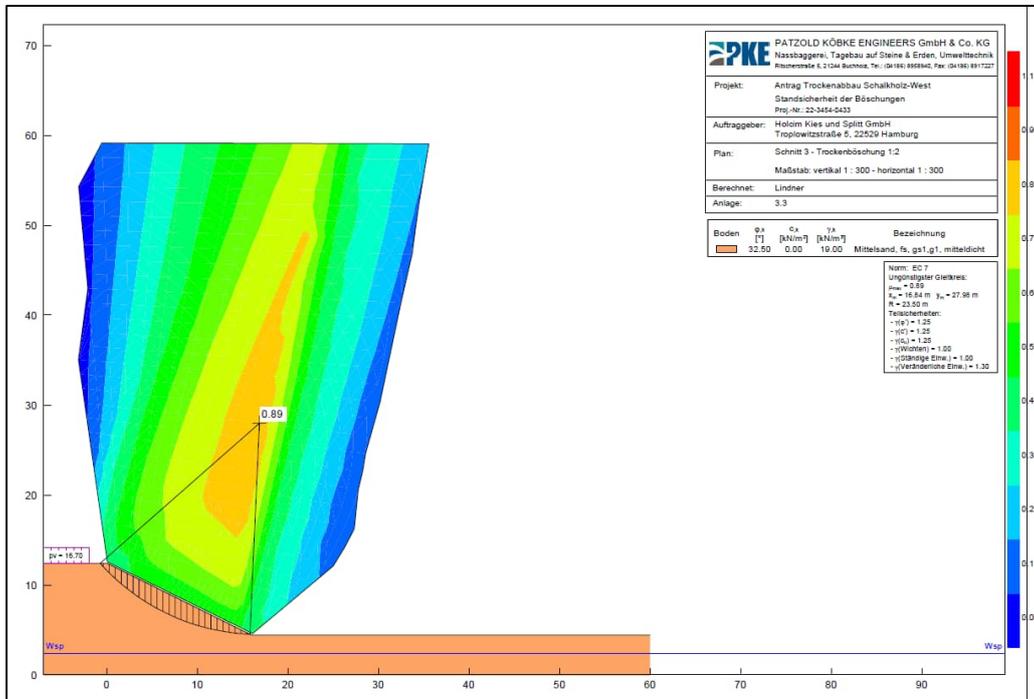


# Standardsicherheitsuntersuchung der Böschung für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West



vorgelegt von der Firma



Holcim Kies und Splitt GmbH  
Tropowitzstraße 5, 22529 Hamburg

Verfasser:



PKE Ingenieurgesellschaft mbH

Ingenieurberatung Bau und Kampfmittel • Tagebau auf Steine & Erden • Genehmigungsplanung • Erkundung

Ritscherstraße 5, D-21244 Buchholz i. d. N., Tel.: 04186-8958940, E-Mail: info@pk-engineers.de

PKE-Proj.-Nr.: 22-3454-0433

Projektleiter: Dr. Jens Steffahn

Dezember 2023

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Kieswerks Schalkholz-West – Standsicherheitsuntersuchung der Böschung					
PKE Dokumentennummer		Holcim_Standsicherheit_Schalkholz_West_Trockenabbau_20240409.docx			
AG Dokumentennummer					
Revision	Status	Datum	Erstellt	Geprüft	Genehmigt
00	Vorabzug	09.04.2024	LL	JS	JS

Signaturen:

LL Lars Lindner

JS Dr. Jens Steffahn

---

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG.....	4
2.	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG.....	5
3.	STANDORT.....	5
4.	QUELLEN UND UNTERLAGEN.....	6
5.	BESCHREIBUNG DES BAUGRUNDES.....	7
6.	BODENVERFLÜSSIGUNG.....	9
6.1	Prinzip der Bodenverflüssigung.....	9
6.2	Kriterien der Bodenverflüssigung.....	9
7.	UNTERSUCHUNG DER STANDSICHERHEIT NACH DIN 4084.....	12
7.1	Berechnungsverfahren.....	12
7.2	Nachweisformat.....	14
7.3	Bemessungssituation.....	14
7.4	Teilsicherheitskonzept.....	14
7.5	Modellaufbau.....	15
7.6	Berechnungsergebnisse.....	18
8.	ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN.....	21

## ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Schichtenverzeichnisse von ausgewählten Aufschlussbohrungen
Anlage 3	Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen nach DIN 4084

## 1. ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG

Die Fa. HOLCIM KIES UND SPLITT GMBH, Troplowitzstraße , 22529 Hamburg, beauftragte die Ingenieurgesellschaft PATZOLD, KÖBKE ENGINEERS GMBH & Co. KG (PKE), Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz in der Nordheide, gemäß Angebot vom 01.07.2022 und Bestellung vom 29.07.2022 mit der Durchführung einer Standsicherheitsuntersuchung der Böschung für den Trockenabbau im geplanten Kieswerk am Standort Schalkholz-West. Diese Untersuchung soll als Grundlage für ein Abbaukonzept der Vermeidung zukünftiger Böschungsrutschungen dienen.

Die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 zeigen, dass bis auf eine Ausnahme im engräumigen Bereich östlich der Betriebsfläche, bei einer Böschungsneigung von  $H : L = 1 : 2$  eine ausreichende Sicherheit gegen einen Böschungsbruch der Trockenböschungen gegeben ist. Aufgrund einer nachgewiesenen Feinsandlage unmittelbar östlich der Betriebsfläche ist demnach bei einer Böschungsneigung von  $H : L = 1 : 2,5$  eine ausreichende Sicherheit gegen einen Böschungsbruch gegeben; selbst bei Ansatz einer Ersatzflächenlast von  $16,7 \text{ kN m}^{-2}$  auf der Böschungsschulter für schwereren Verkehr.

---

Standortsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

## 2. VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Fa. HOLCIM KIES UND SPLITT GMBH & Co. KG, Troplowitzstraße 5, 22529 Hamburg beauftragte die Ingenieurgesellschaft PATZOLD, KÖBKE ENGINEERS GMBH & Co. KG (PKE), Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz in der Nordheide, gemäß Angebot vom 01.07.2022 mit der Durchführung einer Standsicherheitsuntersuchung der Böschung für das geplante Kieswerk am Standort Schalkholz-West. Diese Untersuchung soll als Grundlage für ein Abbaukonzept der Vermeidung zukünftiger Böschungsrutschungen dienen.

Das Gutachten umfasst 16 Textseiten, 4 Abbildungen, 4 Tabellen und 3 Anlagen.

## 3. STANDORT

Das Untersuchungsgebiet grenzt westlich an die Ortslage Schalkholz und befindet sich in der gleichnamigen Gemeinde im Kreis Dithmarschen. Die Entfernung zur Kreisstadt Heide beträgt rund 15 km in südwestlicher Richtung. Zu erreichen ist das Antragsgebiet über die Landesstraße L 102 sowie die Querstraßen Vierth, Rehmsweg und Krim. Das Antragsgebiet wird zudem von Osten nach Westen von einem land- und forstwirtschaftlichen Weg durchlaufen, der die Abbaufelder 1 und 2 von den Abbaufeldern 3 und 4 trennt (Anlage 1).

Die Geländemorphologie im Bereich der Antragsfläche ist für eine Grundmoränenlandschaft typisch stark reliefiert. Die Geländehöhen bewegen sich im Bereich der nordöstlichen Antragsfläche in etwa bei rd. NHN + 24,0 m und fallen nach Osten und Südosten bis auf rd. NHN + 9,0 m ab. Im nordwestlichen Bereich bewegt sich die Geländeoberkante zwischen NHN + 5,0 m und rd. NHN + 10,0 m. Die Geländehöhen im westlichen und südwestlichen Bereich bewegen sich ebenfalls zwischen rd. NHN +5 m bis rd. NHN +10 m.

Der geologischen Untergrundaufbau am Standort ist durch einen Stockwerksbau gekennzeichnet. Im Bereich des "Heider Troges" sind mächtige bindige Zwischenlagen aus Geschiebelehm/-mergel sowie Ton bekannt, die die quartärzeitlichen und pliozänen Lockergesteine in ein oberes und unteres Stockwerk trennen.

Gemäß [1] ergibt sich folgendes Bild: die Schichtenfolge des oberen Stockwerks wird durch glazifluviale Schmelzwasserablagerungen des Quartärs gebildet (qs//gf). Die Ablagerungen werden als kiesige Moränensande beschrieben und sind dem Saale-

---

Standortsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerkes Schalkholz-West

Komplex zugeordnet. Oberhalb der kaltzeitlichen Lockersedimente befindet sich zu meist nur eine geringmächtige Oberbodenauflage und z.T. holozäne Hochmoor-(qh//Hh) und Niedermoortorfe (qh//Hn). Im Bereich der Antragsfläche sind Letzte allerdings kaum bis gar nicht verbreitet. Eine Übersicht zur Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet wird in Anlage 2 gegeben. Weitere Einzelheiten zum Baugrund sind Kap. 5 zu entnehmen.

Das Fließgeschehen westlich Schalkholz und somit im Antragsgebiet ist nach einem Grundwasserhöhengleichenplan aus dem Bericht zur Bemessung des Wasserschutzgebietes Linden [2] grundsätzlich nach Nordwesten ausgerichtet. Ziel des Bodenabbaus im Trockenschnitt ist die ungesättigte Zone des oberen Stockwerks. Das Abbauziel bleibt dabei immer mind. 2 m über dem Bemessungswasserstand (höchste zu erwartende Grundwasseroberfläche).

#### 4. QUELLEN UND UNTERLAGEN

Zur Anfertigung des vorliegenden Gutachtens standen die angeführten Quellen und Unterlagen zur Verfügung. Eigene Untersuchungen und Geländearbeiten werden durch bereits vorhandene Untersuchungen / Aufschlussbohrungen Dritter ergänzt [3].

- [1] LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME SCHLESWIG-HOLSTEIN - Geologischer Dienst (2012): Geologische Übersichtskarte von Schleswig-Holstein 1:250.000.
- [2] LANDESAMTES FÜR NATUR UND UMWELT SCHLESWIG-HOLSTEIN (2000): Hydrogeologischer Bericht - Bemessung eines Wasserschutzgebietes für das Wasserwerk Linden des Wasserbeschaffungsverbandes Norderdithmarschen.- LANU 530 II W 2 - WSG Ber. 02/00. Ber. Arch. LLUR.
- [3] LANDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME VON SCHLESWIG-HOLSTEIN (2019): Geologisches Landesarchiv, Flintbek.
- [4] PATZOLD, KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG (2021): Lagerstättenerkundung für die Gewinnung von Kiessand im Raum Schalkholz – West (Kreis Dithmarschen, Gemeinde und Gemarkung Schalkholz.– 23 S., 10 Abb., 3 Tab., 8 Anl., Ber.-Arch. HOLCIM GmbH [unveröff.].

## 5. BESCHREIBUNG DES BAUGRUNDES

Die Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet ist den Schichtenverzeichnissen in Anlage 2 zu entnehmen. Dabei handelt es sich um die Verzeichnisse zu den Bohrungen 1721/16/0006/W, 1721/16/0016/W, 1721/22/0008/W und 1721/16/L-hei-bd53 [2] sowie Bhrg. SW1, SW2T und SW3T [3], die ausgewählt wurden, um die Variabilität der Schichtenfolge im Untersuchungsgebiet bzw. den Böschungsbereichen abzubilden (vgl. Abb. 1).

Basierend auf den ausgewählten Aufschlussbohrungen und den Ergebnissen der Lagerstätten erkundung [3] wird die Lagerstätte des oberen Stockwerks im Untersuchungsgebiet von schluffarmen, Mittelsand-dominierten Ablagerungen mit wechselnden Anteilen von Kies 2/32 mm (bis zu knapp 20 M.-%) gebildet. Die kiesigen Sande des oberen Stockwerks weisen eine Gesamtmächtigkeit zwischen ca. 20 und 30 m auf. Die Kies-Sand/Kies-Basis befindet sich im Niveau zwischen rd. NHN -14 m und rd. NHN -17 m.

Im Nordosten der Antragsfläche ergeben sich aufgrund der steigenden Geländemorphologie die höchsten abbauwürdigen Mächtigkeiten im oberen Stockwerk.

Der Abbau erfolgt daher ausschließlich in den Mittelsand-dominierten Schmelzwasserablagerungen, die variierenden Anteile von Grobsand, Kies und z.T. Feinsand im Nebenkornspektrum aufweisen. Eng gestufte Feinsande sind nur in den oberflächennahen Schichtfolgenabschnitten der Bohrungen SW2T anzutreffen [3].

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

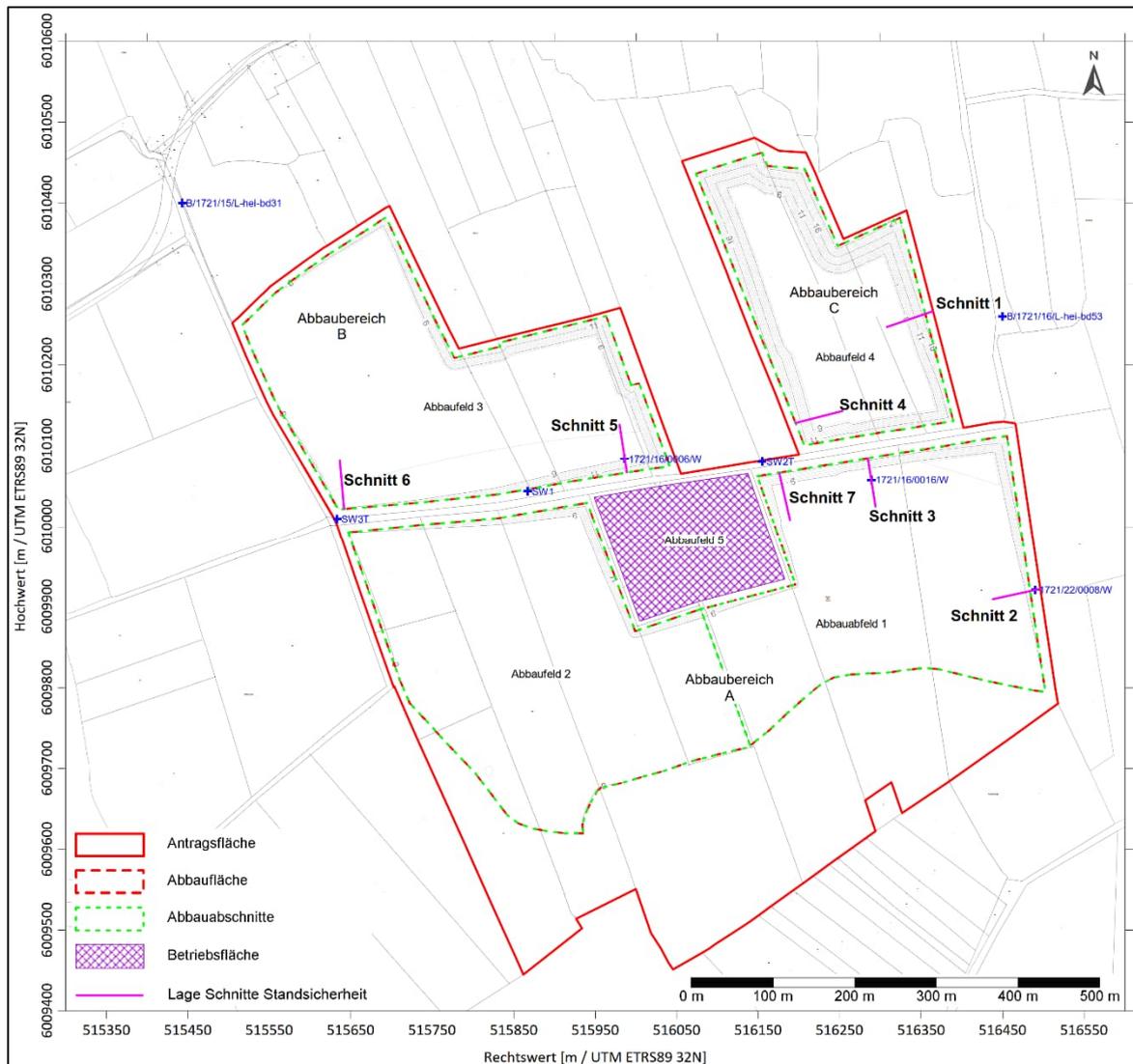


Abb. 1: Übersichtskarte mit Lage der repräsentativen Querprofilschnitte und Aufschlussbohrungen.

Die (bindige) Basis des oberen Stockwerks aus Geschiebelehm/-mergel wird innerhalb der für den Bodenabbau im Trockenschnitt vorgesehenen Schichtenfolge nicht durchörtert oder angetroffen.

Die Bodenkennwerte, die zur Charakterisierung der oben angeführten Schichtglieder und für erdstatische Berechnungen im Rahmen des vorliegenden Gutachtens zugrunde gelegt wurden, sind in Kap. 7.5 aufgeführt.

## 6. BODENVERFLÜSSIGUNG

Die Bodenverflüssigung ist nach den langjährigen und praxisbezogenen Erfahrungen des Gutachters in vielen Fällen letztlich die wesentliche Ursache für einen möglichen Schadensfall, der sich aus der Interaktion von Gewinnungstätigkeit und Baugrund ergibt. Vor diesem Hintergrund soll im Vorwege der nachfolgenden Standsicherheitsbetrachtungen überprüft werden, ob und gegebenenfalls inwieweit die im Bereich des geplanten Bodenabbaus Schalkholz-West anstehenden Bodenarten ein signifikantes Verflüssigungspotential aufweisen.

### 6.1 Prinzip der Bodenverflüssigung

Zur Betrachtung der bei Bodenverflüssigung – als "Setzungsfließen" im Sinne von Terzaghi – auftretenden Böschungsabflachungen mit entsprechenden Rückgriffweiten in das Hinterland, als ein Maß für die Bemessung einer Berme oder eines "Sperrstreifens" im Sinne von FÖRSTER & VOGT (1991) steht nach dem derzeitigen Stand der Technik und Wissenschaft kein geeignetes Berechnungsmodell zur Verfügung.

Bei Umlagerungsbewegungen im Zuge der Gewinnung kann es mit einem Anstieg des Porenwasserüberdruckes zum Verlust der Scherfestigkeit und Lastabtragung über das Korngerüst kommen: Der Boden verhält sich dann wie eine Flüssigkeit.

### 6.2 Kriterien der Bodenverflüssigung

Auf allgemeine Kriterien zur Beurteilung des Verflüssigungspotentials von Böden wird nachstehend hingewiesen:

*"Gleichförmige und feine Sande neigen grundsätzlich mehr zur Bodenverflüssigung als ungleichförmige und grobe Sande. Entscheidenden Einfluss hat die Lagerungsdichte. Je lockerer der Sand gelagert ist, umso eher ist mit einer Verflüssigung zu rechnen. Bei sonst gleichen Bedingungen nimmt die Neigung zur Verflüssigung mit der Zunahme der wirksamen Spannungen im Boden ab. Bei hochliegendem Grundwasserspiegelstand ist die Gefahr der Verflüssigung größer als bei tiefem Grundwasserstand. ... Böden, deren Körnung im Bereich zwischen Mittelschluff und Grobsand liegt, sind verflüssigungsgefährdet. Dies gilt besonders für Feinsande. Bei Kiesen tritt Verflüssigung nur kurzzeitig*

Standsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

auf. Deshalb können keine schädlichen Schubverformungen auftreten." (KERNTSCHER AUSSCHUSS, 1990 b)

Zur Beurteilung des Verflüssigungspotentials eines Bodens werden beispielsweise von SEED & IDRIS (1971) und RAJU (1994) weiterführende Kriterien angeführt. Diese lassen sich offensichtlich ohne weiteres auf die Verhältnisse bei der Gewinnung von Sand und Kies übertragen.

Zur Abschätzung des Verflüssigungspotentials wird vom KERNTSCHEREN AUSSCHUSS (1990 b) ein empirisch gefundenes und recht einfaches Verfahren nach SEED & IDRIS (1971) beschrieben:

Die Kornsummenkurve des zu betrachtenden Bodens ist in ein entsprechendes Diagramm wie in Abb. 2 einzutragen. Liegt der wesentliche Anteil der Kornverteilungskurve außerhalb der aufgetragenen Zone 1 oder 2, ist eine Verflüssigung nicht anzunehmen. Liegt der wesentliche Anteil der Kornverteilungskurve hingegen innerhalb der jeweiligen Zone 1 oder 2, ist eine Verflüssigung nicht auszuschließen. Ein Verflüssigungspotential ist dabei nach MEYER & FRITZ (2001) im besonderen Maße für die zentrale Zone 2 anzunehmen.

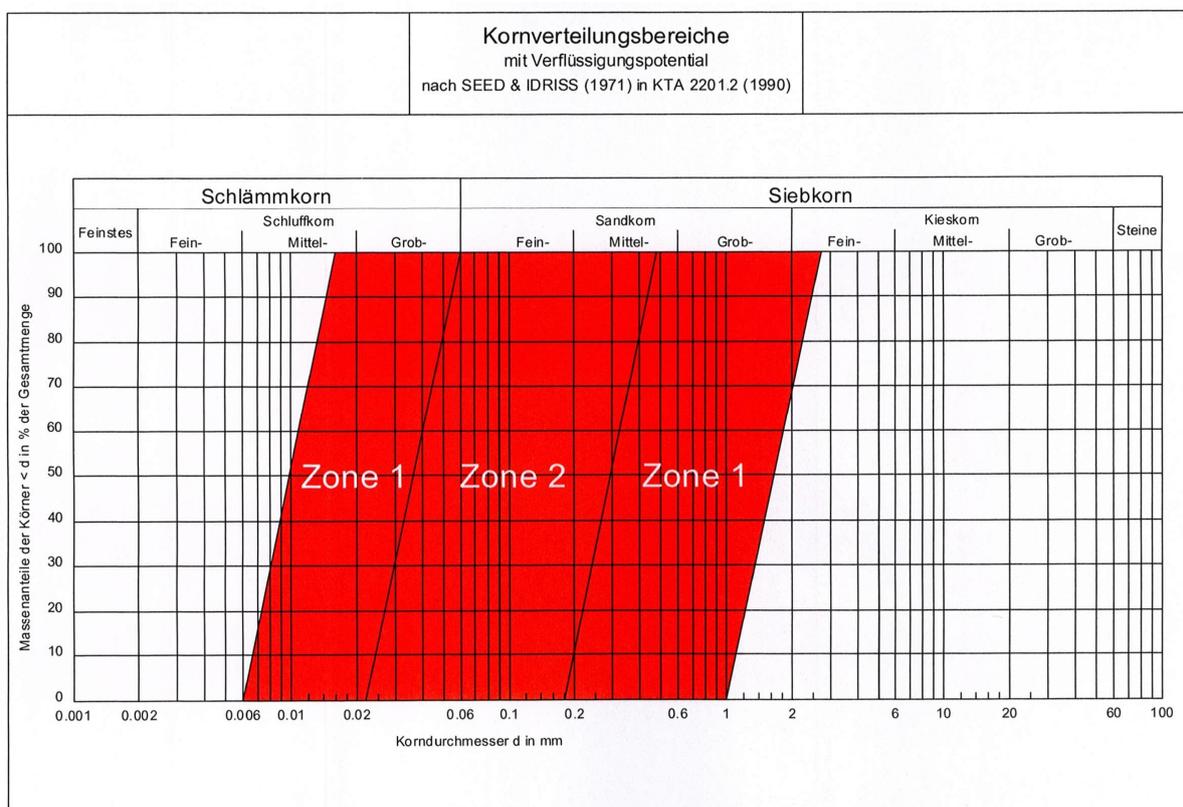


Abb. 2: Kornverteilungsbereiche mit Verflüssigungspotential.

Standsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Auf Grundlage der Beschreibung des Baugrundes in Kapitel 5 ist vor diesem Hintergrund davon auszugehen, dass die im Bereich des geplanten Trockenabbaus Schalkholz-West anstehenden Bodenarten überwiegend kein signifikantes Verflüssigungspotential aufweisen, da diese sich nicht einer einzelnen Zone in Abb. 2 zuordnen lassen und vollumfänglich außerhalb der gesättigten Grundwasserzone befinden. Eine Ausnahme hierbei stellt der in der Bohrung SW2T angetroffene "Feinsand" dar, welcher aber bei der Untersuchung der Standsicherheit nach DIN 4084 Berücksichtigung gefunden hat.

## 7. UNTERSUCHUNG DER STANDSICHERHEIT NACH DIN 4084

### 7.1 Berechnungsverfahren

Als Berechnungsverfahren zur Untersuchung der Standsicherheit von Trockenböschung am Standort Schalkholz-West wurde das Lamellenverfahren für Kreisgleitflächen nach BISHOP eingesetzt.

Das Verfahren kann sowohl bei homogenem als auch bei geschichtetem Boden angewendet werden. Dabei wird als Versagensmechanismus eine starre Bruchscholle angenommen, die als Gleitkörper auf einer kreiszylindrischen Gleitfläche abrutscht.

Der Bruchkörper wird in vertikale und möglichst gleich breite Lamellen mit hinreichend geringer Lamellenbreite zerlegt. Dabei wird in jeder Lamelle die gekrümmte Gleitfuge näherungsweise durch deren Tangente ersetzt.

An den Lamellen treten außer den Lasten aus Eigengewicht, Verkehr etc. und den Scherkräften in der geprüften Gleitebene zusätzlich Erddruckkräfte an den Lamellenflanken auf, die bei der Betrachtung berücksichtigt werden müssen. Die Richtung und Verteilung der Erddruckkräfte sind unbekannt – beim Verfahren von BISHOP werden diese Kräfte horizontal angenommen.

Zur Berechnung der unbekanntenen Kräfte und des Ausnutzungsgrades steht neben dem Kräftegleichgewicht in vertikaler und tangentialer Richtung an der Einzellamelle das Momentengleichgewicht zur Verfügung. Setzt man hier die Summe der Momente aus Erddruckkräften zu Null, so kann der Ausnutzungsgrad  $\mu$  einfach errechnet werden:

$$\mu = \frac{\textit{Mobilisierte Scherfestigkeit}}{\textit{Entwurfsgröße der Scherfestigkeit}}$$

Für einige Randbedingungen gilt dann gleichwertig:

$$\mu = \frac{\textit{Abtreibende Momente}}{\textit{Rückhaltende Momente}}$$

Standsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Die Grundlagen des Berechnungsverfahrens nach BISHOP sind in DIN 4084 beschrieben; hier wird auch auf weiterführende Literatur verwiesen.

Bei dem behandelten Böschungsbruchansatz nach BISHOP handelt es sich um ein statisch unbestimmtes Problem, für das nur iterative Lösungen möglich sind. Dazu werden sowohl die Lagen der Gleitfugen als auch die Mittelpunkte der Gleitkreise variiert. Für jede der Fugen ist der Ausnutzungsgrad  $\mu$  zu ermitteln. Maßgebend ist schließlich die Gleitfuge mit dem größten Ausnutzungsgrad. Der Nachweis der Standsicherheit ist erfüllt, wenn  $\mu \leq 1,0$  ist.

Als Rechenprogramm zur Berechnung der Standsicherheit der Böschungsgeometrien wird das Programm GGU Stability, Version 12.00 vom 30.08.2016, eingesetzt.

## 7.2 Nachweisformat

Im Sinne des Eurocodes EC 7 handelt es sich bei einem Böschungsbruch um ein Versagen des Gesamtsystems. Die Untersuchung der Böschungsbruchsicherheit stellt dementsprechend eine Betrachtung zum Grenzzustand des Versagens durch den Verlust der Gesamtstandsicherheit – GEO-3 – dar. Informativ handelt es sich im Sinne der DIN 1054:2005 dabei um den Nachweis für den Grenzzustand 1C.

## 7.3 Bemessungssituation

Im Sinne des EC 7 ist die Bemessungssituation BS-P zugrunde zu legen: "*Den ständigen Situationen (Persistent situations), die den üblichen Nutzungsbedingungen des Tragwerks entsprechen, wird die Bemessungssituation BS-P zugeordnet. Hierbei werden ständige und während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen berücksichtigt.*" Informativ handelt es sich im Sinne der DIN 1054:2005 dabei um den Nachweis für den Grenzzustand 1C.

## 7.4 Teilsicherheitskonzept

In der Untersuchung der Böschungsbruchsicherheit für das Erdbauwerk im Untersuchungsgebiet ist das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte nach EC 7 enthalten.

Grundsätzlich werden die durch das Bodengleichgewicht und eventuell angreifende Streckenlasten hervorgerufene charakteristische Werte von Einwirkungen und Beanspruchungen durch Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_G$  bzw.  $\gamma_Q$  gemäß Tabelle A 2.1 in DIN 1054:2010 erhöht (s. Tabelle 1).

Die Berücksichtigung der Sicherheit auf der Widerstandsseite erfolgt durch Abminderung der Scherparameter  $\phi_k$  bzw.  $c_k$  analog der Definition nach FELLENIUS mit den in DIN 1054:2010 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma_\phi$  bzw.  $\gamma_c$  gemäß Tabelle A 2.2 (s. Tabelle 2).

Im Rahmen der durchgeführten Berechnungen wird, wie bereits oben erläutert, ausschließlich die Bemessungssituation BS-P betrachtet, auf die sich das Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054:2010 bezieht, wie nachstehend tabelliert.

Standardsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Tabelle 1: Teilsicherheitsbeiwerte zu Einwirkungen und Beanspruchungen für die Betrachtung zum Grenzzustand des Versagens durch den Verlust der Gesamtstandsicherheit – GEO-3 – nach DIN 1054:2010.

<i>Bemessungssituation</i>		<i>BS-P</i>	<i>BS-T</i>	<i>BS-A</i>
<i>Einwirkungen</i>				
Ständige Einwirkungen	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00
Veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,30	1,20	1,00

Tabelle 2: Teilsicherheitsbeiwerte zu geotechnischen Kenngrößen für die Betrachtung zum Grenzzustand des Versagens durch den Verlust der Gesamtstandsicherheit – GEO-3 – nach DIN 1054:2010.

<i>Bemessungssituation</i>		<i>BS-P</i>	<i>BS-T</i>	<i>BS-A</i>
<i>Bodenkenngröße</i>				
Reibungsbeiwert $\tan \phi'$	$\gamma_\phi$	1,25	1,15	1,10
Kohäsion $c'$	$\gamma_c$	1,25	1,15	1,10

## 7.5 Modellaufbau

### *Schichtenfolge*

Die Schichtenfolge des Baugrundmodells wurde in Anlehnung an die Schichtenverzeichnisse zu den Aufschlussbohrungen in Anlage 2 erstellt. Eine Auflage aus Mutterboden wurde nicht berücksichtigt, da diese nur sehr geringmächtig ausfällt im Sinne der Aufgabenstellung nicht von Bedeutung ist. Soweit sinnvoll und fachlich vertretbar wurden einzelne Schichtglieder aus der Schichtaufnahme zusammengefasst. Geringmächtige Einschaltungen von wenigen Zentimetern bis Dezimeter wurden beim Modellaufbau, auch im Hinblick auf die Grenzen der Auflösung im Rechenprogramm, vernachlässigt. Aus Analogieschlüssen zu Schichtenverzeichnissen von Erkundungsbohrungen aus der weiteren Umgebung des Betrachtungsgebietes wurde das Baugrundmodell über die eingangs genannten Baugrundaufschlüsse hinaus erweitert.

---

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Das erstellte Modell für den Schnitt 1 orientiert sich an der rd. 75 m entfernt liegenden Bohrung 1721/16/L-hei-bd53. Aufgrund der Distanz und damit verbundenen Unsicherheiten bzgl. des geologischen Untergrundes, wird die geringmächtige, feinsandige Mittelsandlage im Modell geotechnisch berücksichtigt.

#### *Wasserstand*

Die Berücksichtigung des Grundwassers bei Standsicherheitsuntersuchungen erfolgt im Rechenprogramm über Porenwasserdrucklinien. Als Wasserstand wurden entsprechend den Angaben im hydrogeologischen Gutachten [2] Standrohrspiegelhöhen angesetzt, die einen prognostizierten Bemessungswasserstand von rd. NHN +3,0 m für das obere Grundwasserstockwerk abbilden. Die zu überprüfenden Böschungssysteme liegen vollumfängliche außerhalb der wassergesättigten Zone, so dass auf den Ansatz von influenten oder effluenten Strömungsverhältnissen verzichtet werden kann.

#### *Böschungsgeometrie*

Als Trockenböschung wurde zunächst eine Neigung von  $H : L = 1 : 2$  zugrunde gelegt. Die Böschungsgeometrien für die Standsicherheitsuntersuchung wurden entlang von Schnittlinien abgeleitet, die in Anlage 1 aufgetragen sind und aus der Abbauplanung resultieren.

Für Bereiche in denen die o.g. Böschungsneigung  $H : L = 1 : 2$  keine ausreichende Standsicherheitskennlinie lässt, wird eine Neigung von  $H : L = 1 : 2,5$  zugrunde gelegt.

#### *Geotechnische Kennwerte*

Der Ansatz der geotechnischen Kennwerte für die zu betrachtenden Böden im Untersuchungsgebiet erfolgte auf der sicheren Seite liegend sowie unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse von Baugrunduntersuchungen entsprechend den Angaben in [3] und [4] sowie unter anderen den Ausführungen in WITT (2008) und DGGT (2017) (siehe Tabelle 3).

Im Berechnungsprogramm werden auftretende Wasserdrücke über Porenwasserdrücke berücksichtigt, so dass für die Standsicherheitsuntersuchungen die Trockenwichte  $\gamma$  des Bodens anstelle der Wichte des Bodens unter Auftrieb  $\gamma'$  verwendet wird. Standortspezifische Ansätze der Bodenkennwerte sind den Berechnungsmodellen in Anlage 3 zu entnehmen.

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte.

#	Bodenart	Kürzel	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN m <sup>-2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN m <sup>-3</sup> ]
1	Mittelsand, rob-/fein-sandig	mS, gs, fs	32,5	0,0	19
2	Feinsand, schwach grobs., schluffig	fS, g1, u	32	0,0	16
3	Feinsand, schluffig	fS, u	30	0,0	16
4	Mittelsand, feinsandig	mS, fs	32	0,0	18
5	Grobsand, mittelsandig, kiesig	gS, ms, g	33	0,0	18
6	Kies-Sand	G-S	35	0,0	21

### Verkehrslast

Auf der sicheren Seite liegend wird als Verkehrslast auf der Böschungsoberkante eine Ersatzflächenlast von 16,70 kN m<sup>-2</sup> für schwereren Verkehr entsprechend den Lasten der Brückenklasse 30/30 nach alter DIN 1072 in einem einheitlichen Abstand von 2 m zur eigentlichen Böschung berücksichtigt.

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

## 7.6 Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse der Stand sicherheitsuntersuchungen nach DIN 4084 sind in Anlage 3 und Tabelle 4 angeführt. Auf eine Betrachtung und Darstellung von flach einschneidenden Gleitkreisen mit z.T. höheren Ausnutzungsgraden wurde verzichtet, da diese nur Hautrutschungen repräsentieren, die für die Stand sicherheit der Böschung nicht maßgeblich sind. Die Berechnungsergebnisse stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 4: Ergebnisse der Stand sicherheitsuntersuchung nach DIN 4084.

<i>Ausnutzungsgrad</i>	$\mu$ [-]	<i>Untersuchte Gleitkreise</i>	<i>Bemerkung</i>
Anlage 3.1 Schnitt 1, H : L = 1 : 2	0,85	29.870	Rechnerisch standsicher.
Anlage 3.2 Schnitt 2, H : L = 1 : 2	0,85	29.573	Rechnerisch standsicher.
Anlage 3.1 Schnitt 3, H : L = 1 : 2	0,89	30.195	Rechnerisch standsicher.
Anlage 3.4.1 Schnitt 4, H : L = 1 : 2	1,02	30.667	Rechnerisch nicht standsicher.
Anlage 3.4.2 Schnitt 4, H : L = 1 : 2,5	0,79	31.003	Rechnerisch standsicher.
Anlage 3.5 Schnitt 5, H : L = 1 : 2	0,80	28.457	Rechnerisch standsicher.
Anlage 3.6 Schnitt 1, H : L = 1 : 2	0,89	33.543	Rechnerisch standsicher.
Anlage 3.7.2 Schnitt 7, H : L = 1 : 2	1,04	32.127	Rechnerisch nicht standsicher.
Anlage 3.1 Schnitt 7, H : L = 1 : 2,5	0,80	31.419	Rechnerisch standsicher.

Eine Überprüfung der Trockenböschung wurde für jeden Schnitt durchgeführt und ist exemplarisch in Abb. 3 und Abb. 4 durch den Schnitt 4 dargestellt. Die ermittelten Ausnutzungsgrade  $\mu$  für die rechnerisch standsicheren Trockenböschungen im Antragsgebiet bewegen sich in der Größenordnung 0,79 bis 0,89.

Standsicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

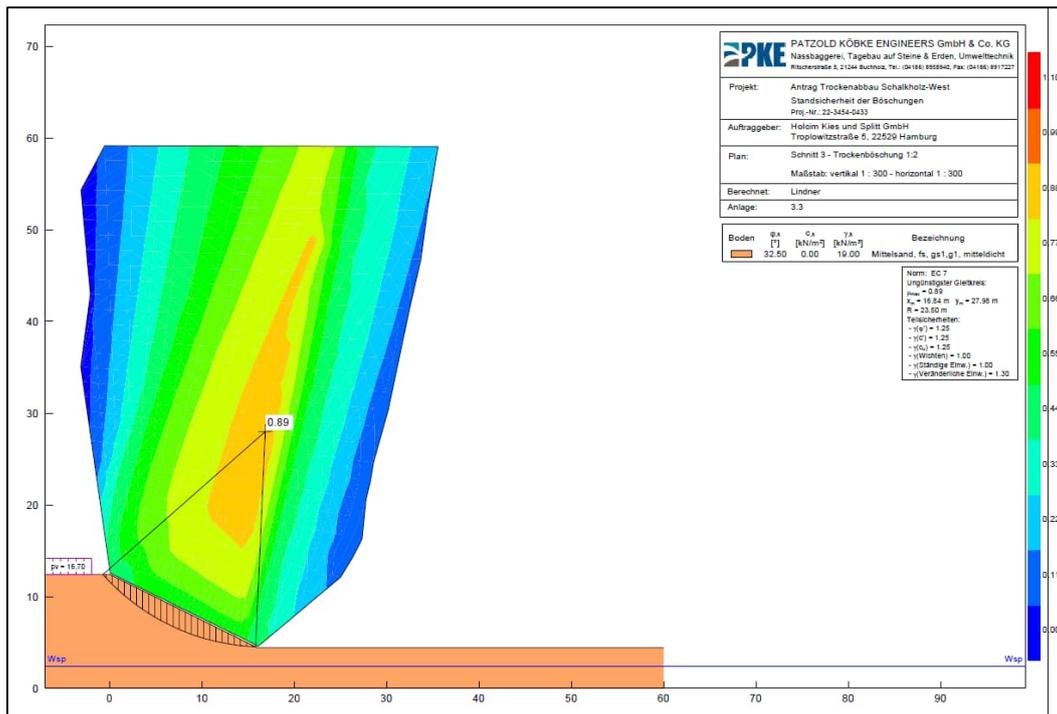


Abb. 3: Darstellung der Trockenböschung im Schnitt 3 als repräsentatives Beispiel für das Antragsgebiet mit einer Böschungsneigung von H : L = 1 : 2 und maximalen Ausnutzungsgrad  $\mu$  von 0,89.

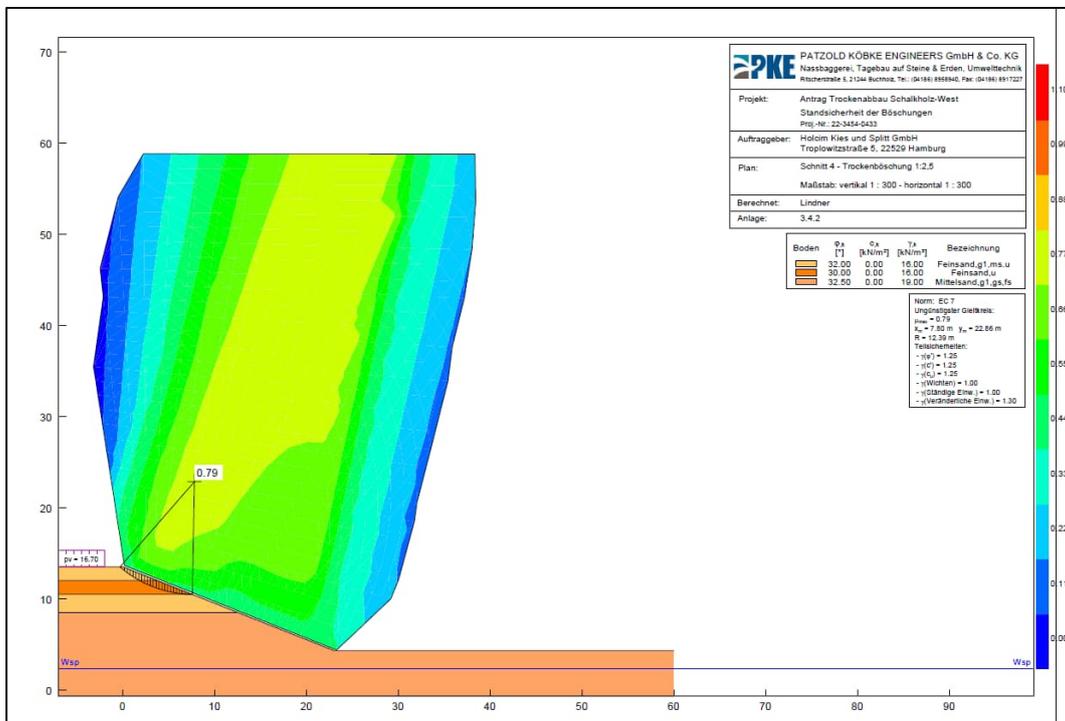


Abb. 4: Darstellung der Trockenböschung im Schnitt 4 als repräsentatives Beispiel für das Antragsgebiet mit einer Böschungsneigung von H : L = 1 : 2,5 und maximalen Ausnutzungsgrad  $\mu$  von 0,79.

---

Stand sicherheitsuntersuchung der Böschungen für den Neuaufschluss des Kieswerks Schalkholz-West

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass die Berechnungsergebnisse der Stand sicherheitsuntersuchung nach DIN 4084 unter den getroffenen Annahmen in Kapitel 7.5 und bei der Böschungskonfiguration von  $H : L = 1 : 2$  eine ausreichende Stand sicherheit für die repräsentativen Querprofilschnitte 1, 2, 3 sowie 5 und 6 erkennen lassen. Für die Querprofilschnitte 4 und 7 im Bereich östlich der Betriebsfläche wurden zudem flachere Böschungskonfigurationen mit Neigungen von  $H : L = 1 : 2,5$  nach DIN 4084 untersucht, die in diesen Fällen ebenfalls eine ausreichende Stand sicherheit erkennen lassen.

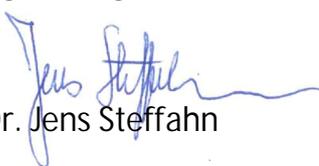
Kleinräumigen Erosionen der Trockenböschung durch abfließenden Niederschlag ist ggf. durch eine ingenieurbio logische Sicherung entgegenzuwirken.

Die Berechnungsergebnisse und Empfehlungen im Rahmen dieses Gutachten stellen die Grundlage zur Erstellung eines Abbaukonzeptes für den Neuaufschluss Schalkholz-West dar.

-----

Buchholz in der Nordheide, den 15.12.2023

PKE Ingenieurgesellschaft mbH

  
ppa. Dr. Jens Steffahn

## 8. ANGEFÜHRTE SCHRIFTEN

FÖRSTER, W. & VOGT, A. (1991): Abschätzung der Rückgriffweite von Setzungsfließbrut-schungen. – Neue Bergbautechnik 21 (10/11): 366-371; Leipzig (Dt. Verl. für Grundstoffindustrie).

KERNTECHNISCHER AUSSCHUSS (1990 b): Sicherheitstechnische Regel KTA 2201.2 – Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen – Teil 2: Baugrund; 7 S.; Köln, Berlin (Heymanns).

MEYER, H. & FRITZ, L. (2001): Unterwasserböschungen aus Sicht der Bodenmechanik. – Zeitschrift für angewandte Geologie 47 (1): 4-7; Stuttgart (Schweizerbart).

RAJU, V.-R. (1994): Spontane Verflüssigung lockerer granularer Körper – Phänomene, Ursachen, Vermeidung. – Diss. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Karlsruhe – Veröffentlichungen des Institutes für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana in Karlsruhe (134): 98 S.; Karlsruhe.

SEED, H. B. & IDRIS, I. M. (1971): Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. – Journal of the soil mechanics and foundations division ASCE (93) SM9: 1249-1273; New York.

WITT, K. J. (2008): Grundbau-Taschenbuch. Teil 1: Geotechnische Grundlagen; Weimar.

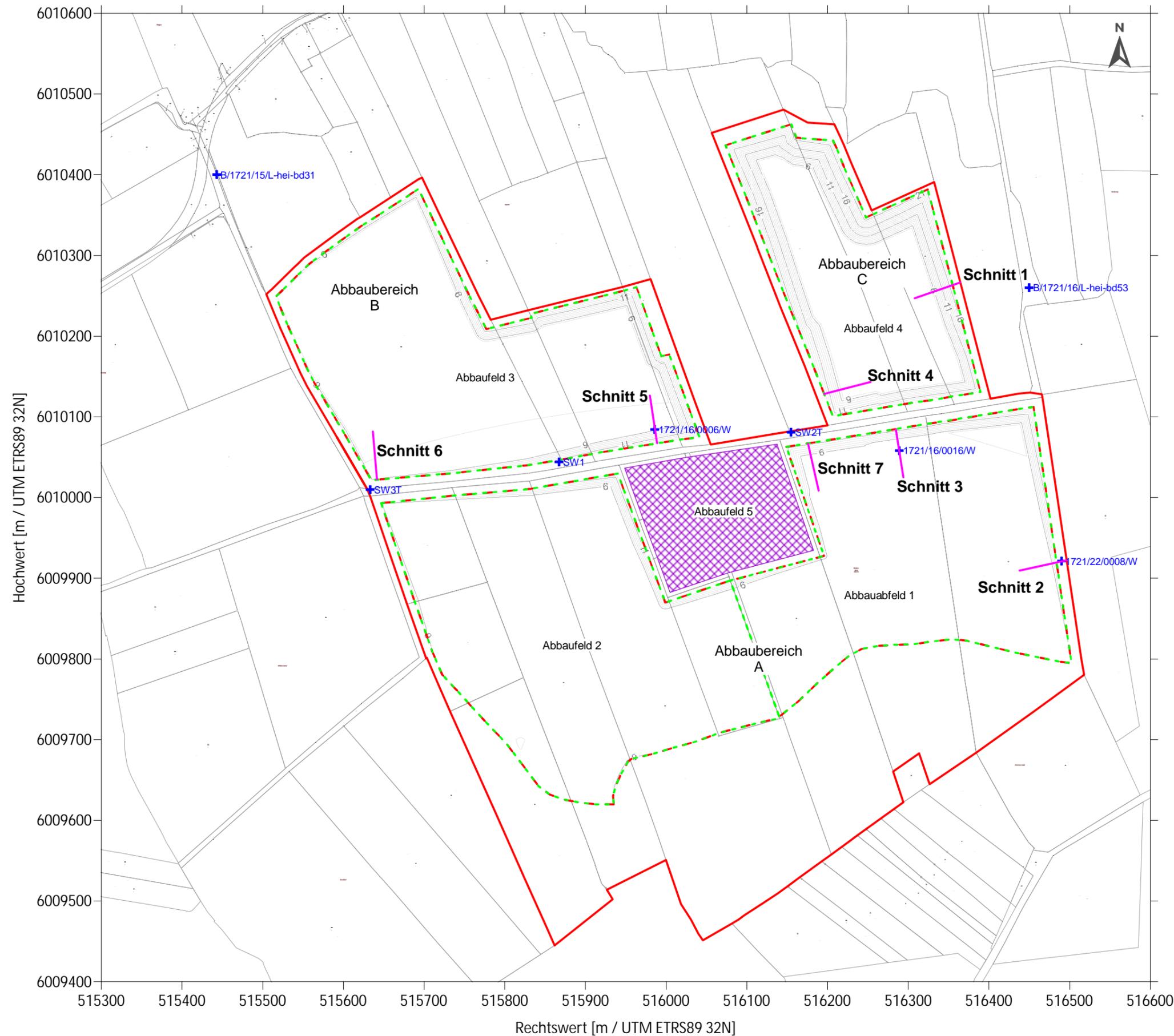
## Anlagen

# Anlage 1

## Übersichtslageplan

# Planzeichenerklärung

- Antragsfläche
- Abbaufäche
- Abbaubabschnitte
- Betriebsfläche
- Lage Schnitte Standsicherheit



Bestimmung der Abbaubasis der Kiessande im Trockenschnitt erfolgt auf Basis der Lage des Grundwasserhochstandes; Stichtag 10.03.2024) an der SW2F und der SW3F (zw. April 2022 und November 2023) unter Berücksichtigung langjähriger Ganglinien benachbarter Grundwassermessstellen des Landes SH und Wasserverbandes mit einem Sicherheitsabstand von 2 m.

Kartengrundlage:  
© GeoBasis-DE/LVermGeo SH ([www.LVermGeoSH.schleswig-holstein.de](http://www.LVermGeoSH.schleswig-holstein.de))

**PKE** Ingenieurgesellschaft mbH  
 Bau und Kampfmittel · Tagebau · Genehmigungsplanung · Erkundung  
 Ritscherstraße 5, D-21244 Buchholz i. d. Nordheide  
 Tel: +49 (0)4186-895894-0, info@pk-engineers.de

Projekt: **Kiessandabbau Schalkholz West**

Auftraggeber: **Holcim Kies und Splitt GmbH**  
 Tropowitzstraße 5, 22529 Hamburg

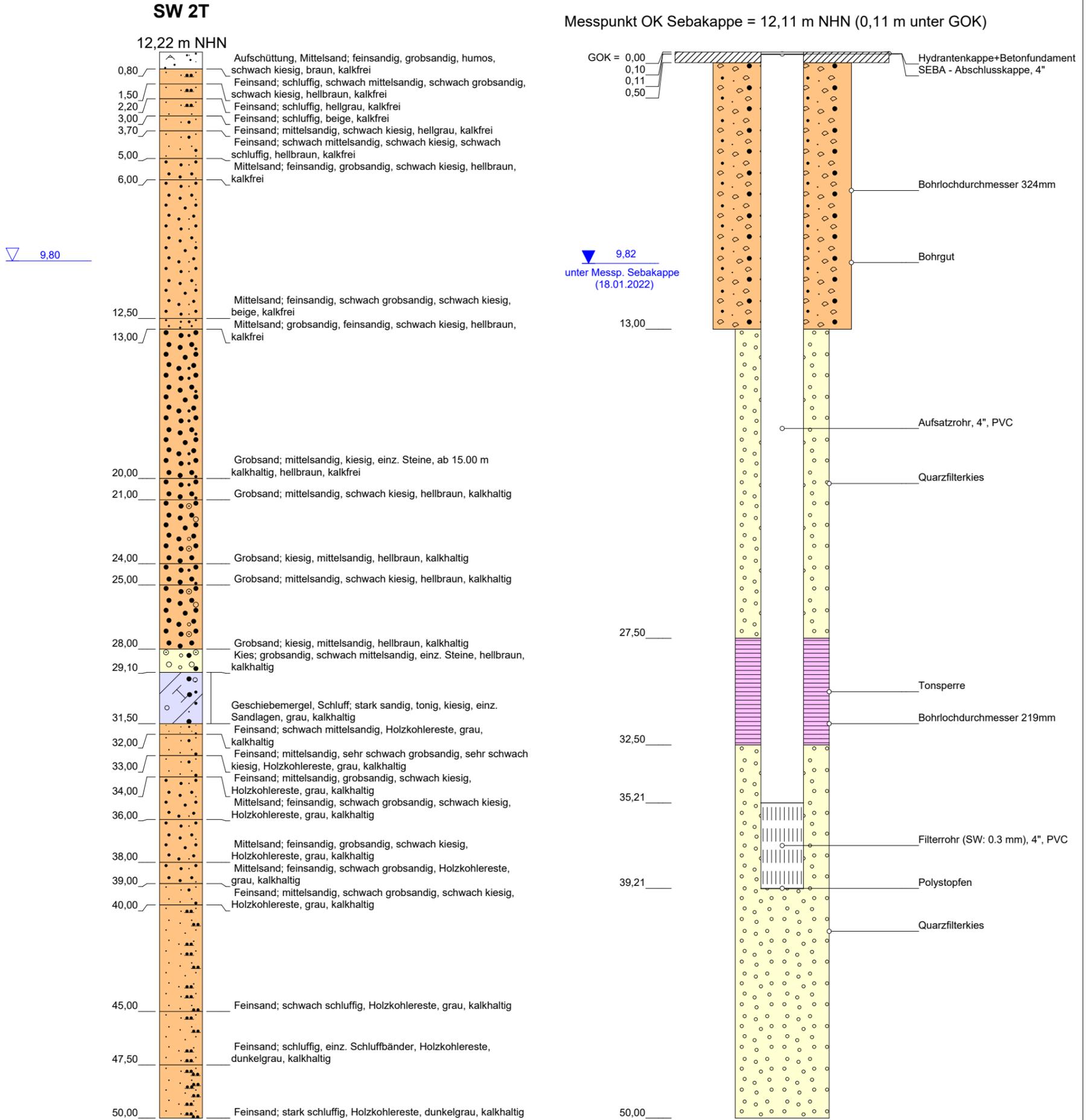
Plan: <b>Übersichtsplan Standsicherheit</b>	Maßstab: <b>1 : 5.000</b> DIN A3		
Gezeichnet:	Datum	Name	
Geprüft:	09.04.2024	AR	
Datei:	Anlage 1_Übersichtsplan.srf		
PKE-Proj.-Nr.:	22-3454-0433		Anl.: 1

## Anlage 2

Schichtenverzeichnisse zu den Bohrungen

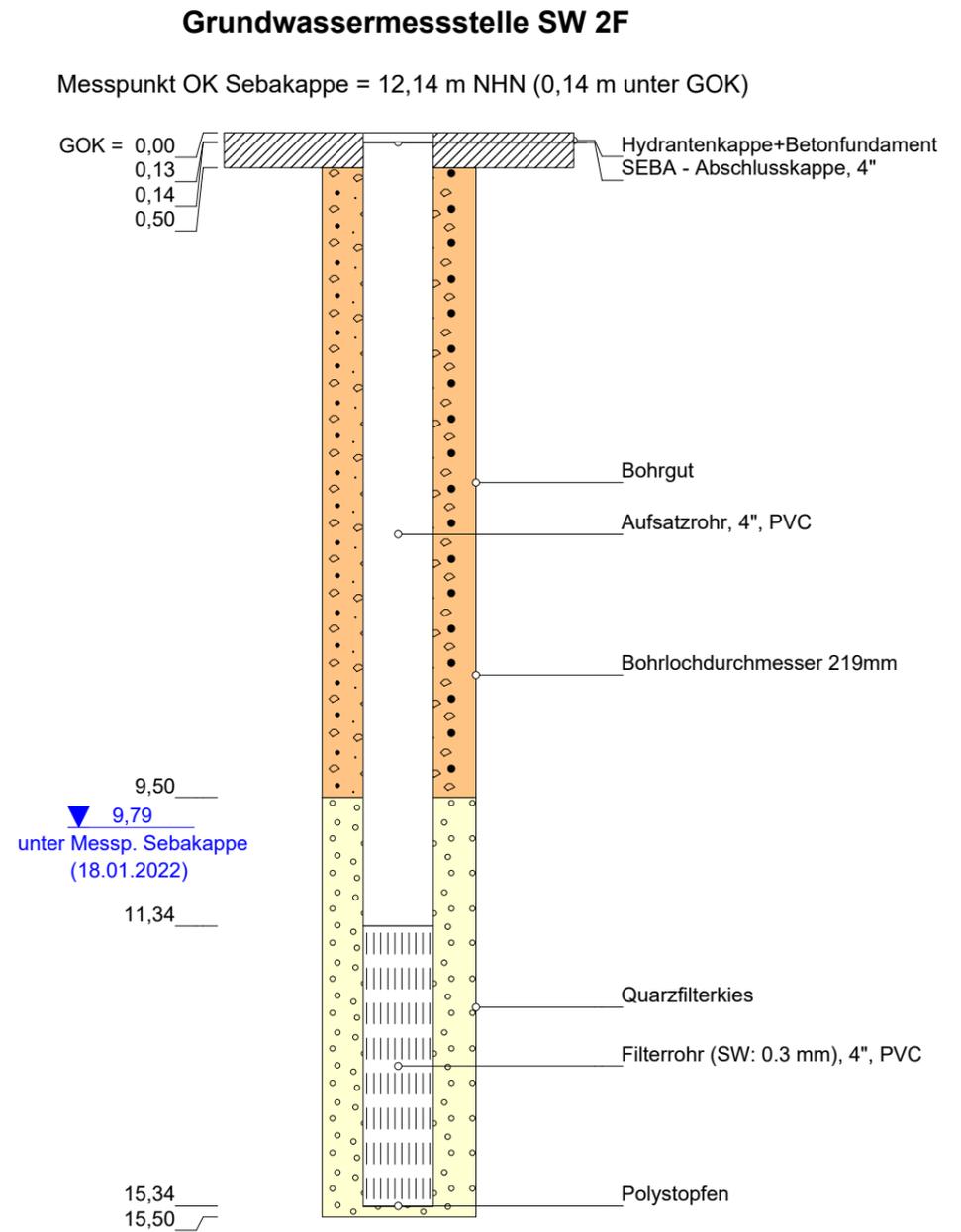
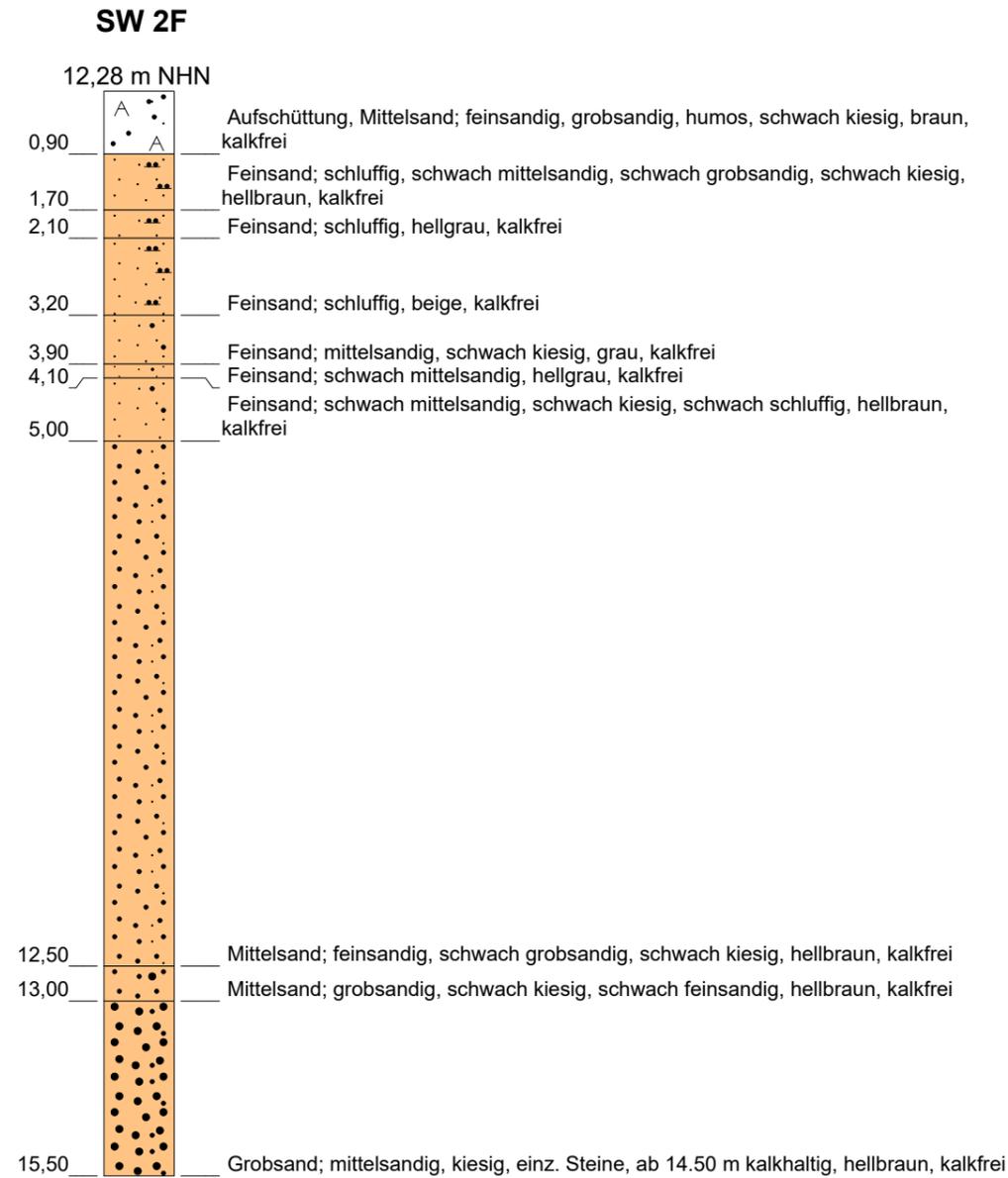
## Grundwassermessstelle SW 2T

Messpunkt OK Sebakappe = 12,11 m NHN (0,11 m unter GOK)



<b>Bauvorhaben: Schalkholz, Kieswerk</b>	
<b>Aktenzeichen: 386/21</b>	
<b>Bezeichnung: Bohrprofil + Ausbau</b>	
<b>Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH</b>	
Datum: 05.01.-13.01.2022	Maßstab: 1 : 200
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage:

**NEUMANN**  
**BAUGRUND**  
Marienthaler Str. 6  
24340 Eckernförde  
(+49) 4351 / 7136 0  
neumann-baugrund.de

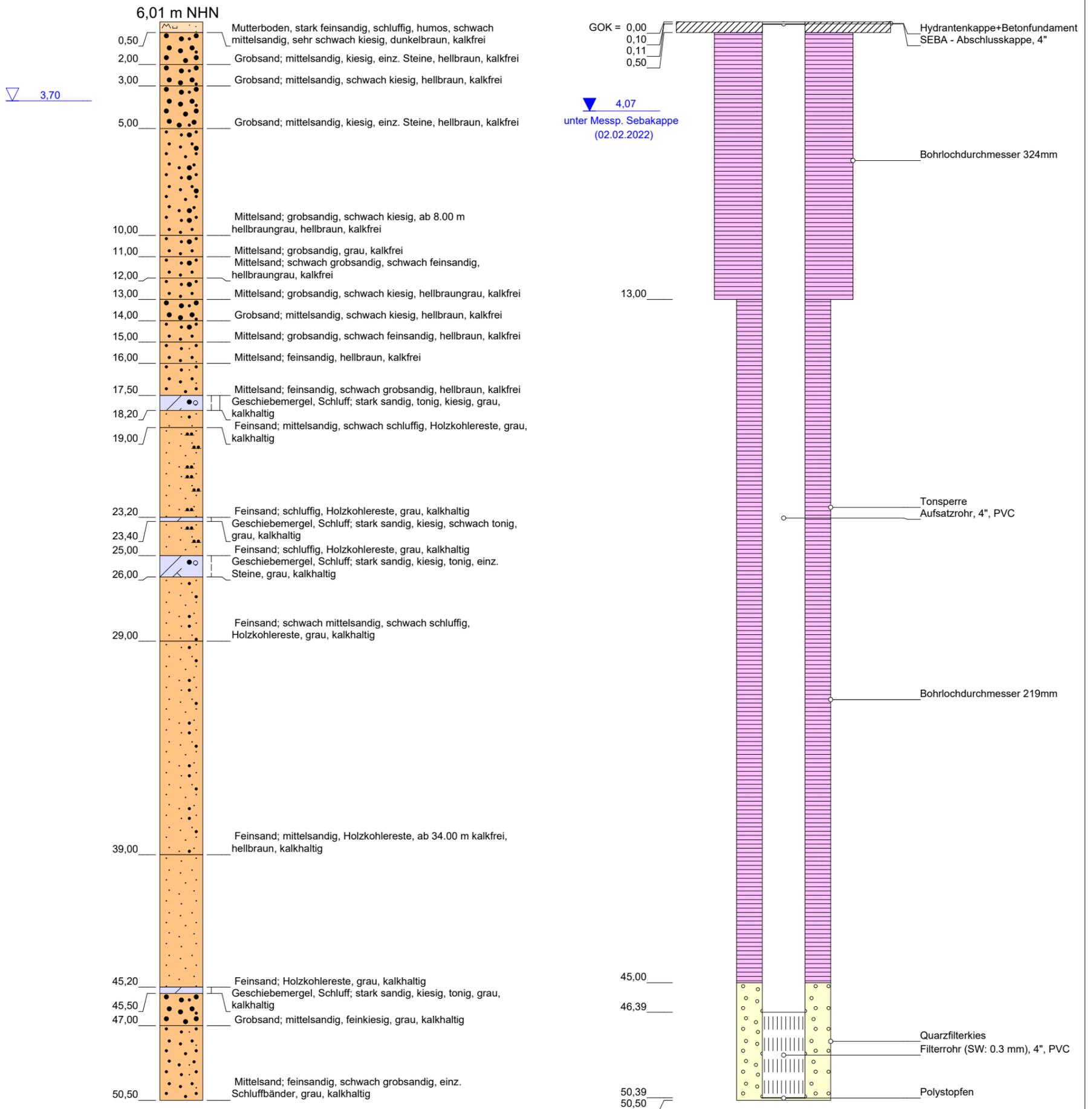


<b>Bauvorhaben: Schalkholz, Kieswerk</b>	
<b>Aktenzeichen: 386/21</b>	
<b>Bezeichnung: Bohrprofil + Grundwassermessstelle</b>	
<b>Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH</b>	
Datum: 13.01.-15.01.2022	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage



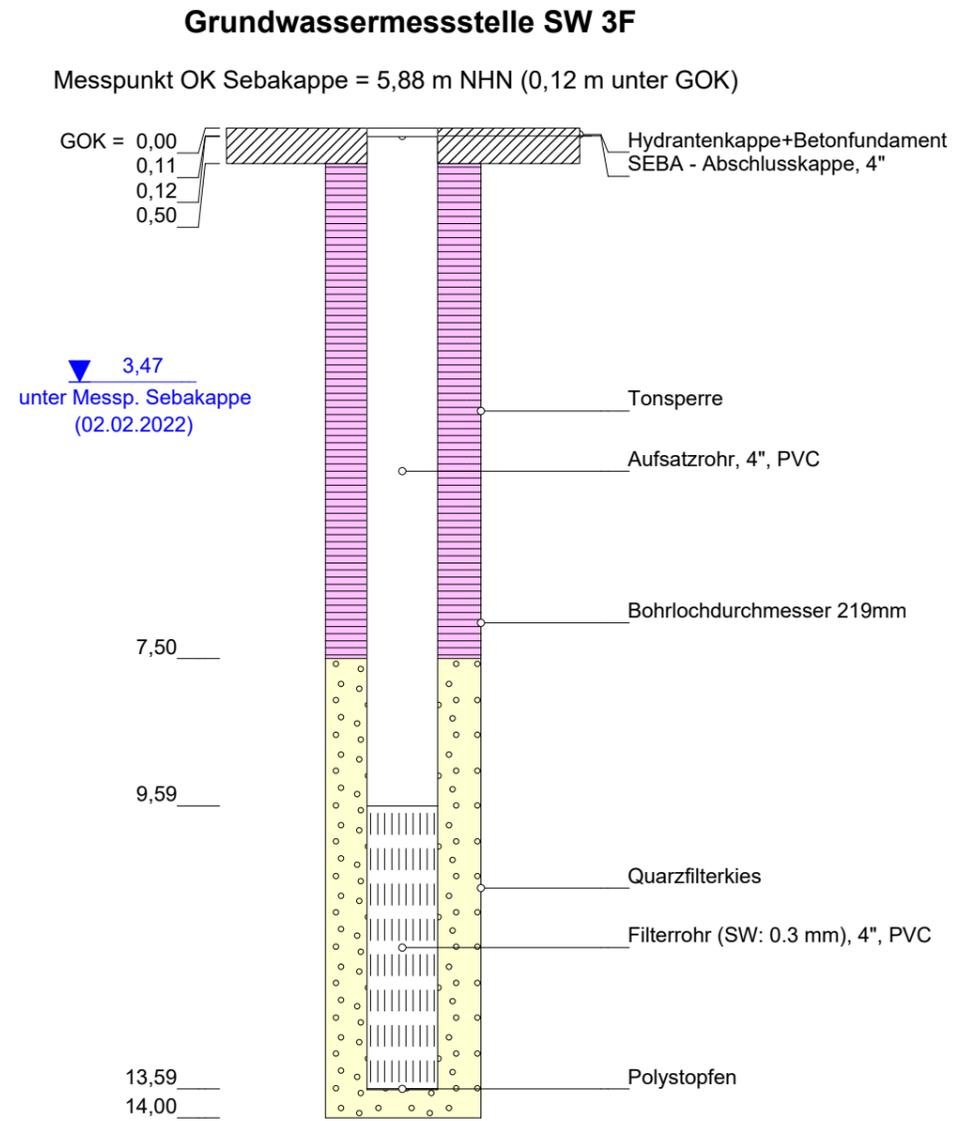
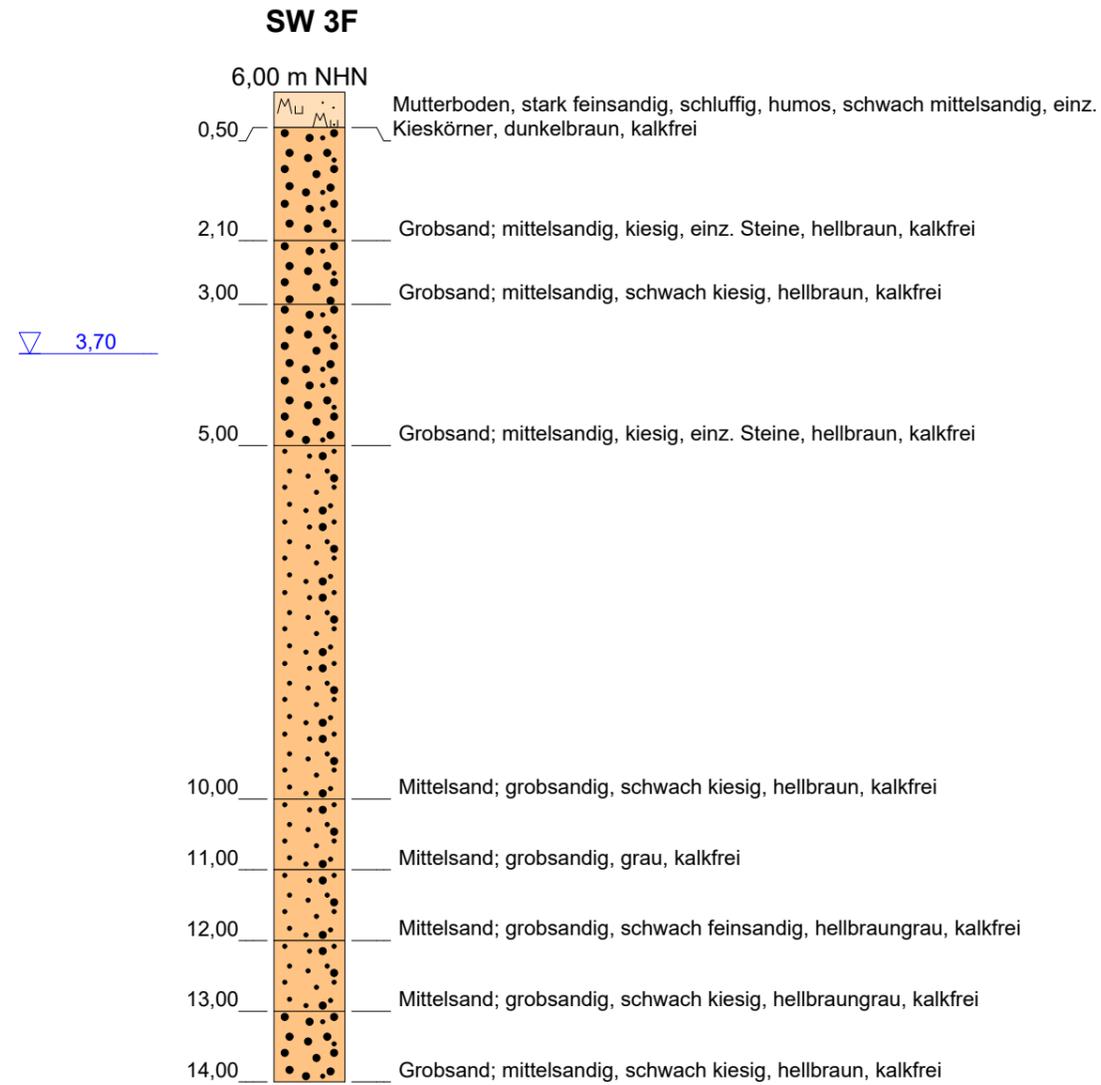
## Grundwassermessstelle SW 3T

Messpunkt OK Sebakappe = 5,90 m NHN (0,11 m unter GOK)



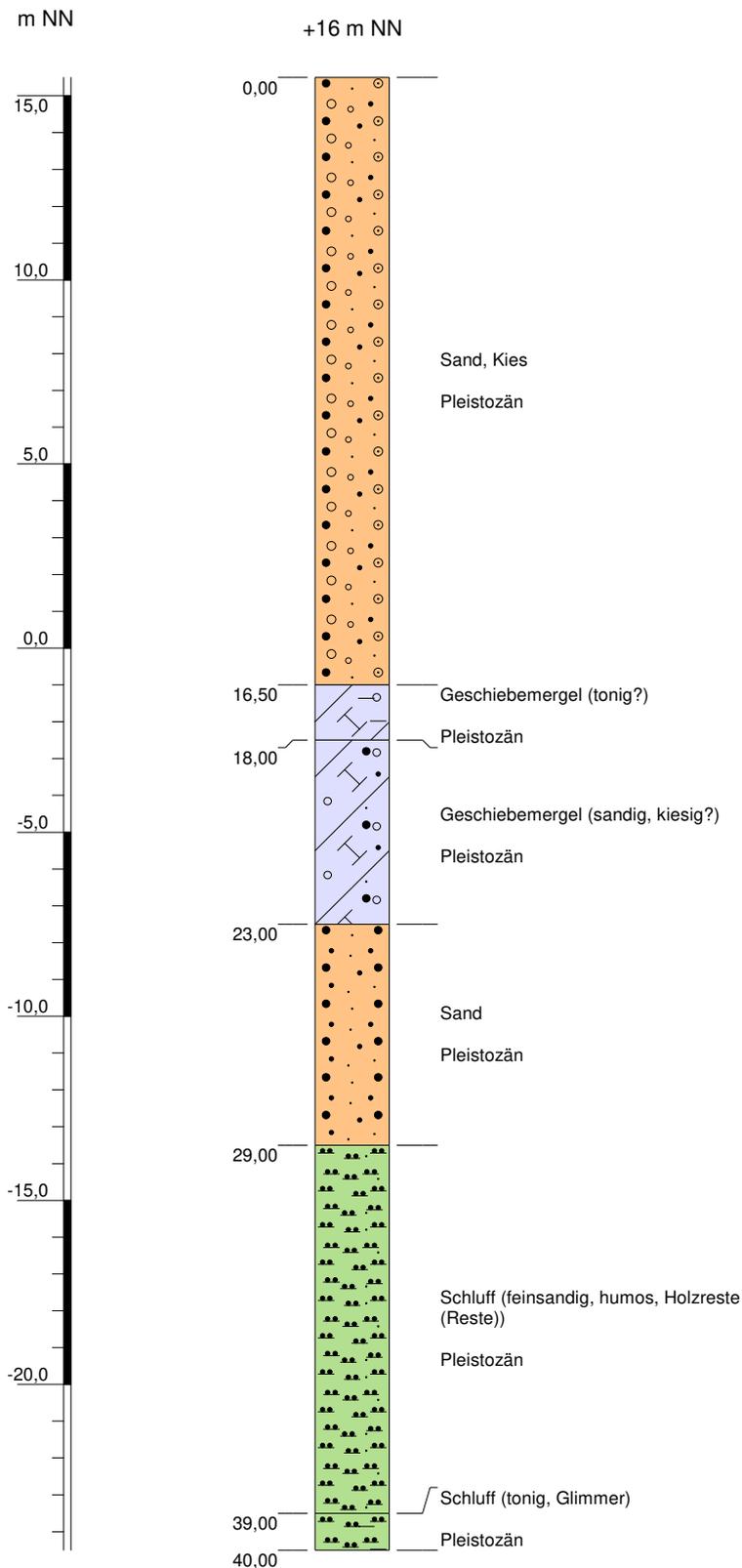
<b>Bauvorhaben: Schalkholz, Kieswerk</b>	
<b>Aktenzeichen: 386/21</b>	
<b>Bezeichnung: Bohrprofil + Ausbau</b>	
<b>Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH</b>	
Datum: 17.01.-25.01.2022	Maßstab: 1 : 200
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage:


**NEUMANN  
BAUGRUND**  
 Marienthaler Str. 6  
 24340 Eckernförde  
 (+49) 4351 / 7136 0  
 neumann-baugrund.de



<b>Bauvorhaben: Schalkholz, Kieswerk</b>	
<b>Aktenzeichen: 386/21</b>	
<b>Bezeichnung: Bohrprofil + Grundwassermessstelle</b>	
<b>Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH</b>	
Datum: 26.01.+27.01.2022	Maßstab: 1 : 100
gezeichnet: Ronja Nickel	Anlage

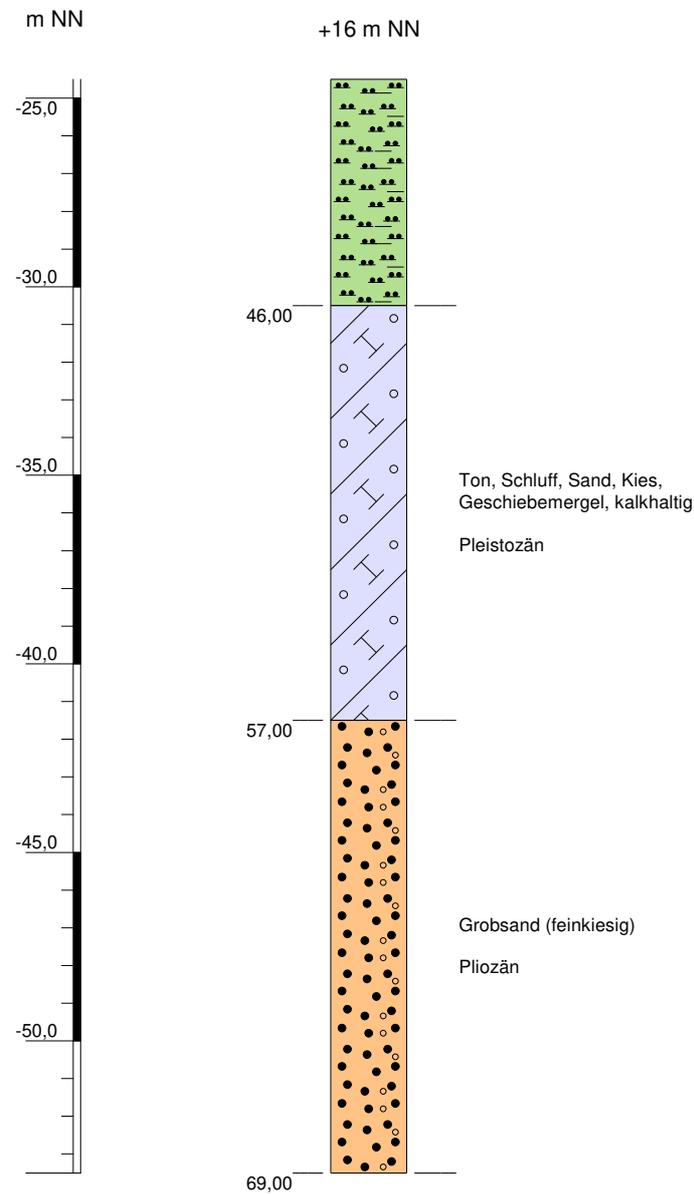




Höhenmaßstab: 1:200 Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 1 von 2

<b>Bohrung:</b> 1721/16/0006/W		Schalkholz		 <p>Schleswig-Holstein Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume</p>
Auftraggeber: -		RECHTS:	32515986	
		HOCH:	6010084	
Bohrfirma: -		Ansatzhöhe:	15,50 m	
Bearbeiter: -		Endtiefe:	69,00 m	
Datum: 02.09.1987				



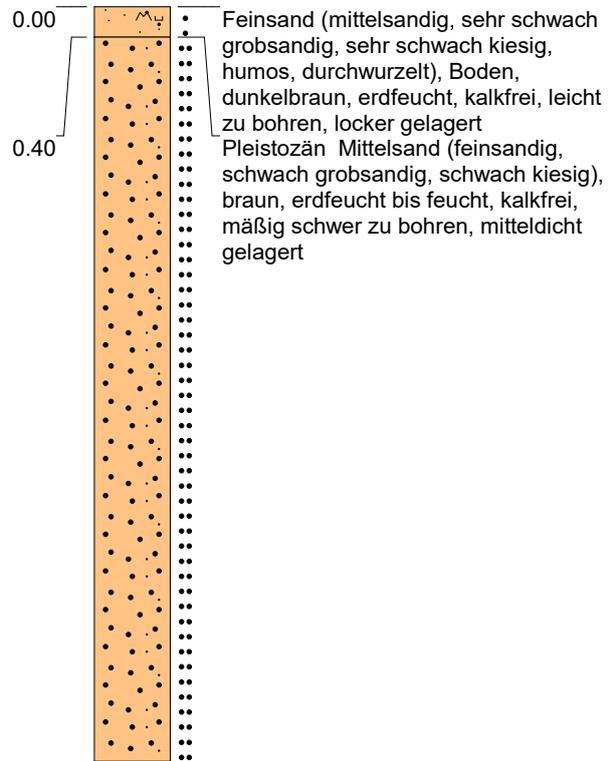
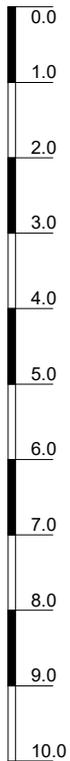
Höhenmaßstab: 1:200 Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 2 von 2

<b>Bohrung:</b> 1721/16/0006/W Schalkholz		 <p>Schleswig-Holstein Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume</p>
Auftraggeber: -	RECHTS: 32515986	
	HOCH: 6010084	
Bohrfirma: -	Ansatzhöhe: 15,50 m	
Bearbeiter: -	Endtiefe: 69,00 m	
Datum: 02.09.1987		

m u. GOK (11.19 m NN)

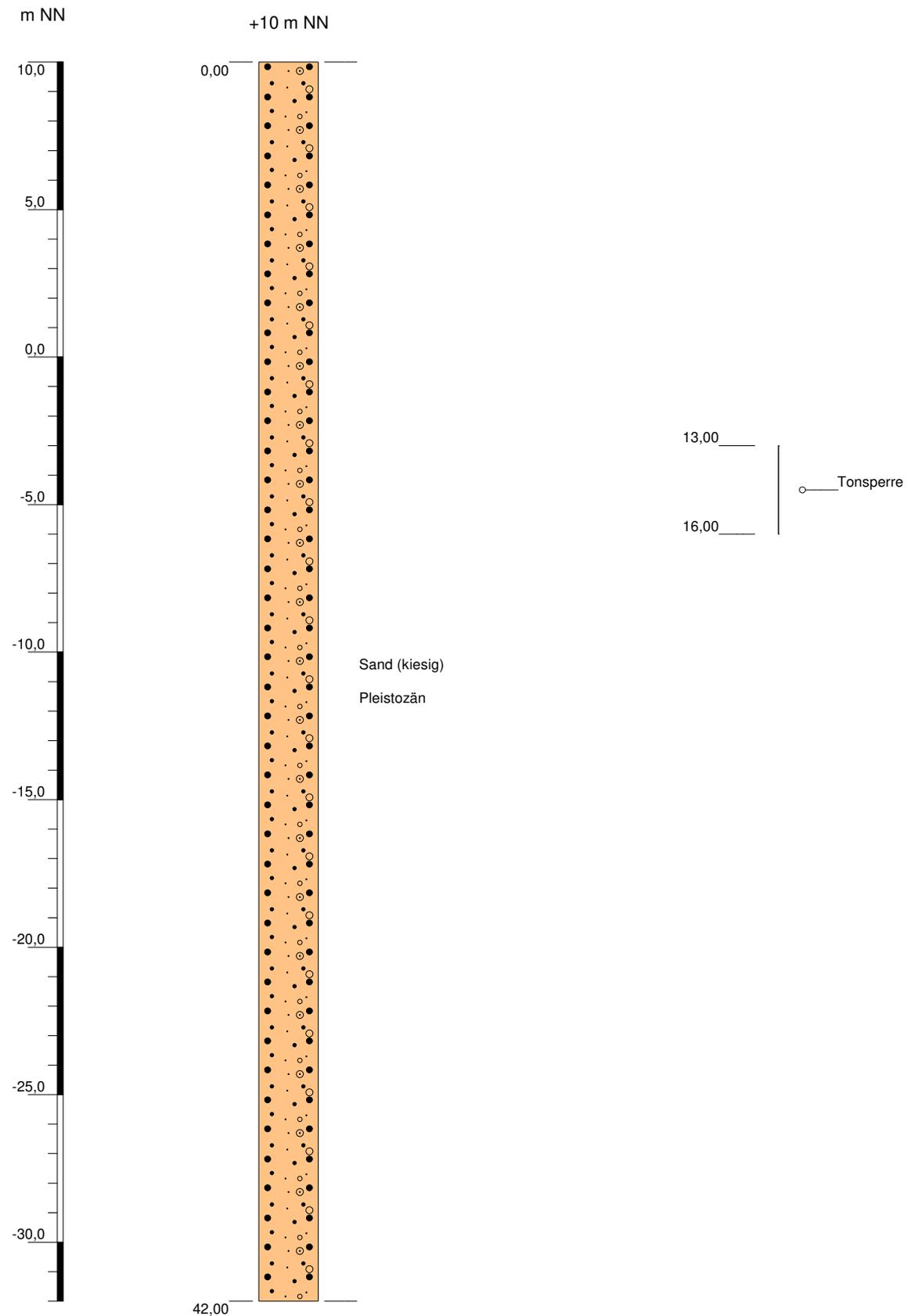
1721/16/0016/W



Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

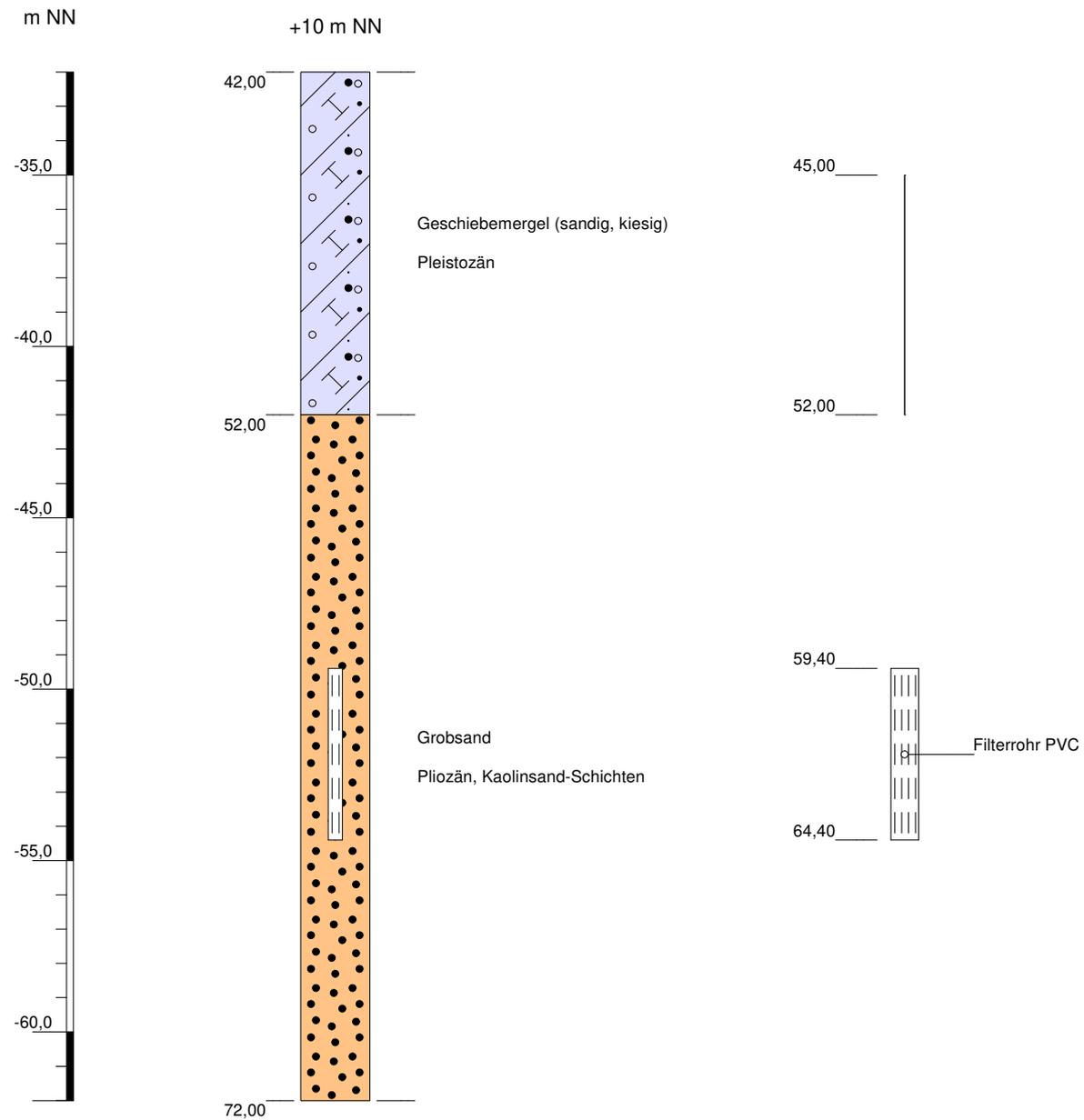
<b>Ort:</b> Schalkholz			Zur Verfügung gestellt von: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein - Geologisches Landesarchiv
<b>Bohrung:</b> 1721/16/0016/W			
Auftraggeber:	Ostwert:	32516289	
Bohrfirma:	Nordwert:	6010058	
Bearbeiter:	Ansatzhöhe:	11.19 m	
Datum: 27.10.1999	Endtiefe:	10.00 m	



Höhenmaßstab: 1:200    Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 1 von 2

<b>Bohrung:</b> 1721/22/0008/W    Schalkholz		 <p>Schleswig-Holstein Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume</p>
Auftraggeber: -	RECHTS: 32516490	
	HOCH: 6009921	
Bohrfirma: -	Ansatzhöhe: 10,00 m	
Bearbeiter: -	Endtiefe: 72,00 m	
Datum: 16.08.1988		



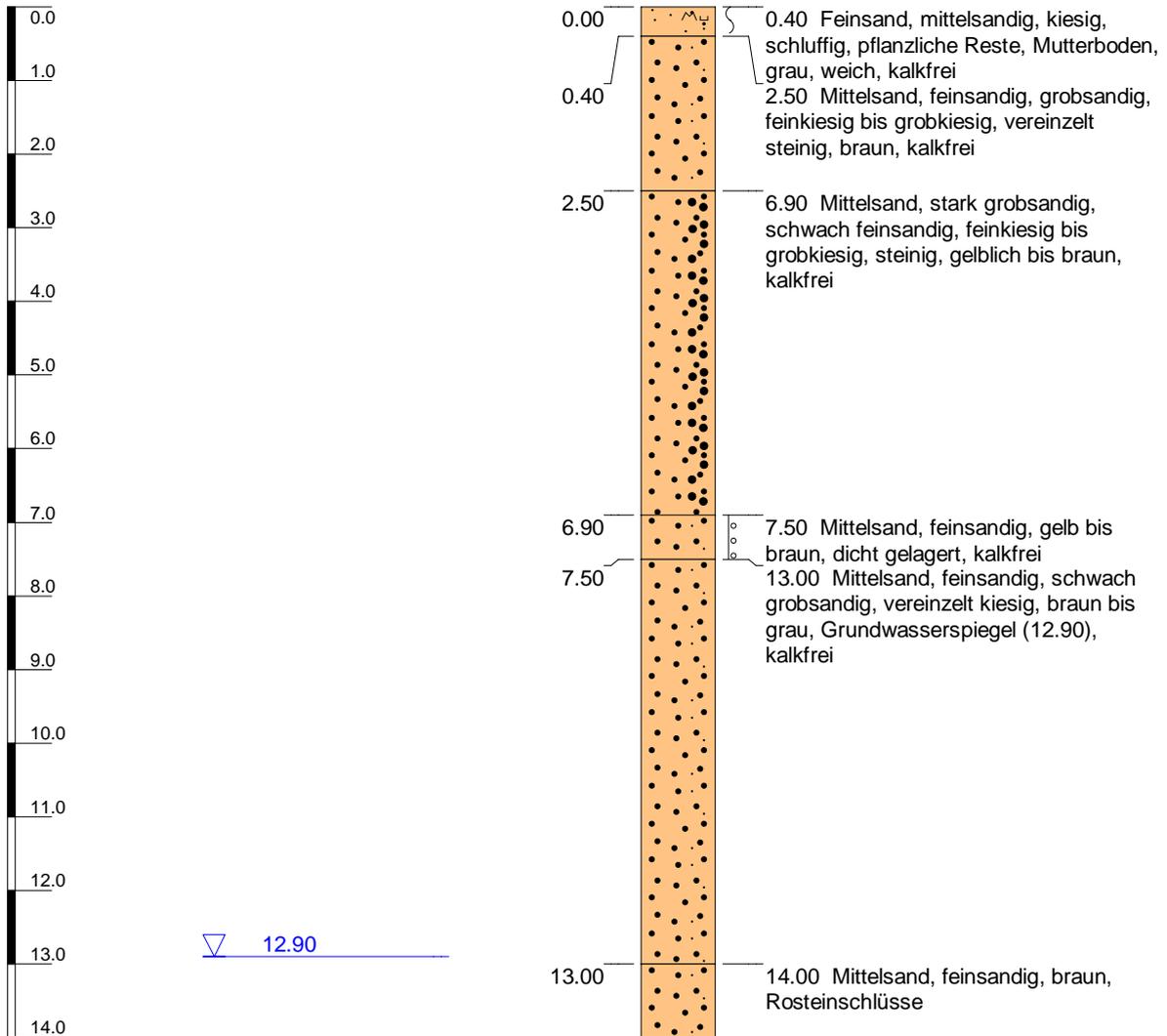
Höhenmaßstab: 1:200 Horizontalmaßstab: 1:10

Blatt 2 von 2

<b>Bohrung:</b> 1721/22/0008/W		Schalkholz		 <p>Schleswig-Holstein Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume</p>
Auftraggeber: -		RECHTS:	32516490	
		HOCH:	6009921	
Bohrfirma: -		Ansatzhöhe:	10,00 m	
Bearbeiter: -		Endtiefe:	72,00 m	
Datum: 16.08.1988				

m u. GOK (0.00 m NN)

**B/1721/16/L-hei-bd53**



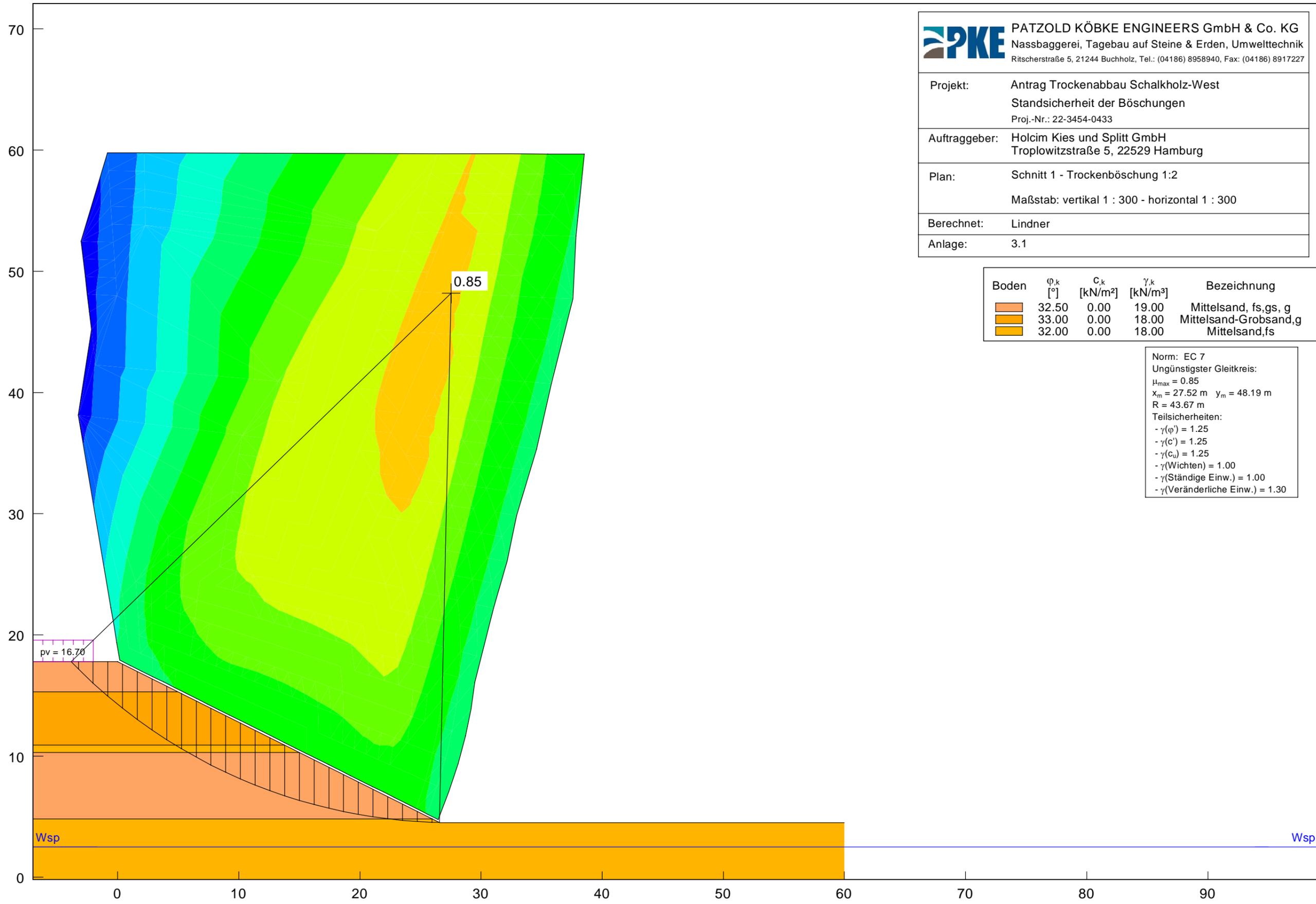
Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

<b>Ort:</b> Schalkholz, Kreis Dithmarschen		Zur Verfügung gestellt von: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein - Geologisches Landesarchiv -
<b>Bohrung:</b> B/1721/16/L-hei-bd53		
Auftraggeber: Geologisches Landesamt S-H	Ostwert: 32516450	
Bohrfirma:	Nordwert: 6010260	
Bearbeiter:	Ansatzhöhe: 0.00 m	
Datum: 17.06.1993	Endtiefe: 14.00 m	

## ANLAGE 3

Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen nach DIN 4084

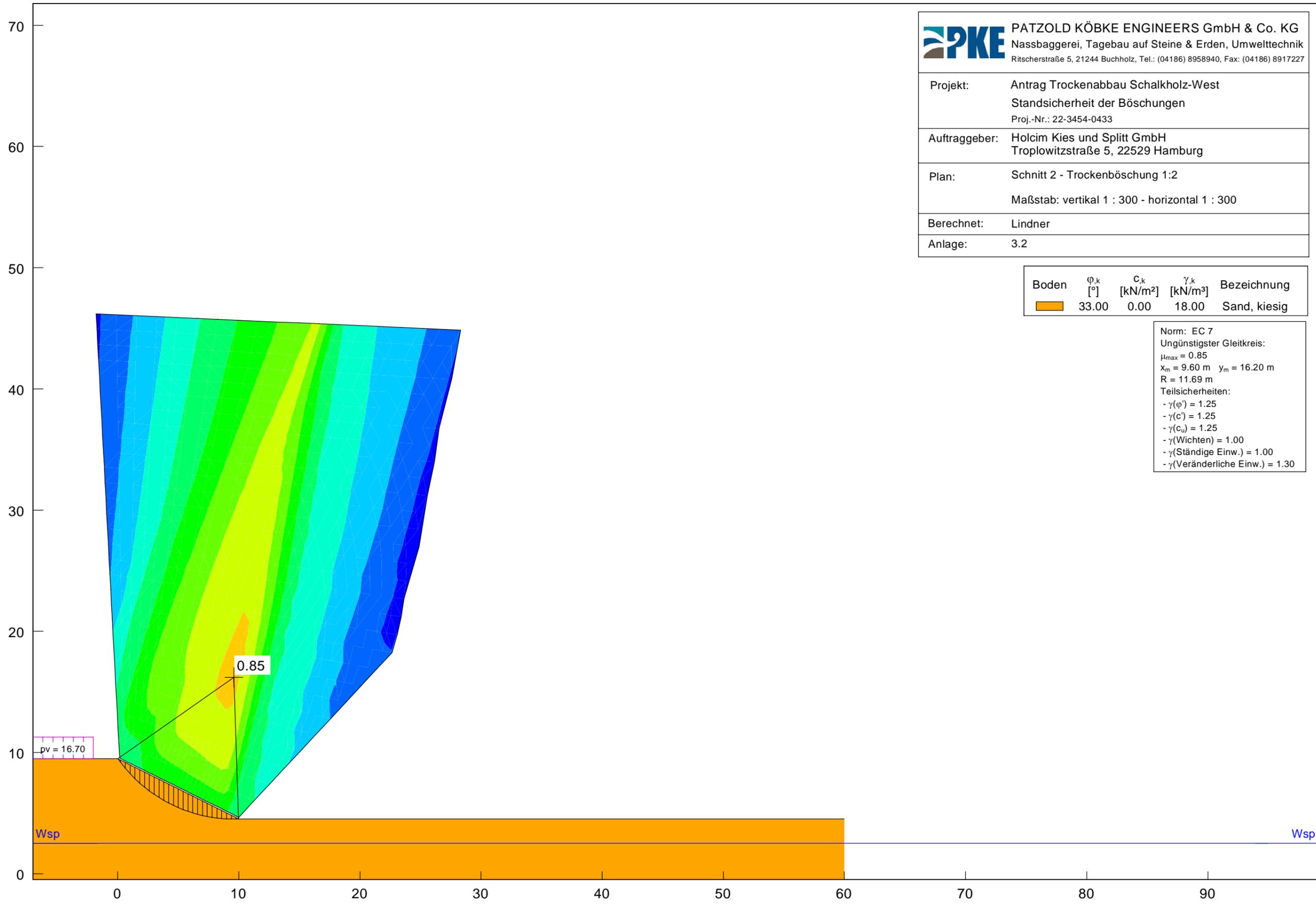


**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt:	Antrag Trockenabbau Schalkholz-West Standsicherheit der Böschungen Proj.-Nr.: 22-3454-0433
Auftraggeber:	Holcim Kies und Splitt GmbH Tropowitzstraße 5, 22529 Hamburg
Plan:	Schnitt 1 - Trockenböschung 1:2 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300
Berechnet:	Lindner
Anlage:	3.1

Boden	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand, fs,gs, g
	33.00	0.00	18.00	Mittelsand-Grobsand,g
	32.00	0.00	18.00	Mittelsand,fs

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.85$   
 $x_m = 27.52 \text{ m}$   $y_m = 48.19 \text{ m}$   
 $R = 43.67 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

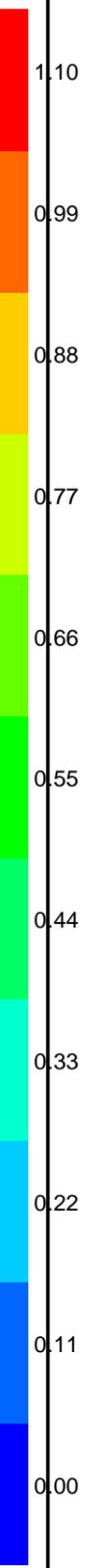


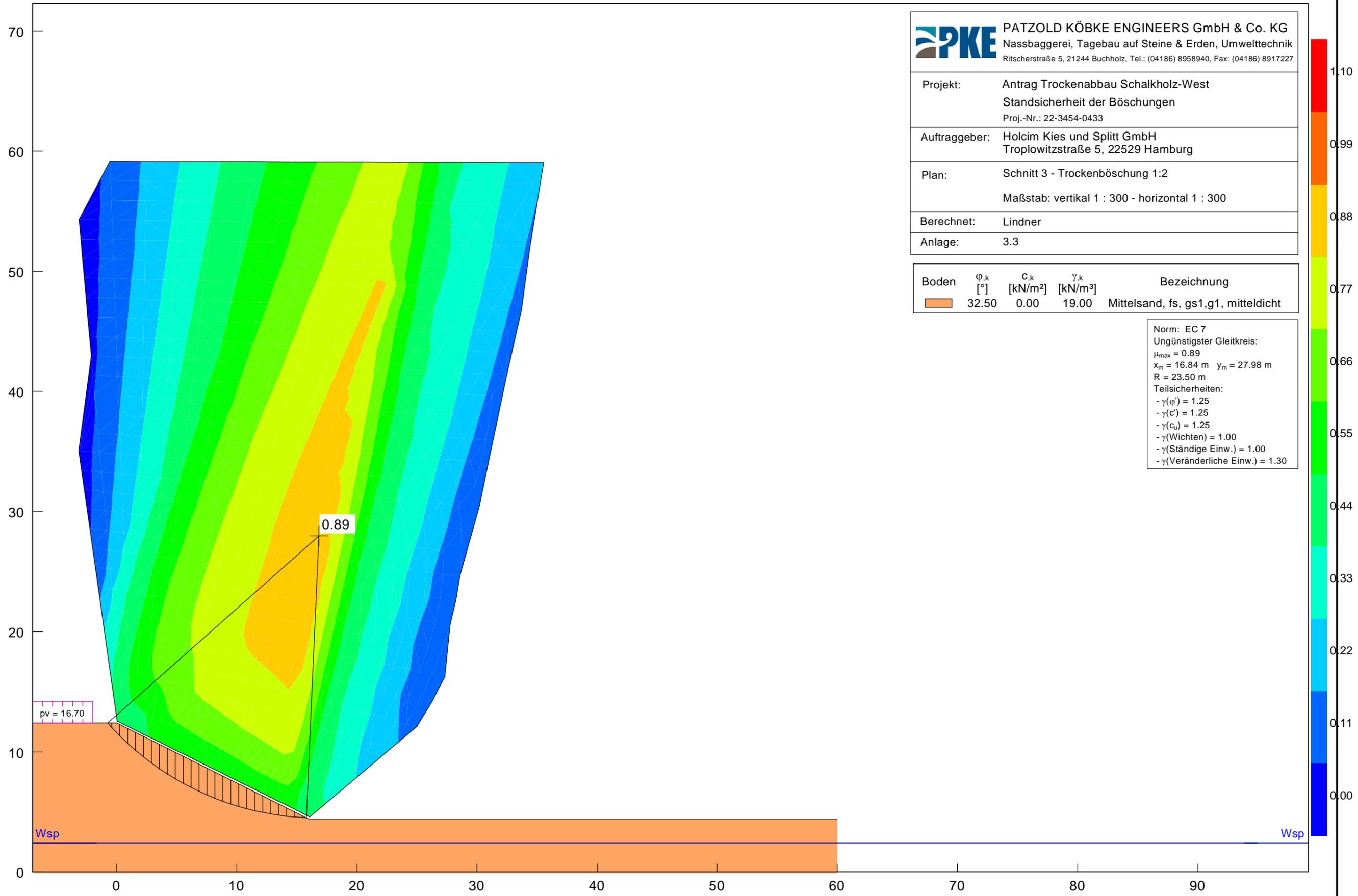
**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt:	Antrag Trockenabbau Schalkholz-West Standsicherheit der Böschungen Proj.-Nr.: 22-3454-0433
Auftraggeber:	Holcim Kies und Splitt GmbH Tropowitzstraße 5, 22529 Hamburg
Plan:	Schnitt 2 - Trockenböschung 1:2 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300
Berechnet:	Lindner
Anlage:	3.2

Boden	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	33.00	0.00	18.00	Sand, kiesig

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.85$   
 $x_m = 9.60 \text{ m}$   $y_m = 16.20 \text{ m}$   
 $R = 11.69 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$





**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt: Antrag Trockenabbau Schalkholz-West  
 Standsicherheit der Böschungen  
 Proj.-Nr.: 22-3454-0433

Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH  
 Troplowitzstraße 5, 22529 Hamburg

Plan: Schnitt 3 - Trockenböschung 1:2  
 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300

Berechnet: Lindner

Anlage: 3.3

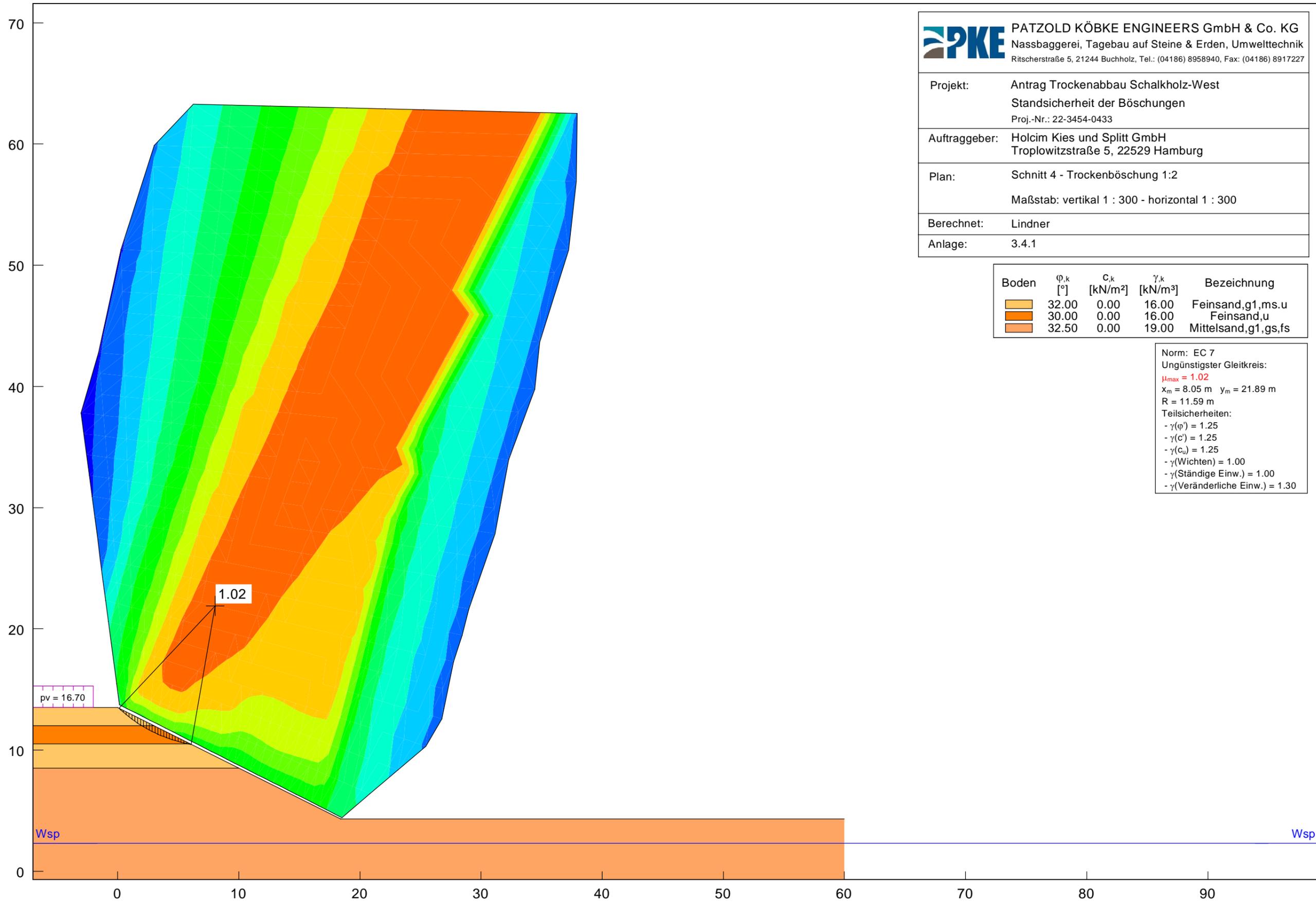
Boden	$\phi, k$ [°]	$c, k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma, k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand, fs, gs1,g1, mitteldicht

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.89$   
 $x_m = 16.84 \text{ m}$   $y_m = 27.98 \text{ m}$   
 $R = 23.50 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

pv = 16.70

Wsp

Wsp



**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt: Antrag Trockenabbau Schalkholz-West  
 Standsicherheit der Böschungen  
 Proj.-Nr.: 22-3454-0433

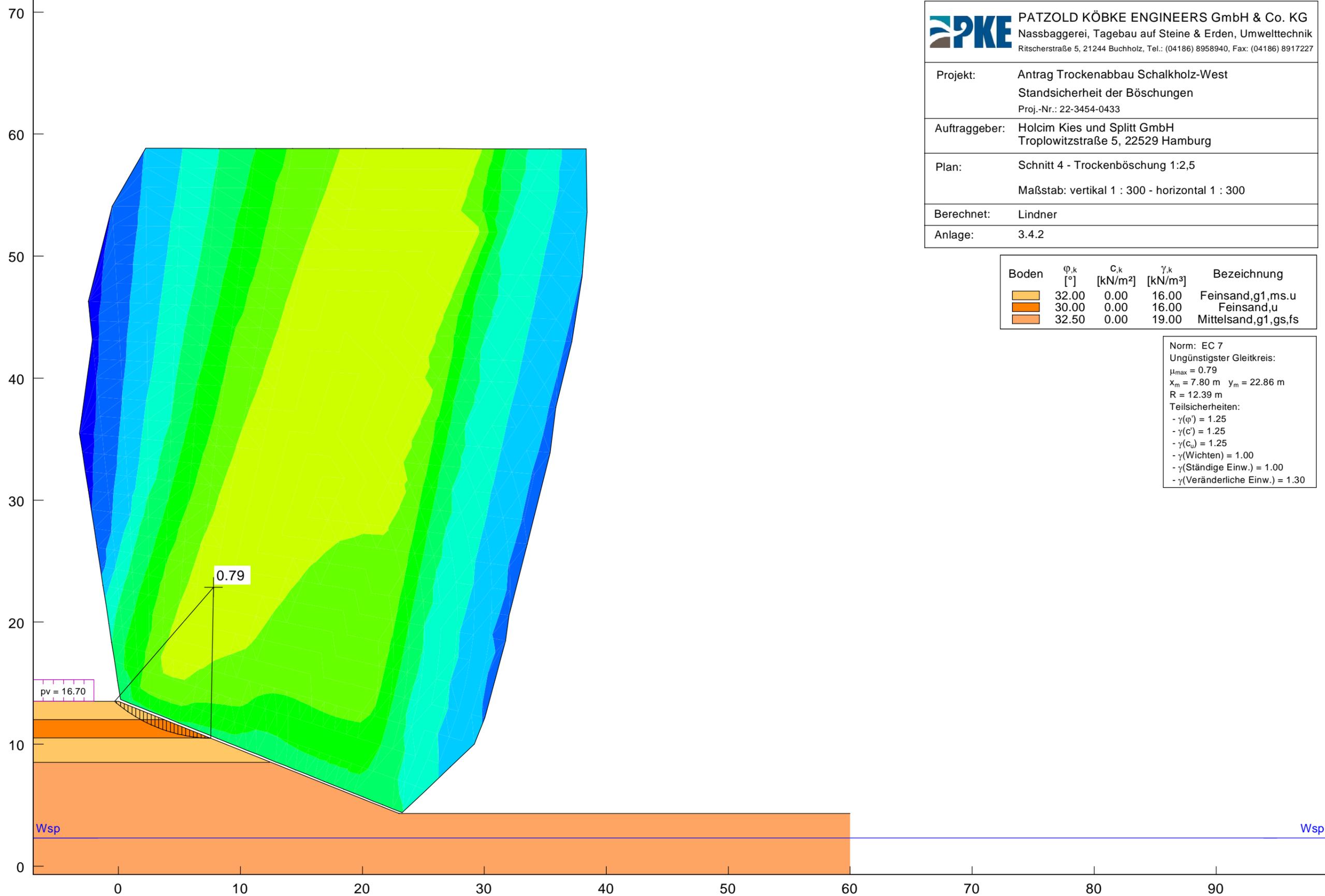
Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH  
 Troplowitzstraße 5, 22529 Hamburg

Plan: Schnitt 4 - Trockenböschung 1:2  
 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300

Berechnet: Lindner  
 Anlage: 3.4.1

Boden	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.00	0.00	16.00	Feinsand,g1,ms.u
	30.00	0.00	16.00	Feinsand,u
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand,g1,gs,fs

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 1.02$   
 $x_m = 8.05 \text{ m}$   $y_m = 21.89 \text{ m}$   
 $R = 11.59 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\varphi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

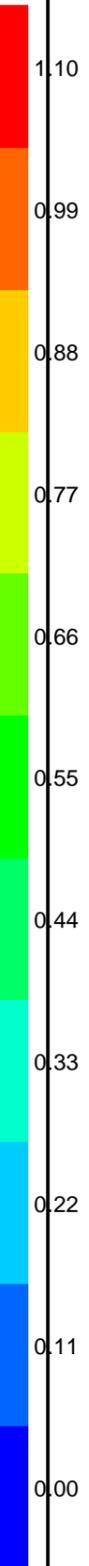


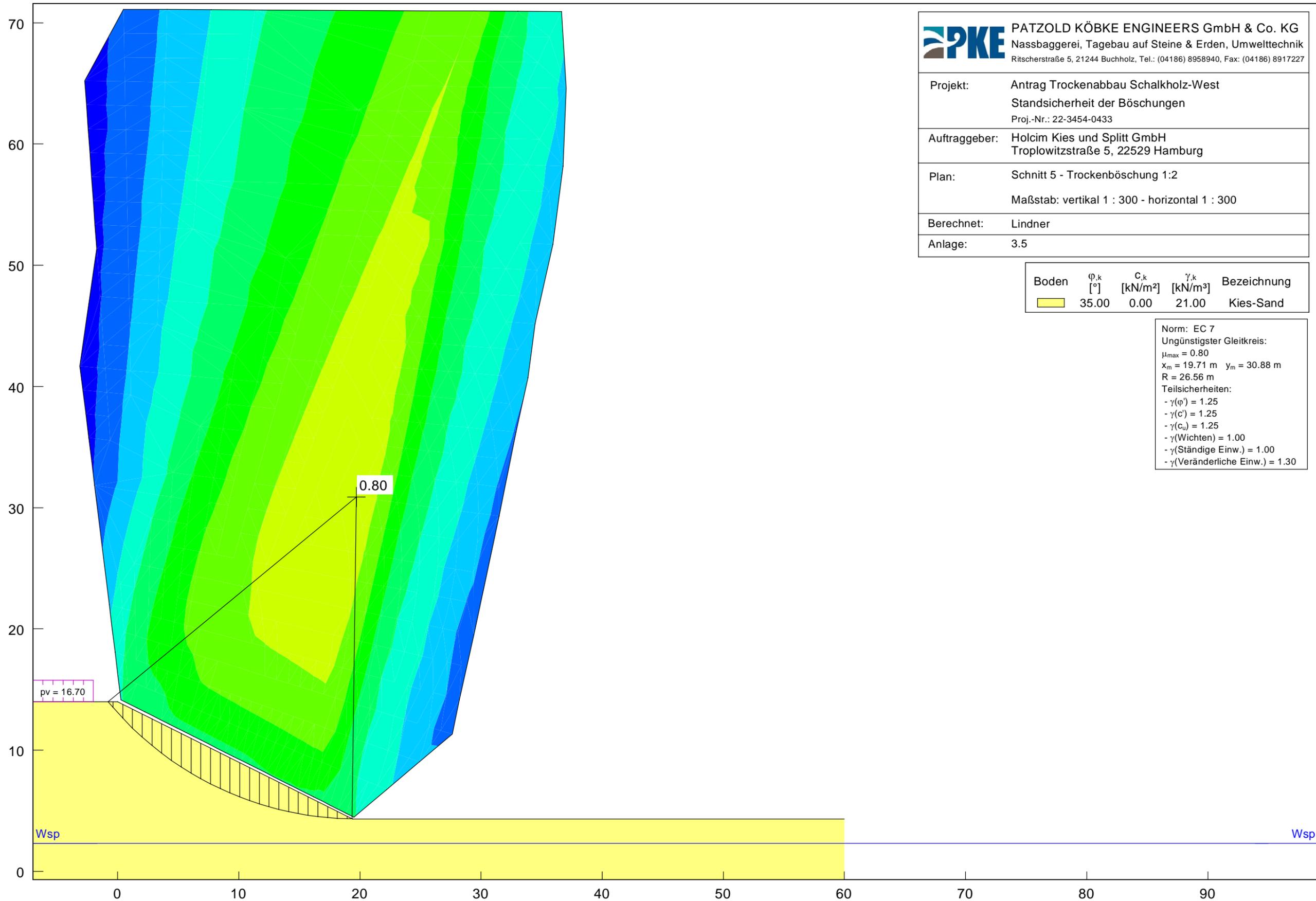
**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt:	Antrag Trockenabbau Schalkholz-West Standsicherheit der Böschungen Proj.-Nr.: 22-3454-0433
Auftraggeber:	Holcim Kies und Splitt GmbH Tropowitzstraße 5, 22529 Hamburg
Plan:	Schnitt 4 - Trockenböschung 1:2,5 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300
Berechnet:	Lindner
Anlage:	3.4.2

Boden	$\phi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{,k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.00	0.00	16.00	Feinsand,g1,ms,u
	30.00	0.00	16.00	Feinsand,u
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand,g1,gs,fs

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.79$   
 $x_m = 7.80 \text{ m}$   $y_m = 22.86 \text{ m}$   
 $R = 12.39 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$





**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt: Antrag Trockenabbau Schalkholz-West  
 Standsicherheit der Böschungen  
 Proj.-Nr.: 22-3454-0433

Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH  
 Troplowitzstraße 5, 22529 Hamburg

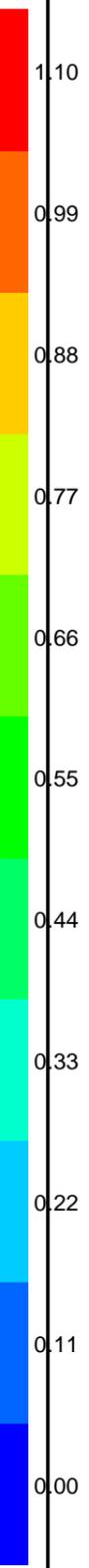
Plan: Schnitt 5 - Trockenböschung 1:2  
 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300

Berechnet: Lindner

Anlage: 3.5

Boden	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	35.00	0.00	21.00	Kies-Sand

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.80$   
 $x_m = 19.71 \text{ m}$   $y_m = 30.88 \text{ m}$   
 $R = 26.56 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\varphi') = 1.25$   
 -  $\gamma(c') = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$





**PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG**  
Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt: Antrag Trockenabbau Schalkholz-West  
Standsicherheit der Böschungen  
Proj.-Nr.: 22-3454-0433

Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH  
Tropowitzstraße 5, 22529 Hamburg

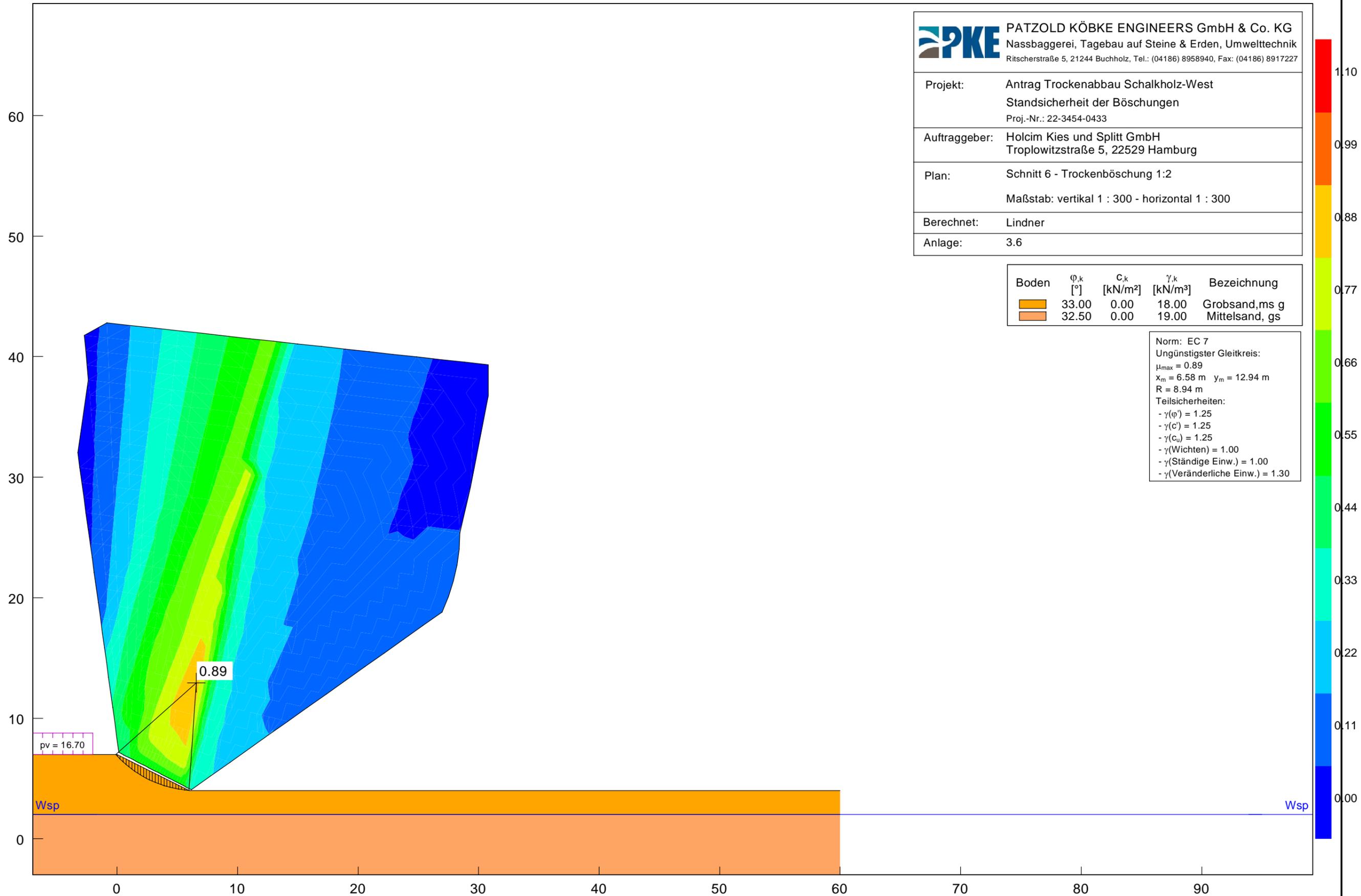
Plan: Schnitt 6 - Trockenböschung 1:2  
Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300

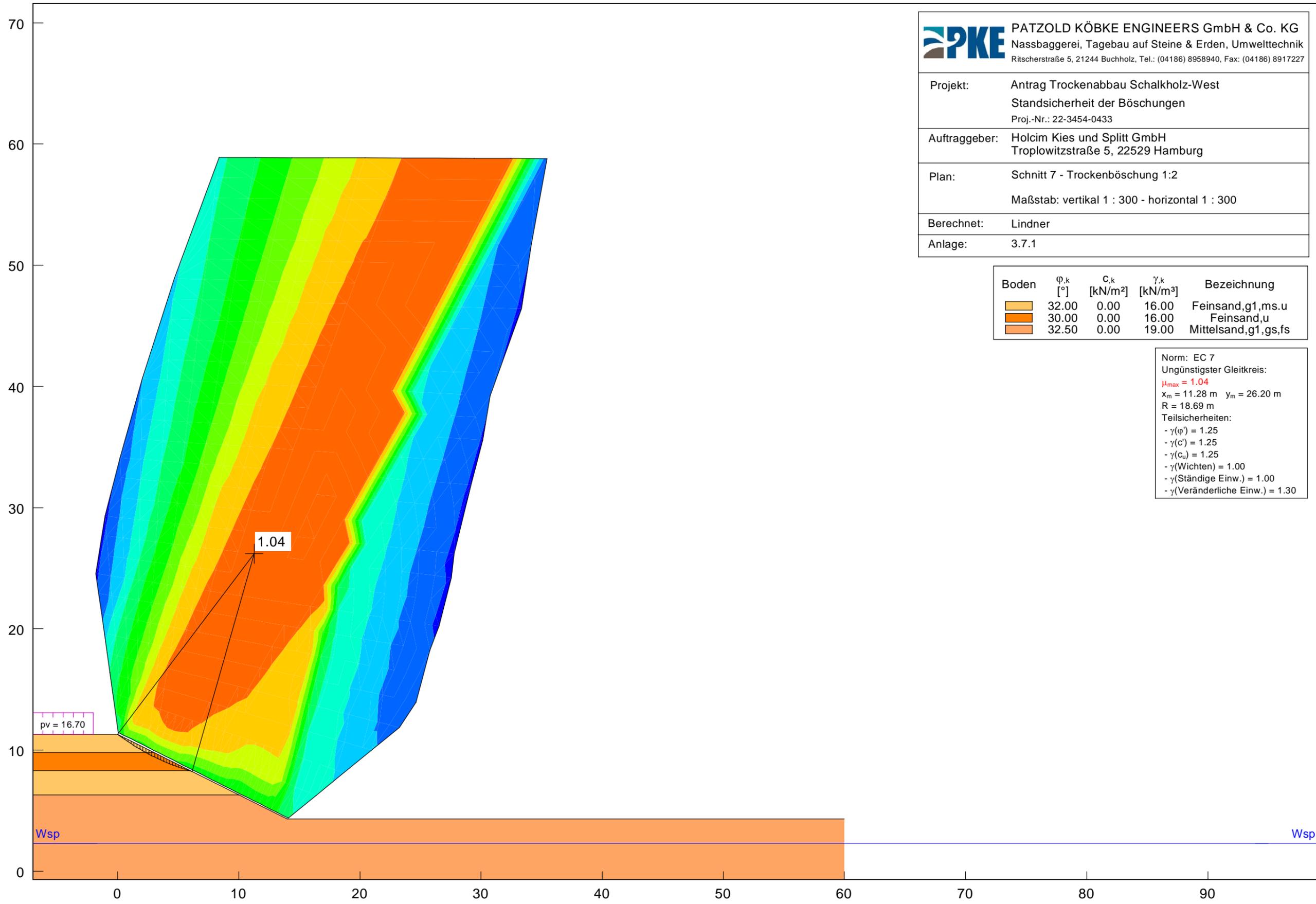
Berechnet: Lindner

Anlage: 3.6

Boden	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	33.00	0.00	18.00	Grobsand, ms g
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand, gs

Norm: EC 7  
Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.89$   
 $x_m = 6.58 \text{ m}$   $y_m = 12.94 \text{ m}$   
 $R = 8.94 \text{ m}$   
Teilsicherheiten:  
-  $\gamma(\varphi') = 1.25$   
-  $\gamma(c') = 1.25$   
-  $\gamma(c_u) = 1.25$   
-  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
-  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
-  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$





**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt: Antrag Trockenabbau Schalkholz-West  
 Standsicherheit der Böschungen  
 Proj.-Nr.: 22-3454-0433

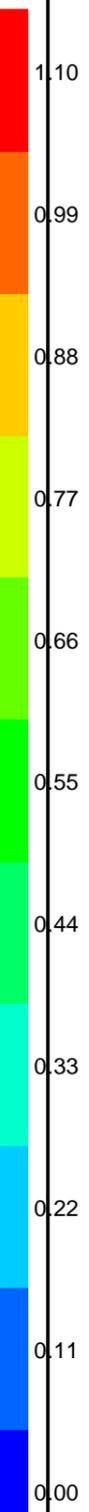
Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH  
 Troplowitzstraße 5, 22529 Hamburg

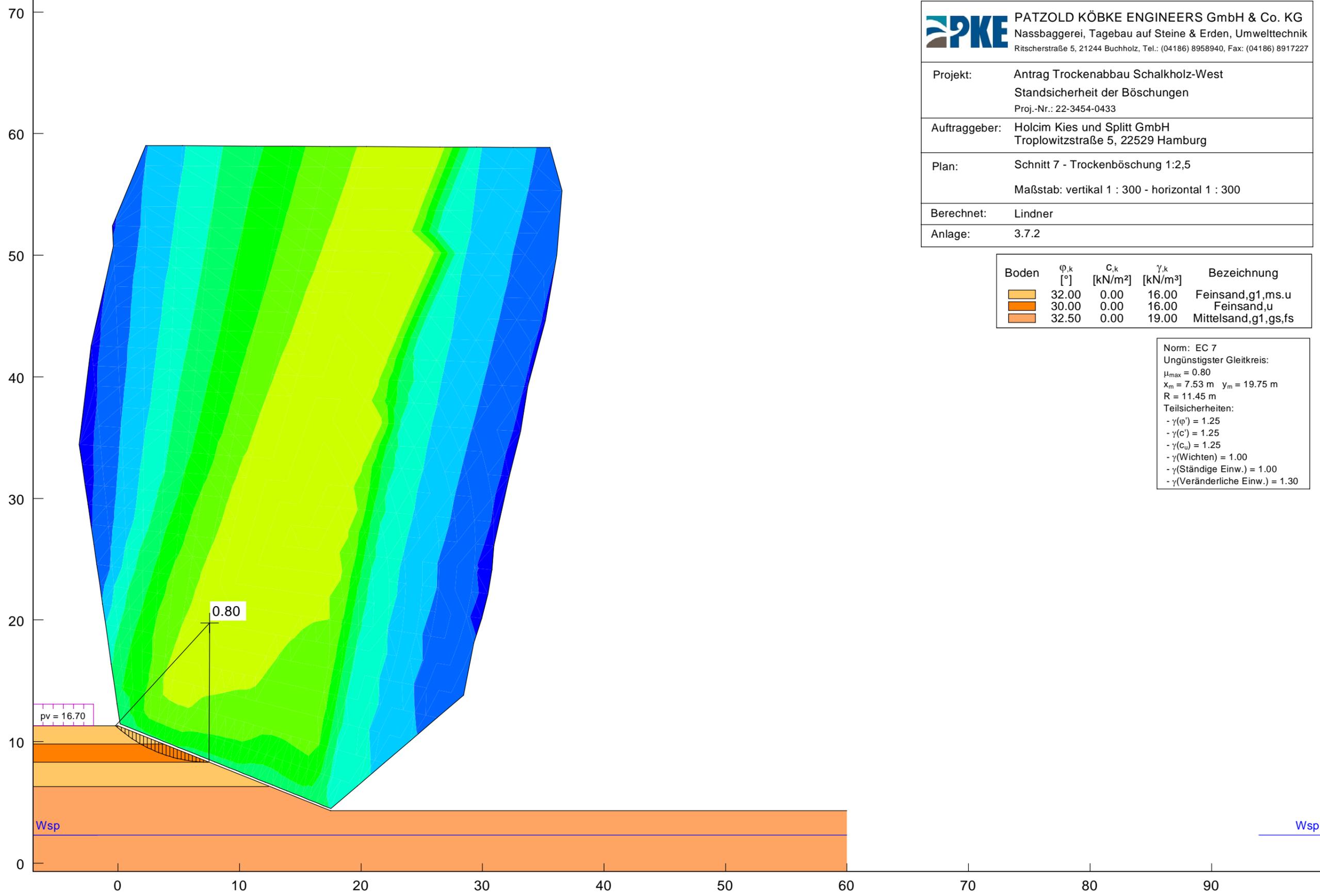
Plan: Schnitt 7 - Trockenböschung 1:2  
 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300

Berechnet: Lindner  
 Anlage: 3.7.1

Boden	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.00	0.00	16.00	Feinsand,g1,ms.u
	30.00	0.00	16.00	Feinsand,u
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand,g1,gs,fs

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 1.04$   
 $x_m = 11.28$  m  $y_m = 26.20$  m  
 $R = 18.69$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$





**PKE** PATZOLD KÖBKE ENGINEERS GmbH & Co. KG  
 Nassbaggerei, Tagebau auf Steine & Erden, Umwelttechnik  
 Ritscherstraße 5, 21244 Buchholz, Tel.: (04186) 8958940, Fax: (04186) 8917227

Projekt: Antrag Trockenabbau Schalkholz-West  
 Standsicherheit der Böschungen  
 Proj.-Nr.: 22-3454-0433

Auftraggeber: Holcim Kies und Splitt GmbH  
 Troplowitzstraße 5, 22529 Hamburg

Plan: Schnitt 7 - Trockenböschung 1:2,5  
 Maßstab: vertikal 1 : 300 - horizontal 1 : 300

Berechnet: Lindner

Anlage: 3.7.2

Boden	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	32.00	0.00	16.00	Feinsand,g1,ms.u
	30.00	0.00	16.00	Feinsand,u
	32.50	0.00	19.00	Mittelsand,g1,gs,fs

Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.80$   
 $x_m = 7.53 \text{ m}$   $y_m = 19.75 \text{ m}$   
 $R = 11.45 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\varphi) = 1.25$   
 -  $\gamma(c) = 1.25$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.25$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$