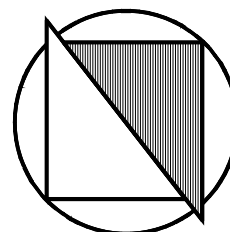




RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM  
 Lehrstuhl für Grundbau und Bodenmechanik  
 Prof. Dr. habil. Th. Triantafyllidis



Name: .....  
 Matr.-Nr.: .....

Diplomhauptprüfung aus Grundbau und Bodenmechanik  
 Nicht-Vertiefer  
 Frühjahr 2006

1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
30	35	30	30	30	25	180

## Aufgabe 1 (30 Punkte)

Eine schmale Baugrube soll mit Hilfe eines Brunnensystems trockengelegt werden. Bedingt durch eine angrenzende Bebauung wird die Anordnung von fünf Brunnen, wie in Bild 1.1 dargestellt, gewählt. Die Durchlässigkeit des bis zu einer Tiefe von 6,00 m unter Gelände anstehenden Sandes soll sowohl im Labor als auch mit einer Probeabsenkung in situ ermittelt werden.

- 1.1 Im Laborversuch wird mit dem in Bild 1.2 dargestellten Versuchsaufbau für eine entnommene Bodenprobe ein konstanter Durchfluss von  $Q = 0,01 \text{ l/s}$  gemessen (im Versuch wird Druckhöhe konstant gehalten). Ermitteln Sie den Durchlässigkeitsbeiwert  $k$ .
- 1.2 Für die in Bild 1.3 dargestellte Probeabsenkung werden der Brunnen 4 als Entnahmebrunnen und die Brunnen 2 und 3 als Beobachtungsbrunnen verwendet. Für den Brunnen 4 wird im stationären Zustand eine Entnahmemenge von  $Q = 16,40 \text{ m}^3/\text{h}$  gemessen. Welcher Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens errechnet sich aus der Probeabsenkung?
- 1.3 Das Absenkziel liegt bei 2,80 m unter der Geländeoberfläche. Überprüfen Sie ob das Absenkziel für den in Bild 1.1 gekennzeichneten Punkt  $P_1$  erreicht wird, wenn aus jedem Brunnen eine konstante Wassermenge von  $Q = 8,5 \text{ m}^3/\text{h}$  gefördert wird. Hierfür untersuchen Sie den in Bild 1.1 gekennzeichneten Punkt  $P_1$ . Für die Ermittlung der Reichweite kann die Korrektur nach Weber vernachlässigt werden.
- 1.4 Während des laufenden Betriebs fallen die Brunnen 2 und 3 wegen eines Pumpendefektes aus. Darauf wird die Förderleistung der restlichen Brunnen so erhöht, dass sich in den Brunnen ein Wasserstand von -4,00 m bezogen auf Geländeoberfläche einstellt. Bleibt das geforderte Absenkziel im Punkt  $P_1$  noch weiterhin erhalten?

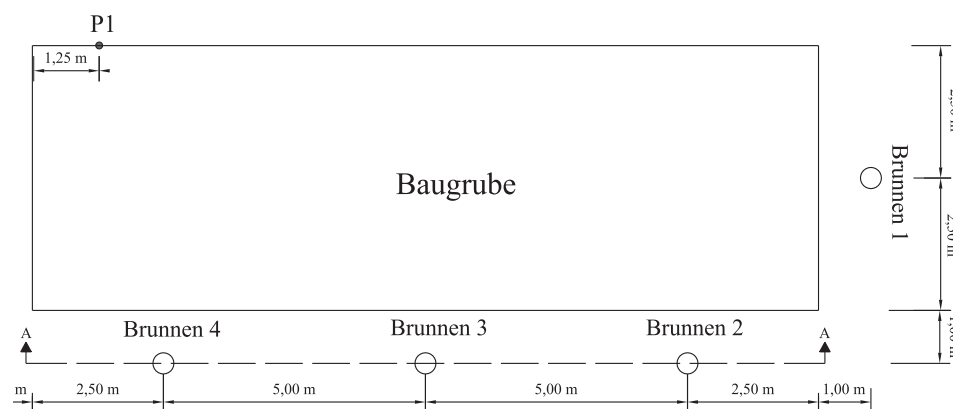


Abbildung 1.1: Grundriss der Baugrube mit Brunnenanordnung

## Anlage 1.1

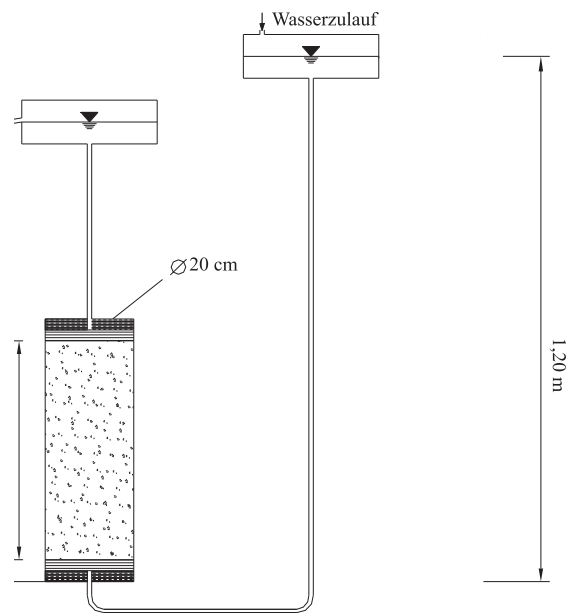


Abbildung 1.2: *Laborversuch*

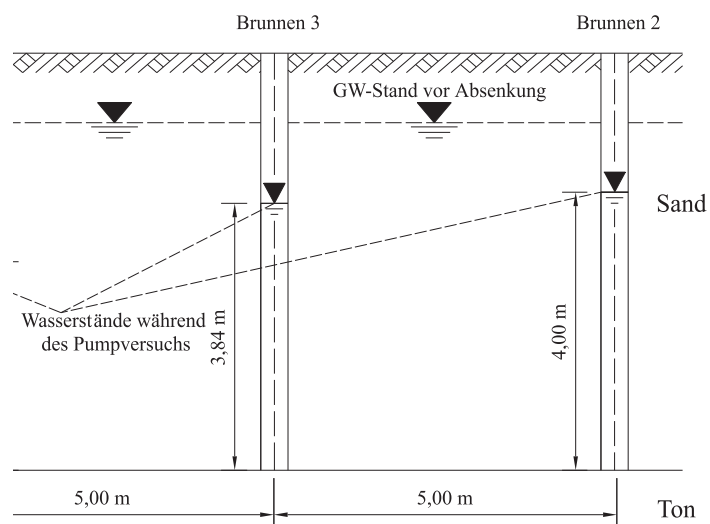


Abbildung 1.3: *Vertikaler Schnitt A-A*

## Aufgabe 2 (35 Punkte)

Für eine Neubaustrecke der Bahn ist ein Tunnel unter einen Fluß zu bauen. Abbildung 2.2 zeigt die geplante Rampe zur Tunnелеinfahrt, die in Trogbauweise hergestellt werden soll. In Abhängigkeit des Wasserspiegels des Flusses schwankt der Grundwasserspiegel zwischen dem Höchstwasserstand von 0,50 m und dem Niedrigstwasserstand von 2,50 m unterhalb der GOK.

Um dem Auftrieb entgegen zu wirken, ist eine Auftriebssicherung mit RI-Pfählen in einem Raster von 2,50 x 2,50 m geplant. Zur Ermittlung der Pfahlausziehkräfte wurden bereits vier Versuchspfähle mit unterschiedlichen Längen in der Feinsandschicht hergestellt und auf Zug belastet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.1 dargestellt.

Folgende Aufgabenteile sind zu bearbeiten:

- 2.1 Bestimmen Sie den erforderlichen charakteristischen Pfahlwiderstand für den Grenzzustand des Tragfähigkeit eines Einzelpfahls. Welcher Wasserstand wird für die Bemessung maßgebend (Begründung !)? Die charakteristischen Schubkräfte zwischen Verbauwand und Boden sollen mit  $F_{s,d} = \eta \cdot E_{av,k} \cdot \gamma_{G,inf}$  und  $\eta = 0,8$  (Anpassungsfaktor) berücksichtigt werden.
- 2.2 Bestimmen Sie in Abhängigkeit des erforderlichen charakteristischen Pfahlwiderstandes die erforderliche Länge für die Pfähle. Stellen Sie dazu aus den Widerstands-Hebungslinien in Abbildung 2.1 die charakteristischen Bruchwerte der Pfahlmantelreibung in Abhängigkeit der Länge des Pfahles in einem Diagramm dar.
- 2.3 Bestimmen Sie die erforderlichen Pfahllängen aus dem Nachweis der Sicherheit gegen Abheben des angehängten Bodenkörpers. Welche Pfahllänge empfehlen Sie für den Einbau der Pfähle auf der Baustelle?

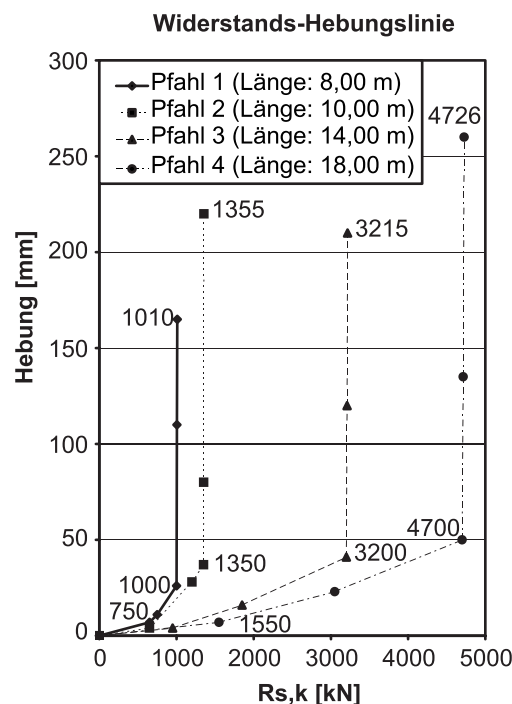


Abbildung 2.1: Widerstands-Hebungslinien der Versuchspfähle

## Anlage 2.1

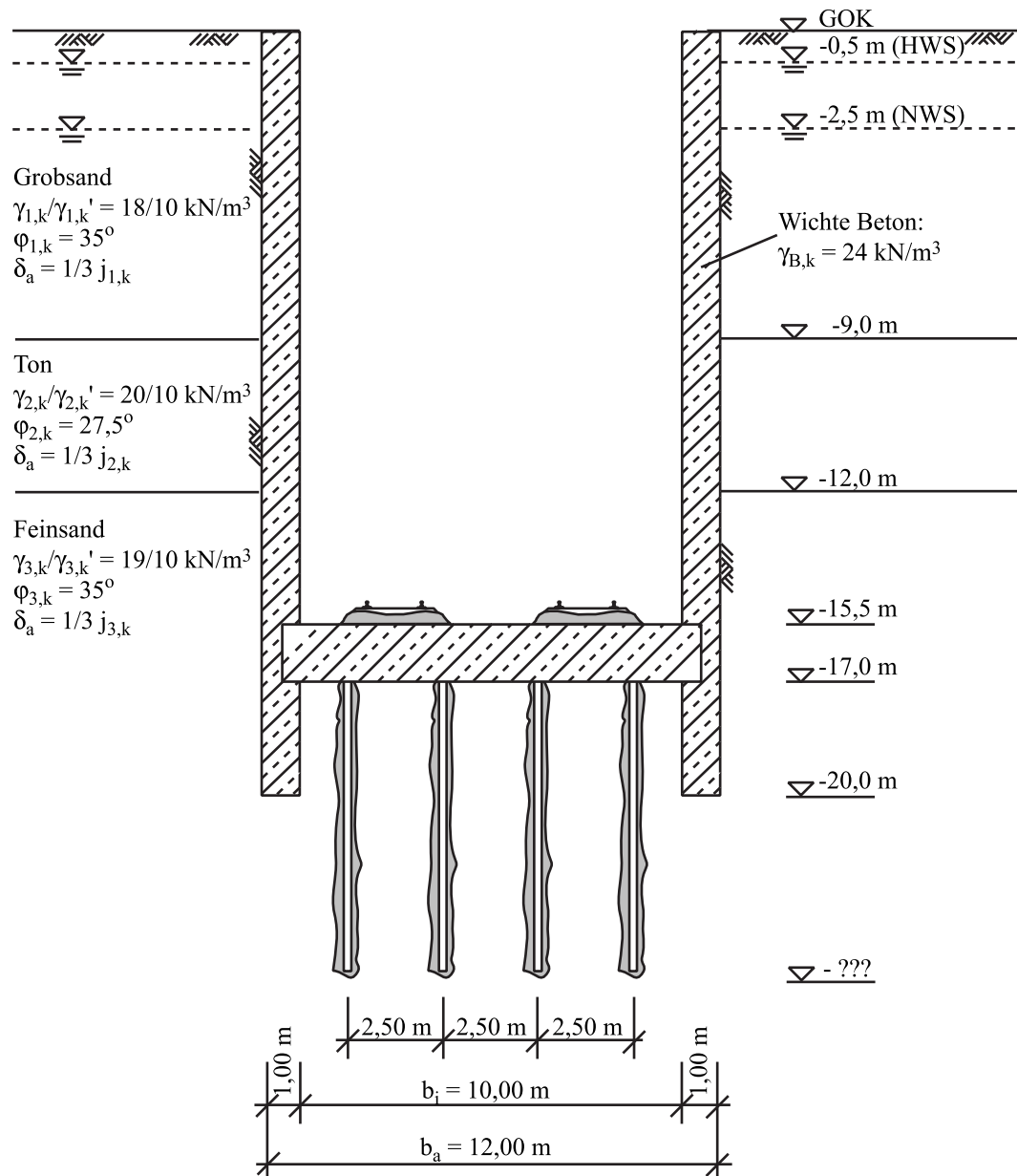


Abbildung 2.2: Trog

### Aufgabe 3 (30 Punkte)

Zur Herstellung der Dichtschicht eines Flußdeiches soll ein sandiger Schluff aus einem Baugrubenaushub eingesetzt werden. In der Dichtschicht sind folgende Parameter einzuhalten:

1. Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97 \%$  mit  $D_{Pr} = \frac{\rho_d \cdot 100\%}{\rho_{Pr}}$
2. Luftporenanteil  $n_a < 5 \%$

An dem zum Einbau vorgesehenen Boden wurden folgende Kennwerte bestimmt:

- $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$ ,  $\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$
- $w_n = 18,5 \%$
- $\rho_s = 2,68 \text{ g/cm}^3$
- Proctorversuch (Topf  $\varnothing=10\text{cm}$ ,  $h=12\text{cm}$ ):
  - Versuch 1:  $m_f=1,805 \text{ kg}$      $m_d=1,583 \text{ kg}$
  - Versuch 2:  $m_f=1,902 \text{ kg}$      $m_d=1,640 \text{ kg}$
  - Versuch 3:  $m_f=1,935 \text{ kg}$      $m_d=1,640 \text{ kg}$
  - Versuch 4:  $m_f=1,900 \text{ kg}$      $m_d=1,583 \text{ kg}$
  - Versuch 5:  $m_f=1,863 \text{ kg}$      $m_d=1,527 \text{ kg}$

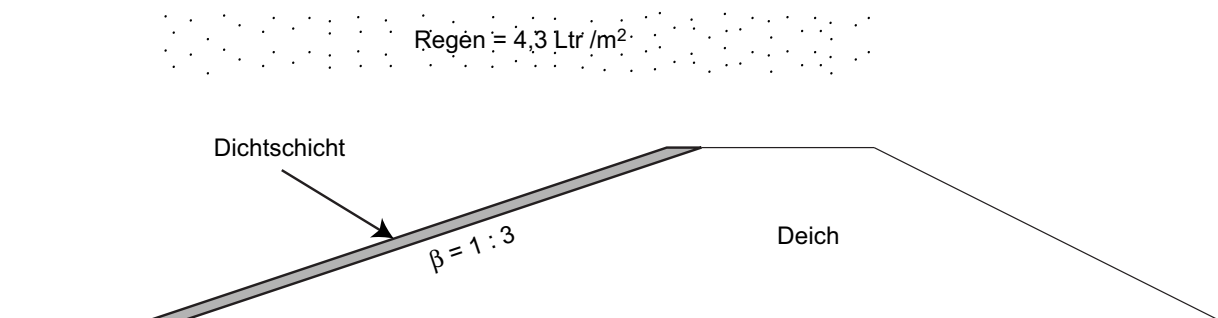


Abbildung 3.1: Schnitt durch Deich

Aufgabenstellung:

- 3.1 Werten Sie den Proctorversuch (mit Darstellung der Proctorkurve in der Abbildung 3.2) aus und geben Sie den optimalen Einbauwassergehalt an.
- 3.2 Geben Sie in der Proctorkurve die Bereiche zulässiger Wassergehalte
  - (a) zum Erreichen des geforderten Verdichtungsgrades und
  - (b) des geforderten Luftporenanteils an.
- 3.3 Beurteilen Sie die Eignung des Aushubbodens und geben Sie für die Baustelle die zu erreichende Feuchtwichte  $\gamma_{Einbau}$  an.
- 3.4 Der Boden wird auf der Deichbaustelle in einer 30 cm dicken Schicht lose geschüttet (es gilt weiterhin  $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$ ) und vor dem Verdichten durch ein Gewitter vernässt. Die Bauleitung schätzt den Wassereintrag auf ca.  $4,3 \text{ Ltr/m}^2$ . Begründen Sie, ob und welches Einbaukriterium ( $n_a$ ,  $D_{Pr}$ ) erreicht oder nicht erreicht wird.

### Anlage 3.1

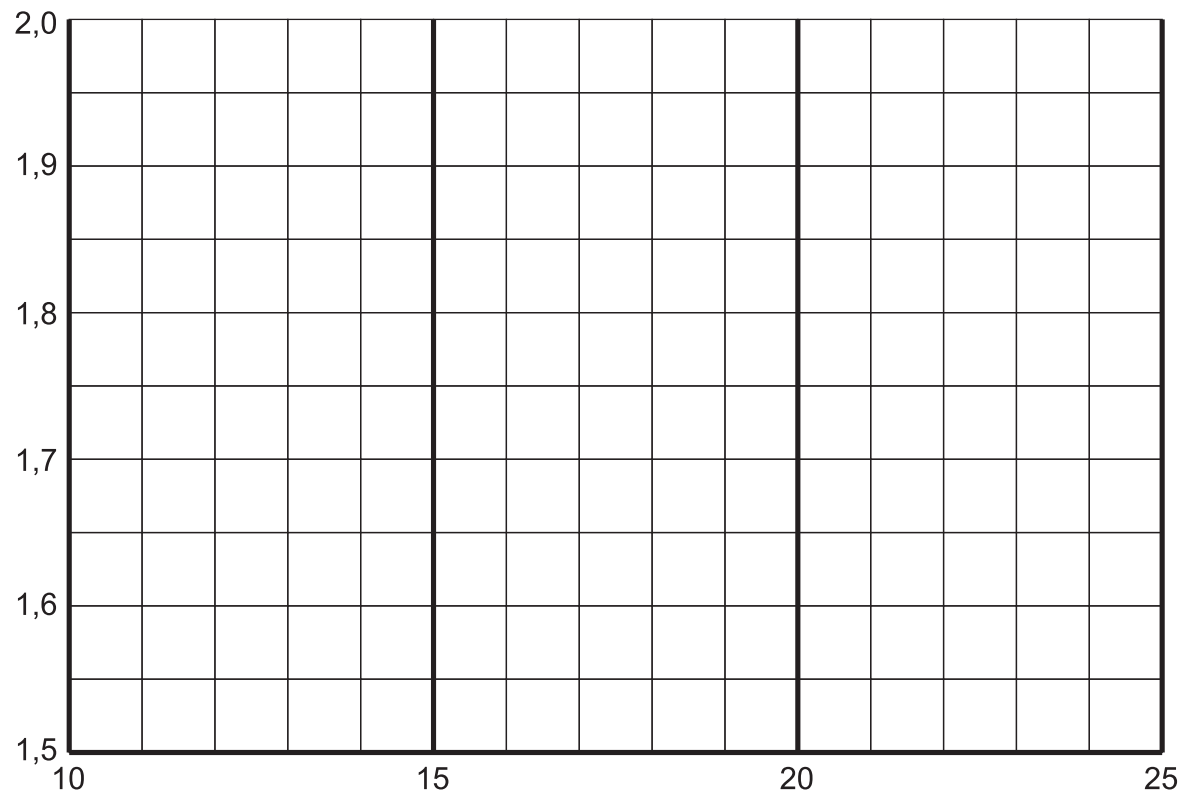


Abbildung 3.2: *Proctordiagramm*

## Aufgabe 4 (30 Punkte)

Eine Hallenstütze wird aus der Dachkonstruktion durch eine zentrisch wirkende Vertikalkraft von  $N_{g,k} = 333,33 \text{ kN}$  und ein Moment  $M_{g,k} = 100 \text{ kNm}$  belastet. Eine Kranbahn übt zusätzlich eine Vertikalkraft von  $N_{q,k} = 36 \text{ kN}$  aus. Die Hallenstütze ist zentrisch auf einem im Grundriss quadratischen Fundament mit den Abmessungen  $a=b=1,8 \text{ m}$  gegründet (Abbildung 4.1).

Aufgabenstellung:

- 4.1 Konstruieren Sie das Gleitflächenbild für den Grundruch in Anlage 4.1. Beachten Sie den Schichtwechsel in 3,25 m Tiefe. Beginne Sie die Iteration mit dem Reibungswinkel von Schicht 1!
- 4.2 Weisen Sie die Grundbruchsicherheit nach.

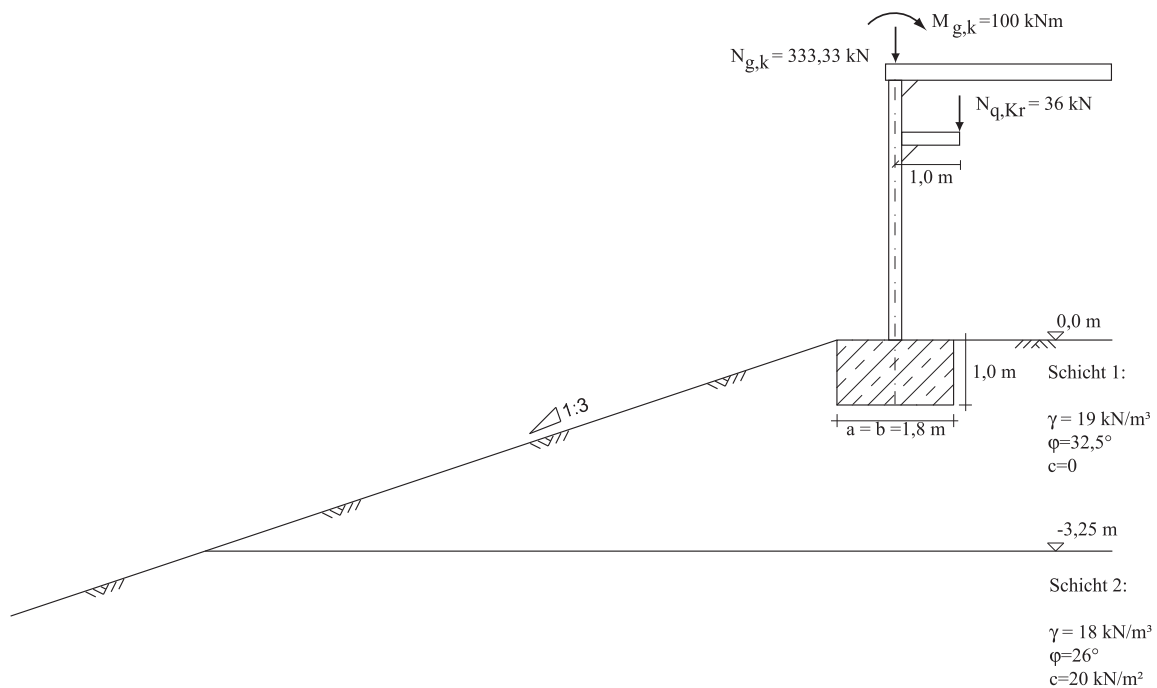


Abbildung 4.1: Hallenstütze mit Belastung

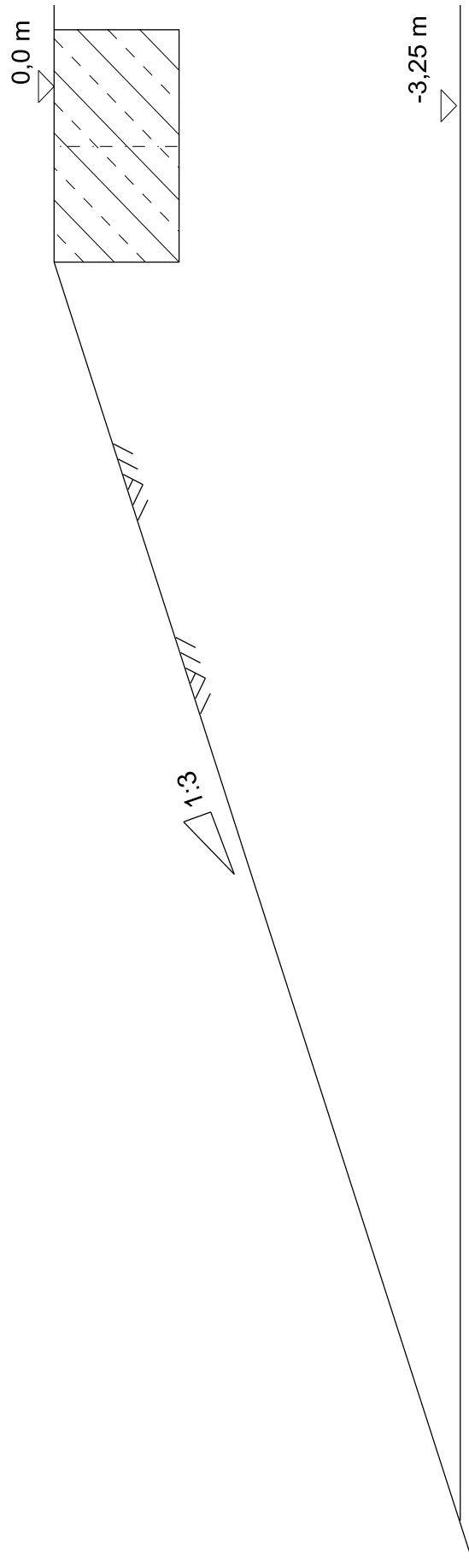
Beachten Sie folgende Hinweise:

- Das Eigengewicht des Fundamentes und der Stütze sei in  $N_{g,k}$  bereits enthalten.
- Die auftretenden Horizontalkräfte sind vernachlässigbar klein.
- Die Bodenkennwerte können Abbildung 4.1 entnommen werden.



Anlage 4.1

M 1:50



## Aufgabe 5 (30 Punkte)

Bestimmen Sie für die in Abbildung 5.1 dargestellte Schwergewichtsmauer die zulässige charakteristische Verkehrslast  $p_{Q,k}$  aus dem Nachweis der Gleitsicherheit.

Hinweise:

- Ein Nachweis der Kippsicherheit wird nicht verlangt.
- Der Boden vor dem Wandfuß ist als ständig vorhanden zu betrachten.
- Die Vertikalkomponente des Erdwiderstandes darf vernachlässigt werden.
- Beachten Sie, dass der aktive Gleitflächenwinkel  $\vartheta_a$  in Abbildung 5.1 bereits angegeben ist.

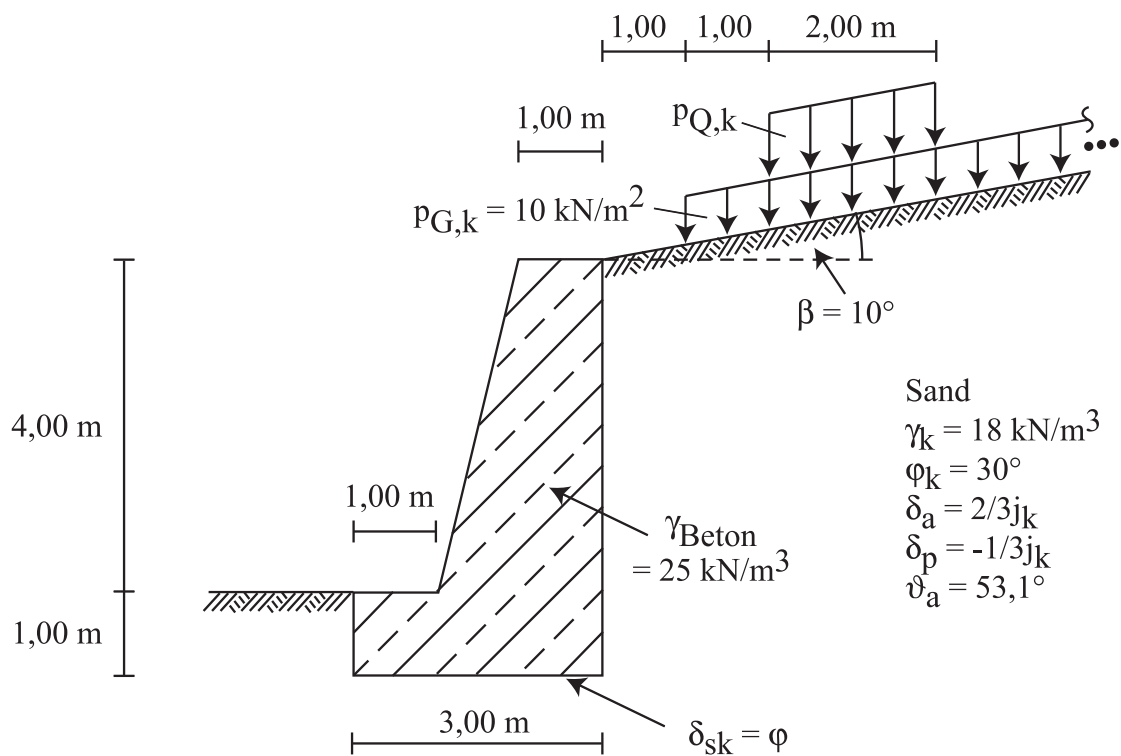


Abbildung 5.1: Schwergewichtsmauer

## Aufgabe 6 (25 Punkte)

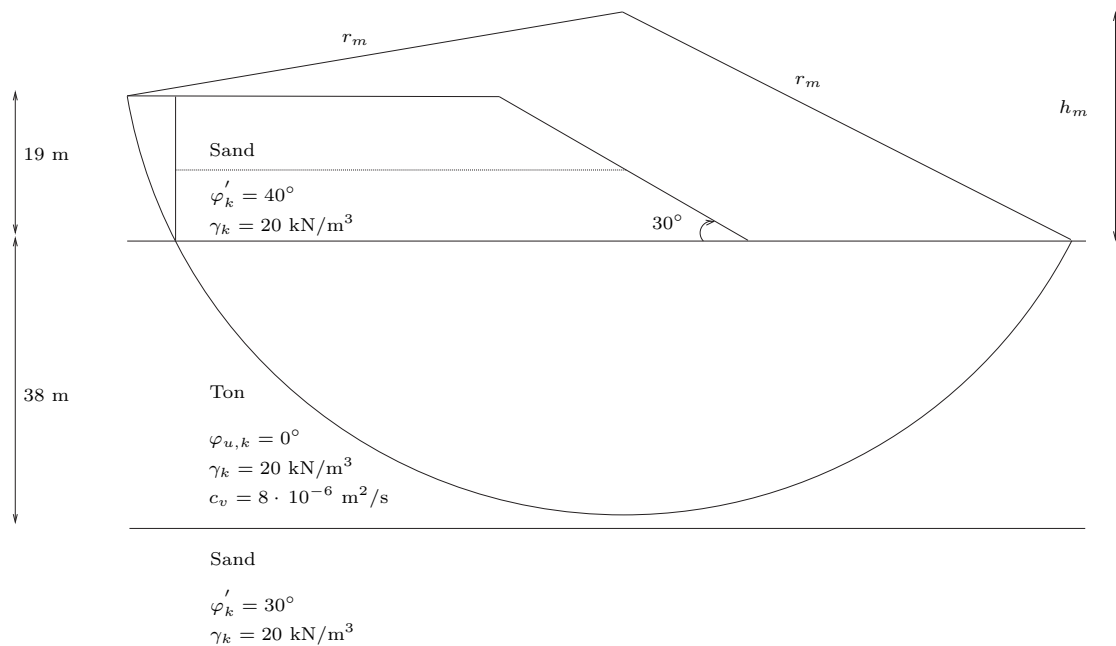


Abbildung 6.1: Zeichnung im Maßstab 1:1000

Ein Bauwerk soll auf dem in Abbildung 6.1 dargestellten tonigen Baugrund errichtet werden. Um die Kohäsion im Anfangsgrenzzustand des Bodens zu erhöhen, soll der Boden mit einer vorübergehenden Sand-Aufschüttung verdichtet werden. Im Labor wurde bereits ein unkonsolidierter, undrainierter triaxialer Kompressionsversuch an einer Probe des unvorbelasteten, wassergesättigten, tonigen Bodens durchgeführt, um die vorhandene undrainierte Kohäsion  $c_{u,k}$  zu bestimmen. Bearbeiten Sie folgende Punkte:

6.1 Erläutern Sie die Begriffe

- (a) Kohäsion
- (b) Anfangsgrenzzustand
- (c) unkonsolidiert
- (d) undrainiert
- (e) unvorbelastet

6.2 Werten Sie den in Tabelle 1 angegebenen UU - Triaxialversuch aus, indem Sie

- (a) den Grenzspannungszustand als Mohr'schen Spannungskreis in Abbildung 6.2 darstellen
- (b) daraus den charakteristischen Wert für die undrainierte Kohäsion ablesen

6.3 Es soll zunächst nur die erste Hälfte der Schüttung aufgebracht werden.

Nach welcher Zeit darf die andere Hälfte aufgeschüttet werden, ohne dass die Böschung entlang des bereits als maßgebend ermittelten Gleitkreises versagt? Wenn Sie Aufgabe 2 nicht gelöst haben, nehmen Sie als charakteristischen Wert für die undrainierte Kohäsion  $c_{u,k} = 75 \text{ kPa}$  an.

## Anlage 6.1

t [min]	$\varepsilon_1$ [%]	$\sigma_3$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_1 - \sigma_3$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0	0	0	0
1	0,5	125	29,0
2	1,0	125	57,4
3	2,0	125	83,3
4	3,0	125	105,0
5	4,0	125	121,7
6	5,0	125	133,4
7	6,0	125	140,8
8	7,0	125	145,0
9	8,0	125	147,0
10	9,0	125	147,8
11	10,0	125	148,1
12	11,0	125	148,2
13	12,0	125	148,1
14	13,0	125	148,0
15	14,0	125	147,5

Tabelle 1: UU-Versuch

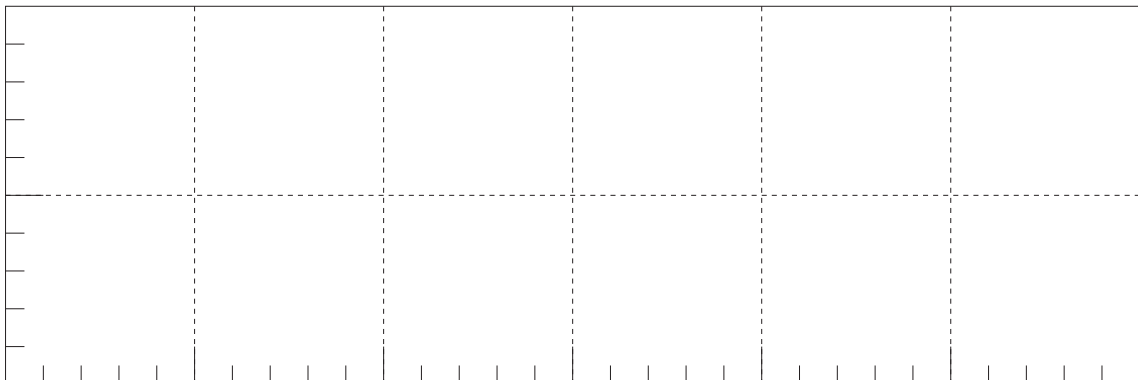


Abbildung 6.2: Diagramm zur Auswertung des UU-Versuches