäsion': 5 kPa  
Phi': 40 °  
Phi-B: 0 °

### Ton, schluffig, leichtplastisch, halbfest

Modell: Mohr-Coulomb  
Wichte: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Kohäsion': 25 kPa  
Phi': 27,5 °  
Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich  
Linke Koordinate der linken Zone: (-10; 56) m  
Rechte Koordinate der linken Zone: (15; 66) m  
Inkrement in linker Zone: 16  
Rechter Typ: Bereich  
Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m  
Rechte Koordinate in rechter Zone: (65; 90) m

Inkrement in rechter Zone: 8  
Radius-Inkmente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m  
Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C2

Ständige Punklasten und Flächenlasten: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**  
Veränderliche Punklasten und Flächenlasten: **Günstig = 0, Ungünstig = 1.3**  
Wichte des Bodens: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**  
Effektive Kohäsion: **1,25**  
Effektiver Reibungswinkel: **1,25**  
Undränierete Festigkeit: **1,4**  
Scherfestigkeit (andere Modelle): **1,25**  
Herausziehwiderstand: **1,1**  
Scherkraft: **1,1**  
Zugfestigkeit: **1,1**  
Druckfestigkeit: **1,1**  
Erdbebenbeiwerten: **1**  
Erdwiderstand: **1**

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m
Punkt 8	12 m	64 m
Punkt 9	15 m	66 m
Punkt 10	90 m	66 m
Punkt 11	90 m	64 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;8;11;6;7	4.312 m <sup>2</sup>
Bereich 2	Ton, schluffig, leichtplastisch, hf.	9;10;11;8	153 m <sup>2</sup>
Bereich 3	Kiessand, dicht gelagert	4;5;10;9	1.368 m <sup>2</sup>

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 739 von 765 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 277  
Überdimensionierungsfaktor: 1,16  
Ausnutzungsgrad: 0,86  
Volumen: 223,82131 m<sup>3</sup>  
Gewicht: 4.683,353 kN  
Moment aus Widerständen: 308.808,72 kN·m  
Moment aus Einwirkungen: 266.662,29 kN·m  
Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 765 Gleitlinien  
Beenden: (0,42468566; 56,283124) m  
Eintritt: (52,75; 90) m  
Radius: 106,11706 m  
Mitte: (-28,363884; 158,42052) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung	Festigkeiten			Material
				a.d. Basis	Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	1,2514938 m	56,523427 m	0 kPa	4,7290545 kPa	3,1745183 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,9051102 m	57,018691 m	0 kPa	15,453201 kPa	10,37342 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,5587265 m	57,543492 m	0 kPa	25,466227 kPa	17,094961 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,2123428 m	58,098293 m	0 kPa	34,77422 kPa	23,343228 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,8659592 m	58,683595 m	0 kPa	43,382568 kPa	29,121837 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,5195755 m	59,299939 m	0 kPa	51,295972 kPa	34,433945 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,173192 m	59,947908 m	0 kPa	58,518469 kPa	39,282261 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	12,75 m	60,595083 m	0 kPa	64,375403 kPa	43,213901 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,25 m	61,239165 m	0 kPa	68,945863 kPa	46,281959 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	15,844576 m	61,955094 m	0 kPa	73,6323 kPa	49,427868 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	17,533729 m	62,74732 m	0 kPa	78,344579 kPa	52,591126 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	19,222882 m	63,576246 m	0 kPa	82,346939 kPa	55,277829 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	20,996295 m	64,48809 m	0 kPa	88,413601 kPa	36,820166 kPa	20 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtpl., hf.
Lamelle 14	22,853967 m	65,48809 m	0 kPa	92,377907 kPa	38,471116 kPa	20 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtpl., hf.
Lamelle 15	24,633341 m	66,49033 m	0 kPa	91,886031 kPa	61,681228 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	26,334416 m	67,492305 m	0 kPa	92,889174 kPa	62,354617 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	28,03549 m	68,537641 m	0 kPa	93,166613 kPa	62,540857 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	29,736565 m	69,627873 m	0 kPa	92,71512 kPa	62,237779 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	31,43764 m	70,764675 m	0 kPa	91,530769 kPa	61,442748 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	33,138715 m	71,949886 m	0 kPa	89,608937 kPa	60,15266 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	34,83979 m	73,185527 m	0 kPa	86,944305 kPa	58,363947 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	36,540864 m	74,473826 m	0 kPa	83,530867 kPa	56,072576 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	38,241939 m	75,81725 m	0 kPa	79,361944 kPa	53,274062 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	39,943014 m	77,218537 m	0 kPa	74,430208 kPa	49,963488 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	41,644089 m	78,680741 m	0 kPa	68,727725 kPa	46,135527 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	43,345163 m	80,207282 m	0 kPa	62,246019 kPa	41,78449 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	45,046238 m	81,80201 m	0 kPa	54,976172 kPa	36,904388 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	46,747313 m	83,469284 m	0 kPa	46,908968 kPa	31,489038 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	48,448388 m	85,214067 m	0 kPa	38,035115 kPa	25,532201 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	50,149463 m	87,042054 m	0 kPa	28,345566 kPa	19,027803 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 31	51,875 m	88,988805 m	0 kPa	10,328713 kPa	6,9334554 kPa	4 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01

Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen

Erstellt von: W. Koppelberg

Revisionsnummer: 15

Datum: 30.11.2018

Zeit: 10:09:46

Tool-Version: 9.1.1.16749

Dateiname: Fuchserde mT 1a.gsz

Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Projekte\Fuchserde\_Bericht\_02a\Fuchserde mit Tonschicht\

Datum der letzten Auflösung: 30.11.2018

Uhrzeit der letzten Auflösung: 10:09:48

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseeinstellungen

### SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde mit Tonschicht

Typ: SLOPE/W

Methode: Bishop

Einstellungen

PWD-Bedingungen aus: (keine)

Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C1

Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>

Gleitlinie

Richtung der Bewegung: Rechts nach links

Passiven Modus verwenden: Nein

Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt

Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1

Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein

Zugriss-Option: (keine)

Verteilung

1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant

Erweitert

Geometrie-Einstellungen

Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m

Anzahl der Lamellen: 30

Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf

Maximale Anzahl an Iterationen: 100

Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

**Kiessand, dicht gelagert**

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 5 kPa

Phi': 40 °

Phi-B: 0 °

**Ton, schluffig, leichtplastisch, halbfest**

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 20 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 25 kPa

Phi': 27,5 °

Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich

Linke Koordinate der linken Zone: (-10; 56) m

Rechte Koordinate der linken Zone: (15; 66) m

Inkrement in linker Zone: 16

Rechter Typ: Bereich  
Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m  
Rechte Koordinate in rechter Zone: (65; 90) m  
Inkrement in rechter Zone: 8  
Radius-Inkremente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m  
Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Erdbebenbeiwerte

Hor. seism. Koeff.: 0,081  
Vert seism. Koeff.: 0,081

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C1

Ständige Punklasten und Flächenlasten: **Günstig = 1, Ungünstig = 1.35**  
Veränderliche Punklasten und Flächenlasten: **Günstig = 0, Ungünstig = 1.5**  
Wichte des Bodens: **Günstig = 1, Ungünstig = 1.35**  
Effektive Kohäsion: 1  
Effektiver Reibungswinkel: 1  
Undrained Festigkeit: 1  
Scherfestigkeit (andere Modelle): 1  
Herausziehwiderstand: 1,1  
Scherkraft: 1,1  
Zugfestigkeit: 1,1  
Druckfestigkeit: 1,1  
Erdbebenbeiwerte: 1  
Erdwiderstand: 1

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m
Punkt 8	12 m	64 m
Punkt 9	15 m	66 m
Punkt 10	90 m	66 m
Punkt 11	90 m	64 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche	
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;8;11;6;7	4.312 m <sup>2</sup>	
Bereich 2	Ton, schluffig, leichtplastisch, halbfest	9;10;11;8	153 m <sup>2</sup>	
Bereich 3	Kiessand, dicht gelagert	4;5;10;9	1.368 m <sup>2</sup>	

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 739 von 765 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 277  
Überdimensionierungsfaktor: 1,25  
Ausnutzungsgrad: 0,80  
Volumen: 223,82131 m<sup>3</sup>  
Gewicht: 6.322,5266 kN  
Moment aus Widerständen: 516.488,66 kN·m  
Moment aus Einwirkungen: 414.171,43 kN·m  
Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 765 Gleitlinien  
Beenden: (0,42468566; 56,283124) m  
Eintritt: (52,75; 90) m  
Radius: 106,11706 m  
Mitte: (-28,363884; 158,42052) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung a.d. Basis	Festigkeiten			Material
					Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	1,2514938 m	56,523427 m	0 kPa	6,8411679 kPa	5,7404215 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,9051102 m	57,018691 m	0 kPa	21,826439 kPa	18,314557 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,5587265 m	57,543492 m	0 kPa	35,784511 kPa	30,02677 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,2123428 m	58,098293 m	0 kPa	48,727539 kPa	40,88726 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,8659592 m	58,683595 m	0 kPa	60,666577 kPa	50,905303 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,5195755 m	59,299939 m	0 kPa	71,611624 kPa	60,089287 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,173192 m	59,947908 m	0 kPa	81,571656 kPa	68,446746 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	12,75 m	60,595083 m	0 kPa	89,618332 kPa	75,198709 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,25 m	61,239165 m	0 kPa	95,868771 kPa	80,44345 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	15,844576 m	61,955094 m	0 kPa	102,26013 kPa	85,806438 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	17,533729 m	62,74732 m	0 kPa	108,66583 kPa	91,181457 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	19,222882 m	63,576246 m	0 kPa	114,07512 kPa	95,720392 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	20,996295 m	64,48809 m	0 kPa	125,38393 kPa	65,270742 kPa	25 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtplastisch
Lamelle 14	22,853967 m	65,48809 m	0 kPa	130,86503 kPa	68,124024 kPa	25 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtplastisch
Lamelle 15	24,633341 m	66,49033 m	0 kPa	126,79379 kPa	106,39262 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	26,334416 m	67,492305 m	0 kPa	128,02677 kPa	107,42721 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	28,03549 m	68,537641 m	0 kPa	128,25906 kPa	107,62213 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	29,736565 m	69,627873 m	0 kPa	127,4898 kPa	106,97664 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	31,43764 m	70,764675 m	0 kPa	125,71722 kPa	105,48927 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	33,138715 m	71,949886 m	0 kPa	122,93874 kPa	103,15785 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	34,83979 m	73,185527 m	0 kPa	119,15094 kPa	99,979512 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	36,540864 m	74,473826 m	0 kPa	114,34966 kPa	95,95076 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	38,241939 m	75,81725 m	0 kPa	108,53 kPa	91,067483 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	39,943014 m	77,218537 m	0 kPa	101,68641 kPa	85,325031 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	41,644089 m	78,680741 m	0 kPa	93,81281 kPa	78,718294 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	43,345163 m	80,207282 m	0 kPa	84,9027 kPa	71,241824 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	45,046238 m	81,80201 m	0 kPa	74,949376 kPa	62,889993 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	46,747313 m	83,469284 m	0 kPa	63,946189 kPa	53,657223 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	48,448388 m	85,214067 m	0 kPa	51,886931 kPa	43,538304 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	50,149463 m	87,042054 m	0 kPa	38,76637 kPa	32,528846 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 31	51,875 m	88,988805 m	0 kPa	14,493153 kPa	12,1612 kPa	5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01

Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen

Erstellt von: W. Koppelberg

Revisionsnummer: 19

Datum: 22.11.2018

Zeit: 15:49:17

Tool-Version: 9.1.1.16749

Dateiname: Fuchserde mT 2.gsz

Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Fuchserde\_Bericht\_02\Fuchserde mit Tonschicht\

Datum der letzten Auflösung: 22.11.2018

Uhrzeit der letzten Auflösung: 15:49:19

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseeinstellungen

### SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde mit Tonschicht

Typ: SLOPE/W

Methode: Bishop

Einstellungen

PWD-Bedingungen aus: (keine)

Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C2

Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>

Gleitlinie

Richtung der Bewegung: Rechts nach links

Passiven Modus verwenden: Nein

Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt

Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1

Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein

Zugriss-Option: (keine)

Verteilung

1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant

Erweitert

Geometrie-Einstellungen

Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m

Anzahl der Lamellen: 30

Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf

Maximale Anzahl an Iterationen: 100

Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

### Kiessand, dicht gelagert

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 7,5 kPa

Phi': 41,25 °

Phi-B: 0 °

### Ton, schluffig, leichtplastisch, halbfest

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 20 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 25 kPa

Phi': 27,5 °

Phi-B: 0 °

# Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich

Linke Koordinate der linken Zone: (-10; 56) m

Rechte Koordinate der linken Zone: (15; 66) m

Inkrement in linker Zone: 16

Rechter Typ: Bereich

Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m

Rechte Koordinate in rechter Zone: (65; 90) m

Inkrement in rechter Zone: 8

Radius-Inkmente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m

Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C2

Ständige Punktlasten und Flächenlasten: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**

Veränderliche Punktlasten und Flächenlasten: **Günstig = 0, Ungünstig = 1.3**

Wichte des Bodens: **Günstig = 1, Ungünstig = 1**

Effektive Kohäsion: 1,25

Effektiver Reibungswinkel: 1,25

Undrained Festigkeit: 1,4

Scherfestigkeit (andere Modelle): 1,25

Herauszieh Widerstand: 1,1

Scherkraft: 1,1

Zugfestigkeit: 1,1

Druckfestigkeit: 1,1

Erdbebenbeiwerten: 1

Erdwiderstand: 1

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m
Punkt 8	12 m	64 m
Punkt 9	15 m	66 m
Punkt 10	90 m	66 m
Punkt 11	90 m	64 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;8;11;6;7	4.312 m <sup>2</sup>
Bereich 2	Ton, schluffig, leichtpl., hf.	9;10;11;8	153 m <sup>2</sup>
Bereich 3	Kiessand, dicht gelagert	4;5;10;9	1.368 m <sup>2</sup>

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 739 von 765 konvergiert

# Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 277

Überdimensionierungsfaktor: 1,25

Ausnutzungsgrad: 0,80

Volumen: 223,82131 m<sup>3</sup>

Gewicht: 4.683,353 kN

Moment aus Widerständen: 332.650,24 kN·m

Moment aus Einwirkungen: 266.662,29 kN·m

Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 765 Gleitlinien

Beenden: (0,42468566; 56,283124) m

Eintritt: (52,75; 90) m

Radius: 106,11706 m

Mitte: (-28,363884; 158,42052) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung a.d. Basis	Festigkeiten			Material
					Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	1,2514938 m	56,523427 m	0 kPa	4,4108387 kPa	3,0945614 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,9051102 m	57,018691 m	0 kPa	15,167014 kPa	10,640891 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,5587265 m	57,543492 m	0 kPa	25,213512 kPa	17,689325 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,2123428 m	58,098293 m	0 kPa	34,555955 kPa	24,243807 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,8659592 m	58,683595 m	0 kPa	43,199269 kPa	30,307794 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,5195755 m	59,299939 m	0 kPa	51,14771 kPa	35,88427 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,173192 m	59,947908 m	0 kPa	58,404867 kPa	40,975755 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	12,75 m	60,595083 m	0 kPa	64,291817 kPa	45,105928 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,25 m	61,239165 m	0 kPa	68,887078 kPa	48,329877 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	15,844576 m	61,955094 m	0 kPa	73,600835 kPa	51,63696 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	17,533729 m	62,74732 m	0 kPa	78,342637 kPa	54,963719 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	19,222882 m	63,576246 m	0 kPa	82,371921 kPa	57,790589 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	20,996295 m	64,48809 m	0 kPa	89,984651 kPa	37,474435 kPa	20 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtpl., hf
Lamelle 14	22,853967 m	65,48809 m	0 kPa	94,061244 kPa	39,172147 kPa	20 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtpl., hf
Lamelle 15	24,633341 m	66,49033 m	0 kPa	91,985397 kPa	64,535222 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	26,334416 m	67,492305 m	0 kPa	92,999539 kPa	65,246725 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	28,03549 m	68,537641 m	0 kPa	93,282711 kPa	65,445394 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	29,736565 m	69,627873 m	0 kPa	92,83113 kPa	65,128573 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	31,43764 m	70,764675 m	0 kPa	91,640288 kPa	64,293101 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	33,138715 m	71,949886 m	0 kPa	89,704956 kPa	62,935308 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	34,83979 m	73,185527 m	0 kPa	87,019176 kPa	61,051015 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	36,540864 m	74,473826 m	0 kPa	83,576264 kPa	58,635533 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	38,241939 m	75,81725 m	0 kPa	79,36882 kPa	55,68367 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	39,943014 m	77,218537 m	0 kPa	74,388747 kPa	52,189744 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	41,644089 m	78,680741 m	0 kPa	68,627285 kPa	48,147611 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	43,345163 m	80,207282 m	0 kPa	62,075064 kPa	43,550696 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	45,046238 m	81,80201 m	0 kPa	54,722199 kPa	38,392065 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	46,747313 m	83,469284 m	0 kPa	46,558419 kPa	32,66451 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	48,448388 m	85,214067 m	0 kPa	37,573275 kPa	26,360702 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	50,149463 m	87,042054 m	0 kPa	27,756443 kPa	19,473398 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 31	51,875 m	88,988805 m	0 kPa	9,5040044 kPa	6,6678305 kPa	6 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert

# SLOPE/W-Analyse

Bericht wurde unter Verwendung von GeoStudio 2018 R2 generiert. Copyright © 1991-2018 GEOSLOPE International Ltd.

## Dateiinfo

Dateiversion: 9.01

Titel: Fuchserde - schematischen Berechnungen

Erstellt von: W. Koppelberg

Revisionsnummer: 24

Datum: 30.11.2018

Zeit: 10:14:44

Tool-Version: 9.1.1.16749

Dateiname: Fuchserde mT 2a.gsz

Verzeichnis: C:\Users\Koppelberg\Documents\Projekte\Fuchserde\_Bericht\_02a\Fuchserde mit Tonschicht\

Datum der letzten Auflösung: 30.11.2018

Uhrzeit der letzten Auflösung: 10:14:46

## Projekteinstellungen

Einheitensystem: Internationales Einheitensystem (SI)

## Analyseinstellungen

### SLOPE/W-Analyse

Beschreibung: Fuchserde mit Tonschicht

Typ: SLOPE/W

Methode: Bishop

Einstellungen

PWD-Bedingungen aus: (keine)

Ansatz zu Tragfähigkeitsgrenzen: Eurocode 7 – DA1, C1

Wichte des Wassers: 9,807 kN/m<sup>3</sup>

Gleitlinie

Richtung der Bewegung: Rechts nach links

Passiven Modus verwenden: Nein

Gleitlinie-Option: Eintritt und Austritt

Maßgebende Gleitlinien gespeichert: 1

Optimierung der Lage der maßgebenden Gleitlinien: Nein

Zugriss-Option: (keine)

Verteilung

1/μ Option zur Berechnung des Sicherheitsfaktors: Konstant

Erweitert

Geometrie-Einstellungen

Minimale Tiefe für Gleitlinien: 0,5 m

Anzahl der Lamellen: 30

Überdimensionierungsfaktor (1/μ) Konvergenzeinstellungen für Sicherheitsf

Maximale Anzahl an Iterationen: 100

Toleranz für Sicherheitsfaktor 1/μ: 0,001

## Materialien

**Kiessand, dicht gelagert**

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 21 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 7,5 kPa

Phi': 41,25 °

Phi-B: 0 °

**Ton, schluffig, leichtplastisch, halbfest**

Modell: Mohr-Coulomb

Wichte: 20 kN/m<sup>3</sup>

Kohäsion': 25 kPa

Phi': 27,5 °

Phi-B: 0 °

## Eintritt und Austritt von Gleitlinien

Linker Typ: Bereich

Linke Koordinate der linken Zone: (-10; 56) m

Rechte Koordinate der linken Zone: (15; 66) m

Inkrement in linker Zone: 16

Rechter Typ: Bereich

Linke Koordinate in rechter Zone: (51; 90) m

Rechte Koordinate in rechter Zone: (65; 90) m

Inkrement in rechter Zone: 8

Radius-Inkmente: 4

## Gleitlinienbegrenzungen

Linke Koordinate: (-50; 56) m

Rechte Koordinate: (90; 90) m

## Erdbebenbeiwerte

Hor. seism. Koeff.: 0,081

Vert seism. Koeff.: 0,081

## Faktorsatz für Konstruktion: Eurocode 7 – DA1, C1

Ständige Punktlasten und Flächenlasten: Günstig = 1, Ungünstig = 1.35

Veränderliche Punktlasten und Flächenlasten: Günstig = 0, Ungünstig = 1.5

Wichte des Bodens: Günstig = 1, Ungünstig = 1.35

Effektive Kohäsion: 1

Effektiver Reibungswinkel: 1

Undrained Festigkeit: 1

Scherfestigkeit (andere Modelle): 1

Herausziehungswiderstand: 1,1

Scherkraft: 1,1

Zugfestigkeit: 1,1

Druckfestigkeit: 1,1

Erdbebenbeiwerte: 1

Erdwiderstand: 1

## Punkte

	X	Y
Punkt 1	-50 m	30 m
Punkt 2	-50 m	56 m
Punkt 3	0 m	56 m
Punkt 4	51 m	90 m
Punkt 5	90 m	90 m
Punkt 6	90 m	56 m
Punkt 7	90 m	30 m
Punkt 8	12 m	64 m
Punkt 9	15 m	66 m
Punkt 10	90 m	66 m
Punkt 11	90 m	64 m

## Bereiche

	Material	Punkte	Fläche	
Bereich 1	Kiessand, dicht gelagert	1;2;3;8;11;6;7	4.312 m <sup>2</sup>	
Bereich 2	Ton, schluffig, leichtplastisch, halbfest	9;10;11;8	153 m <sup>2</sup>	
Bereich 3	Kiessand, dicht gelagert	4;5;10;9	1.368 m <sup>2</sup>	

## Bruchergebnisse

Bruchflächen analysiert: 739 von 765 konvergiert

## Aktuelle Gleitlinie

Gleitlinie: 277

Überdimensionierungsfaktor: 1,33

Ausnutzungsgrad: 0,75

Volumen: 223,82131 m<sup>3</sup>

Gewicht: 6.322,5266 kN

Moment aus Widerständen: 551.673,64 kN·m

Moment aus Einwirkungen: 414.171,43 kN·m

Rang der Sicherheitsfunktion (Analyse): 1 von 765 Gleitlinien

Beenden: (0,42468566; 56,283124) m

Eintritt: (52,75; 90) m

Radius: 106,11706 m

Mitte: (-28,363884; 158,42052) m

## Gleitlamellen

	x	y	PWD	Normalspannung a.d. Basis	Festigkeiten			Material
					Reibung	Kohäsion	Saugsp.	
Lamelle 1	1,2514938 m	56,523427 m	0 kPa	6,4699603 kPa	5,6740029 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 2	2,9051102 m	57,018691 m	0 kPa	21,491936 kPa	18,847922 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 3	4,5587265 m	57,543492 m	0 kPa	35,488142 kPa	31,122265 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 4	6,2123428 m	58,098293 m	0 kPa	48,470192 kPa	42,507217 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 5	7,8659592 m	58,683595 m	0 kPa	60,448613 kPa	53,012011 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 6	9,5195755 m	59,299939 m	0 kPa	71,432892 kPa	62,644965 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 7	11,173192 m	59,947908 m	0 kPa	81,431506 kPa	71,413514 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 8	12,75 m	60,595083 m	0 kPa	89,51134 kPa	78,499338 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 9	14,25 m	61,239165 m	0 kPa	95,788925 kPa	84,004632 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 10	15,844576 m	61,955094 m	0 kPa	102,21004 kPa	89,635803 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 11	17,533729 m	62,74732 m	0 kPa	108,64772 kPa	95,281496 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 12	19,222882 m	63,576246 m	0 kPa	114,08588 kPa	100,05063 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 13	20,996295 m	64,48809 m	0 kPa	127,39495 kPa	66,317614 kPa	25 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtplastisch
Lamelle 14	22,853967 m	65,48809 m	0 kPa	133,02293 kPa	69,247353 kPa	25 kPa	0 kPa	Ton, schluffig, leichtplastisch
Lamelle 15	24,633341 m	66,49033 m	0 kPa	126,88255 kPa	111,27301 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 16	26,334416 m	67,492305 m	0 kPa	128,12597 kPa	112,36346 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 17	28,03549 m	68,537641 m	0 kPa	128,36278 kPa	112,57114 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 18	29,736565 m	69,627873 m	0 kPa	127,59154 kPa	111,89477 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 19	31,43764 m	70,764675 m	0 kPa	125,80989 kPa	110,33231 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 20	33,138715 m	71,949886 m	0 kPa	123,01463 kPa	107,88094 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 21	34,83979 m	73,185527 m	0 kPa	119,20172 kPa	104,53711 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 22	36,540864 m	74,473826 m	0 kPa	114,36632 kPa	100,29657 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 23	38,241939 m	75,81725 m	0 kPa	108,50281 kPa	95,154407 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 24	39,943014 m	77,218537 m	0 kPa	101,6049 kPa	89,105104 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 25	41,644089 m	78,680741 m	0 kPa	93,665707 kPa	82,142621 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 26	43,345163 m	80,207282 m	0 kPa	84,677886 kPa	74,260513 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 27	45,046238 m	81,80201 m	0 kPa	74,63381 kPa	65,452095 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 28	46,747313 m	83,469284 m	0 kPa	63,525841 kPa	55,710667 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 29	48,448388 m	85,214067 m	0 kPa	51,346697 kPa	45,029844 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 30	50,149463 m	87,042054 m	0 kPa	38,089976 kPa	33,404012 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert
Lamelle 31	51,875 m	88,988805 m	0 kPa	13,566986 kPa	11,897927 kPa	7,5 kPa	0 kPa	Kiessand, dicht gelagert



**Ingenieurbüro Dr. Koppelberg**

Rayener Kirchweg 26a  
47506 Neukirchen-Vluyn

Tel.: 02845 - 28335  
Mobil.: 0160 - 1908253  
E-Mail: wilfried.koppelberg@t-online.de

Dr. Koppelberg Rayener Kirchweg 26a 47506 Neukirchen-Vluyn

Ute Rebstock  
Büro für Landschaftsplanung  
Helrather Straße 2  
52249 Eschweiler

**Ing.-Büro für Sonderbereiche der  
Geotechnik und Hydrogeologie**

- Lagerstättenerschließung
- Standsicherheit von Böschungen
- Pfahlgründungen
- Wasserhaltungen
- Wasserrechtsanträge
- Numerische Berechnungen

Neukirchen-Vluyn, den 21.06.2019

Unser Zeichen: Ko - dd

## **Geotechnischer Bericht**

### **2. Ergänzung**

#### **- Zulässige Böschungsneigung der Abgrabung -**

**Projekt:** **Abgrabung Fuchserde**  
Stadt Elsdorf, Gemarkung Oberelmpf

**Auftraggeber:** Herr Michael Gülden  
Frankenstraße 54-56  
50189 Elsdorf

**Gutachten:** 18002-03

**Bearbeiter:** Dr. W. Koppelberg

## 1 Vorgang

Mit Datum vom 7.02.2019 übermittelte der Geologische Dienst NRW eine Stellungnahme (31.140/86/2019) an den Rhein-Erft-Kreis. Diese bezieht sich auch auf die Standsicherheit der Böschungen. Die Sachbearbeitung erfolgte beim GD durch Frau Schiller.

Durch den Auftraggeber wurde der Unterzeichner über das Büro Rebstock aufgefordert, die GD-Stellungnahme zu kommentieren.

## 2 Scherfestigkeit des Baugrundes

Es ist korrekt, dass bei den Standsicherheitsberechnungen Reibungswinkel von bis zu  $\varphi' = 42,5^\circ$  und Strukturfestigkeiten bis zu  $c' = 10 \text{ kN/m}^2$  betrachtet wurden. Aus der 1. Ergänzung zum Geotechnischen Bericht (1. Erg., Kap. 5.3) geht aber klar hervor, dass eine Spanne von Kennwert-Sets untersucht wurde. Die o.a. Werte stellen die Obergrenze dieser Spanne dar.

Fakt ist aber auch, dass ausreichende Standsicherheiten bereits im Fall 1.1 (bzw. 2.1 mit Erdbeben) für die Kombination  $\varphi' = 40^\circ$  und  $c' = 5 \text{ kN/m}^2$  nachgewiesen wurde. Darüberhinaus wäre die ausreichende Standsicherheit selbst noch bei einem unrealistisch niedrigen Reibungswinkel von  $\varphi' = 37,5^\circ$  nachzuweisen!

Da die Abgrabung Steinstraß und die geplante Abgrabung Fuchserde **derselben geologischen Einheit mit identischer Entstehung** angehören, sind die Ableitungen aus der Abgrabung Steinstraß charakteristisch und direkt auf die geplante Abgrabung Fuchserde übertragbar. Das ist allen Geologen bekannt. Bekannte Kennwerte wieder und wieder durch diverse Feld- und Laborversuche nachzuweisen ist überflüssig (*Zitat eines Aachener Professors für Geotechnik hierzu: „Man muss nicht ständig erneute Siebanalysen vornehmen, um nachzuweisen, dass der Mittelsand den man untersucht auch tatsächlich ein Mittelsand ist.“*).

Die Kennwerte wurden auch aus der Analyse der Böschungsneigungen in der benachbarten Abgrabung Steinstraß abgeleitet. Eine Rückrechnung von Kennwerten aus vorhandenen Böschungen stellt immer die beste Möglichkeit zur Ableitung von Kennwerten dar. Sie entspricht der sog. Beobachtungsmethode nach Eurocode 7.

**Fazit:** Eine ausreichende Standsicherheit gewährleistet. Dies gilt selbst unter Ansatz unrealistisch niedriger Scherfestigkeitsparameter.

### 3 Berme

Der GD empfiehlt die Erstellung von zwei unter max. 1:1,5 geneigten Einzelböschungen, die auf etwa halber Gesamtböschungshöhe durch eine Berme voneinander getrennt werden (vgl. 2. Absatz im Abschnitt „Standicherheit der Böschungen“).

Es sollen also 2 Böschungen mit jeweils Höhen von 17 m angelegt werden. Die von GD vorgeschlagene Berme schadet natürlich nicht – sie nützt aber auch nichts. Der GD hätte im Übrigen darlegen müssen, zu welchem Zweck diese Berme angelegt werden soll, welche Breite sie erhalten soll und ob diese – bejahendenfalls für welche Geräte – diese befahrbar sein soll.

In der DIN 4124 (1991-08) „Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten und Verbau“ ist die Notwendigkeit von Bermen in Kap. 4.2.6 geregelt:

**Bermen sind anzuordnen, falls dies zum Auffangen von abrutschenden Steinen, Felsbrocken, Findlingen, Bauwerksresten und dergleichen erforderlich ist.**

*(Anm.: Die neueste Fassung der DIN 4124 (2012-01) enthält keine Angaben mehr zu Bermen).*

Keine dieser o.a. Randbedingungen ist – auch nach der Analyse der Böschungen in der Abgrabung Steinstraß – hier gegeben. Unter geotechnischen Aspekten ist eine Unterteilung der Gesamtböschung in zwei jeweils 17 m hohe Teilböschungen daher nicht erforderlich.

  
Dr. W. Koppelberg