



Dr. Ebel & Co. GmbH, St.-Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach

Geotechnik Baugrunduntersuchungen Erdstatik
Gründungsberatung Hydrogeologie Steine-Erden

RAPP + SCHMID
Infrastrukturplanung GmbH
Im Espach 5

Telefon 075 64 / 94897-10 Telefax 075 64 / 94897-99
E-Mail info@geotechnik-ebel.de

88444 Ummendorf

per E-Mail schmid@rsi-bc.de

Datum: 31.01.2023
Bearbeiter: Dr.-Ing. Olaf Düser
☎ 07564 / 94897-13
Projekt Nr.: 210805

Hochwasserrückhalt im Flussgebiet Dürnach-Saubach Hochwasserrückhaltebecken Mittlere Halde

Geotechnische Stellungnahme Nr. 2 Sonderbetrachtungen zur Dammüberströmung

Inhalt

- 1 Vorgang und Veranlassung
- 2 Grundlagen
- 3 Ergebnisse der geohydraulischen und erdstatischen Betrachtungen
- 4 Empfehlungen

Anlagen

- 1 Berechnungsmodell
- 2.1-2 Randbedingungen (5 Blatt)
- 3.1.1-3 Geohydraulik stationär (3 Blatt)
- 3.2-3 Geohydraulik instationär (5 Blatt)
- 4.1-7 Böschungsbruch (7 Blatt)

Geschäftsführer:
Dipl.-Geol. Norbert Dostler
Dr.-Ing. Olaf Düser
Dipl.-Geol. Peter Lath
Dipl.-Ing. Stefan Niefer
Dr. rer. nat. Michael Strohmenger

Zweigstelle Bayern:
Leiterberg 5a
87488 Betzigau
Tel. 08304 / 9298-26
Fax. 08304 / 9298-36

Bankverbindung:
Volksbank Biberach eG
IBAN:
DE 74 63 0901 0001 4284 6007
BIC: ULM VDE 66

Sitz: Bad Wurzach – Arnach
Gerichtsstand: Leutkirch i. A.
Handelsregister: HRB 617-L
Steuernummer: 91060/31136



Unterlagen

- [U1] DR. EBEL & CO. INGENIEURGESELLSCHAFT MBH, Bad Wurzach:
 - a) Geotechnischer Grundlagenbericht AZ 210801: Hochwasserrückhalt im Flussgebiet Dürnach-Saubach; 24.09.2021
 - b) Geotechnischer Untersuchungsbericht AZ 210805: Hochwasserrückhalt im Flussgebiet Dürnach-Saubach; Maselheim, Hochwasserrückhaltebecken Mittlere Halde; 31.03.2022
 - c) Geotechnische Stellungnahme Nr. 1 AZ 210805: Hochwasserrückhalt im Flussgebiet Dürnach-Saubach; 13.09.2022
- [U2] Lageplan und Systemschnitte, HRB Mittlere Halde, per E-Mail von RSI, Ummendorf, am 10.01.2023 erhalten
- [U3] Die Küste; Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee, EAK 2002, 3. korrigierte Ausgabe 2020, Verlag BAW, Karlsruhe 2020
- [U4] EurOtop; Manual on wave overtopping of sea defences and related structures, 2. Edition 2018, www.overtopping-manual.com
- [U5] Belastung der Binnenböschung von Seedeichen durch Wellenüberlauf -Abschlußbericht-, LWI Bericht Nr. 872, Braunschweig/Essen, November 2001
- [U6] LORKE, L., POHL, R. & SCHÜTTRUMPF, H. (2012): Wellenüberlauf an Flusssdeichen; Wasserwirtschaft Heft 12/2012, Verlag Vieweg+Teubner, Wiesbaden
- [U7] Neue naturnahe Bauweisen für überströmbare Dämme an dezentralen Hochwasserrückhaltebecken und Erprobung von Erkundungsmethoden zur Beurteilung der Sicherheit von Absperrdämmen; Universität Stuttgart, Institut für Wasserbau, Förderkennz.: BWC20004, April 2003
- [U8] LECHER, K., LÜHR, H.-P. & ZANKE, U.C.E. (2021): Taschenbuch der Wasserwirtschaft; 10 . Aufl., Springer-Verlag, Berlin 2021

1 Vorgang und Veranlassung

Der Dammkörper des Hochwasserrückhaltebeckens Mittlere Halde wurde zunächst mit Böschungsneigungen von 1:3 luft- und wasserseitig, einer Kronenhöhe von 556,25 m+NN und einem Freibordmaß von einem Meter geplant.

Von Seiten der Planung ergab sich die Frage, ob ein Dammkörper mit einer Kronenhöhe von 555,46 m+NN ohne Freibord sowie einer luft- und wasserseitigen Böschungsneigung von 1:2,5 ebenfalls standsicher wäre, s [U2].

Die in [U1b] entwickelten Maßnahmen zur Erlangung ausreichender Standsicherheit (Stabilisierung des Erdstoffs für den Dammbau mit hydraulisch wirkendem Bindemittel, ggf. Einbau von dehnsteifen Geogitterlagen) sollte weiterhin berücksichtigt werden.



2 Grundlagen

2.1 Berechnungsmodell

Für die nachfolgenden Betrachtungen gelten die Grundlagen gemäß [U1b]. Das Berechnungsmodell ist in Anlage 1 mit folgenden Angaben dargestellt:

- Kronenbreite: 5 m,
- Böschungsneigung beidseitig: 1:2,5,
- Kronenhöhe über Gelände: $555,46 \text{ m} + \text{NN} - 548,0 \text{ m} + \text{NN} = 7,46 \text{ m} \approx 7,5 \text{ m}$.

2.2 Scherfestigkeit des stabilisierten Dammbaumaterials

Für die Standsicherheitsbetrachtungen gemäß [U1b] wurden für den mit hydraulischem Bindemittel stabilisierten Dammstützkörper folgende charakteristische Festigkeitswerte berücksichtigt:

Innerer Reibungswinkel: $\varphi' = 27,5^\circ$,

Kohäsion: $c' = 5 \text{ kN/m}^2$

Aus diesen Kennwerten lässt sich mit Hilfe des Spannungskreises nach MOHR die einaxiale Druckfestigkeit q_u gemäß Anlage 2.1.1 zu rd. 20 kN/m^2 ableiten.

Bei gleichbleibendem Inneren Reibungswinkel würde bei Kohäsionswerten von $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ oder $c' = 17,5 \text{ kN/m}^2$ der Mindestwert der einaxialen Druckfestigkeit bei rd. 35 kN/m^2 bzw. rd. 60 kN/m^2 liegen, s. Anlagen 2.1.2÷3.

2.3 Dammüberströmung

Es wurden die Forschungserkenntnisse zum Wellenüberlauf bei Seedeichen für die vorliegenden Verhältnisse angepasst. Bei den hier vorliegenden Verhältnissen (kleine Gewässeroberfläche, geringe Energieeintragslänge, kurze Winddauer etc.) ist eine ausgeprägte Windwellenentwicklung nicht zu erwarten. Die Dammkrone wird vereinfachend eben und die luftseitige Böschungsneigung mit 1:2,5 bei einer Böschungshöhe um 7,5 m berücksichtigt.

Zu erwarten ist bei voller Ausnutzung des Freibords ein flächiger Kronenüberlauf bei Überlastung des Stauraumvolumens. Unter Berücksichtigung der Formel für einen vollständigen Wehrüberfall über eine breite Krone, s. Anlage 2.2.1, ist für eine Überstauhöhe $h_{\bar{u}}$ von beispielsweise 0,2 m je Breitenmeter der Krone eine abfließende Wassermenge von $Q \approx 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ abzuschätzen. Die zugehörige Strömungsgeschwindigkeit an der binnenseitigen Dammkrone ist unter Berücksichtigung der Kontinuitätsgleichung in einer Größenordnung von $v = Q/A \approx 0,7 \text{ m/s}$ zu erwarten.

Die auftretende Schleppspannung, die das fließende Wasser auf den Untergrund überträgt, ist bei einer Böschungsneigung von 1:2,5 (gleiche Neigung der Energielinie vorausgesetzt) bei einer Wassertiefe um 0,2 m mit rd. 800 N/m^2 zu erwarten.

Im Zuge der Überströmung auf der luftseitigen Böschung wird sich die Fließgeschwindigkeit erhöhen. Infolge Kontinuität ($Q = v \cdot A$) wird es dabei zu einer abnehmenden Fließtiefe kommen. Dispersions-, Versickerungs- und Verdunstungseffekte bleiben unberücksichtigt. Mit den Angaben in Anlage 2.2.2 kann unter Verwendung der Eingangsparameter:



- Wassertiefe an der luftseitigen Böschungsschulter: $h_0 = 0,2 \text{ m}$,
- Fließgeschwindigkeit an der luftseitigen Böschungsschulter: $v_0 = 1 \text{ m/s}$,
- Böschungswinkel: $\beta = 21,8^\circ$,
- Reibungswiderstand bei Grasbewuchs: $f = 0,01$,
- Fließstrecke: $s_b \approx 18 \text{ m}$,

eine Fließgeschwindigkeit $v_b \approx 1,7 \text{ m/s}$ abgeschätzt werden. Die Fließtiefe nimmt im Streckenverlauf auf $h_b \approx 0,12 \text{ m}$ ab.

Die Grenztiefe $h_{gr} = (q^2/g)^{1/3}$ ist für $Q = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ mit $0,12 \text{ m}$ abzuschätzen. Die zugehörige Grenzgeschwindigkeit $v_{gr} = (g \cdot h_{gr})^{0,5}$ ergibt sich dabei zu $1,1 \text{ m/s}$. Im Sohlbereich der Böschung herrscht damit schießender Abfluss ($v_b > v_{gr}$) vor.

3 Ergebnisse der erdstatischen und geohydraulischen Berechnungen

3.1 Geohydraulik

Stationär

In Anlage 3.1 ist die Äquipotenzialverteilung für einen Kronenstau bei $555,46 \text{ m}+\text{NN}$ dargestellt. Die Sickerlinie wird von der integrierten Fußdränage eingefangen. Durch die Sohldruckentspannung liegt das binnenseitige Druckpotenzial auf Geländeniveau. Bei einem Überstau bis zu einem Niveau von $555,7 \text{ m}+\text{NN}$ wird die Sickerlinie deutlich weiter in Richtung Luftseite im Dammverschoben, s. Anlage 3.1.2. Durch eine kräftigere Ausbildung des Dränagekörpers (Stranglänge um 10 m , Strangdicke um $0,9 \text{ m}$, schräger Endstummel) wird die Sickerlinienausbildung deutlich günstig beeinflusst, s. Anlage 3.1.3.

Instationär

In Anlage 3.2.1 ist das Strömungsbild bei gerade erreichtem bordvollen Niveau über eine Aufstauzeit von 24 h dargestellt. Wird dieses Einstauniveau über weitere 24 h gehalten; so entwickelt sich die Sickerfront im Dammkörper weiter, s. Anlage 3.2.2. Erfolgt nach diesem Zeitraum innerhalb von 12 h ein Überstau bis auf ein Niveau von $555,7 \text{ m}+\text{NN}$ und wird dieses Stauniveau über weitere 24 h gehalten, ergibt sich das in Anlage 3.2.3 dargestellte Strömungsbild. In dieses Bild ist eine vereinfachte Sickerlinienfront für die weiteren erdstatischen Berechnungen eingetragen. Erfolgt nach diesem Einstauszenario eine vollständige Stauration innerhalb von 24 h , verbleibt im Dammkörper ein „Sickerwasserberg“, s. Anlage 3.2.4.

Auf der luftseitigen Böschung wird es im Zuge der Überströmung zu einer Einsickerung in den Dammkörper kommen. Zur Abschätzung der Sickertiefe in den Dammkörper wurde ein einfaches ebenes Modell aufgebaut, s. Anlage 3.3. Es wurde eine Überstauhöhe von $0,2 \text{ m}$ simuliert. Der Grundwasserstand wird einige Meter unter Gelände berücksichtigt. Bei einer Zeitdauer des Überstaus um 2 h wird die wasserdurchlässigere Deckschicht aufgesättigt. Die Sickerfront dringt um ca. $0,37 \text{ m}$ in den stabilisierten Dammsstützkörper ein.



3.2 Böschungsbruch

Es wird ein Überstauniveau bei 555,7 m+NN berücksichtigt. Der Ansatz der Sickerlinie erfolgt gemäß den instationären Berechnungen. Auf der Luftseite wirken infolge Überströmung böschungsparelle Kräfte in einer Größenordnung von 800 N/m (bezogen auf eine Modellbreite von einem Meter). Für die Bemessungssituation BS-T wird bei einem Kohäsionswert des Dammstützkörpermaterials von $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ der Ausnutzungsgrad μ mit einem Wert von 1,0 errechnet, s. Anlage 4.1. Der maximal zulässige Ausnutzungsgrad ist damit erreicht. Wird unter ansonsten gleichen Randbedingungen ein Kohäsionswert von $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt, können standsichere Verhältnisse mit einem Ausnutzungsgrad von knapp unter 1 errechnet werden, s. Anlage 4.2.

Bildet sich die Sickerlinie im Dammkörper hingegen deutlich stärker aus und erreicht annähernd stationäre Verhältnisse, errechnet sich ein Ausnutzungsgrad von deutlich über 1, s. Anlage 4.3. Mit einer Erhöhung der Kohäsion auf mindestens $17,5 \text{ kN/m}^2$ kann der Ausnutzungsgrad mit Werten gerade unter 1,0 nachgewiesen werden, s. Anlage 4.4.

Bei raschem Wasserspiegelabsink vom Kronenstauniveau wird es zu Sickerwasserausströmungen in Richtung Stauraum kommen. Für einen Kohäsionswert des Stützkörpers von 10 kN/m^2 liegt in der Bemessungssituation BS-P und bei Wirkung einer Verkehrslast auf der Dammböschung der Ausnutzungsgrad über 1, s. Anlage 4.5. Erst mit einer Erhöhung des Kohäsionswertes auf $17,5 \text{ kN/m}^2$ kann unter ansonsten gleichen Bedingungen ein Ausnutzungsgrad von unter 1 nachgewiesen werden, s. Anlage 4.6.

Alternativ wird wie in [U1b] verwendet der Einsatz von drei Lagen Geogitter erforderlich; der zugehörige Kohäsionswert ist in dieser Situation mit mindestens $c' = 10 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

4 Empfehlungen

Auf Basis der vorliegenden Detailbetrachtungen sind folgende Aspekte bei den weiteren Planungen zu diskutieren und ggf. zu berücksichtigen:

- Der Scherparameter Kohäsion im Dammstützkörper ist zu erhöhen, um die zusätzlichen Krafteinwirkungen aus dem Kronenstau mit Überströmung standsicher abtragen zu können. Ggf. kann in diesem Zusammenhang auf den Einbau von dehnsteifen Geogittern verzichtet werden.
- Die Fußdränage ist kräftiger auszubilden (Länge mindestens 10 m, Dicke um 0,9 m, Fassungsstummel).
- Im Zuge von Dammüberströmung werden am luftseitigen Fuß erhebliche erosionsfördernde Kräfte wirken (Fließwechsel mit Deckwalzenausbildung). Zur Verhinderung sind am luftseitigen Dammfuß Erosionsschutzmaßnahmen zu ergreifen.
- Die Dammkrone ist gegen Erosionserscheinungen infolge Überströmung besonders zu schützen (z.B. kronenebenes und zur Tiefe verankertes Betonbord am luftseitigen Schulterbereich).



Anzumerken bleibt, dass es bei einer Überströmung luftseitig in der Dammböschung zu Erosionserscheinungen in der durchwurzelter Deckschicht bis in den oberflächigen Übergang in den stabilisierten Stützkörper kommen kann. Diese Situation gefährdet zunächst noch nicht die Gesamtstandsicherheit des Dammkörpers, wenn eine unverzügliche Reparatur erfolgt.

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Olaf Düser

Dr. Ebel

Olaf Düser

Dr. Ebel & Co. GmbH

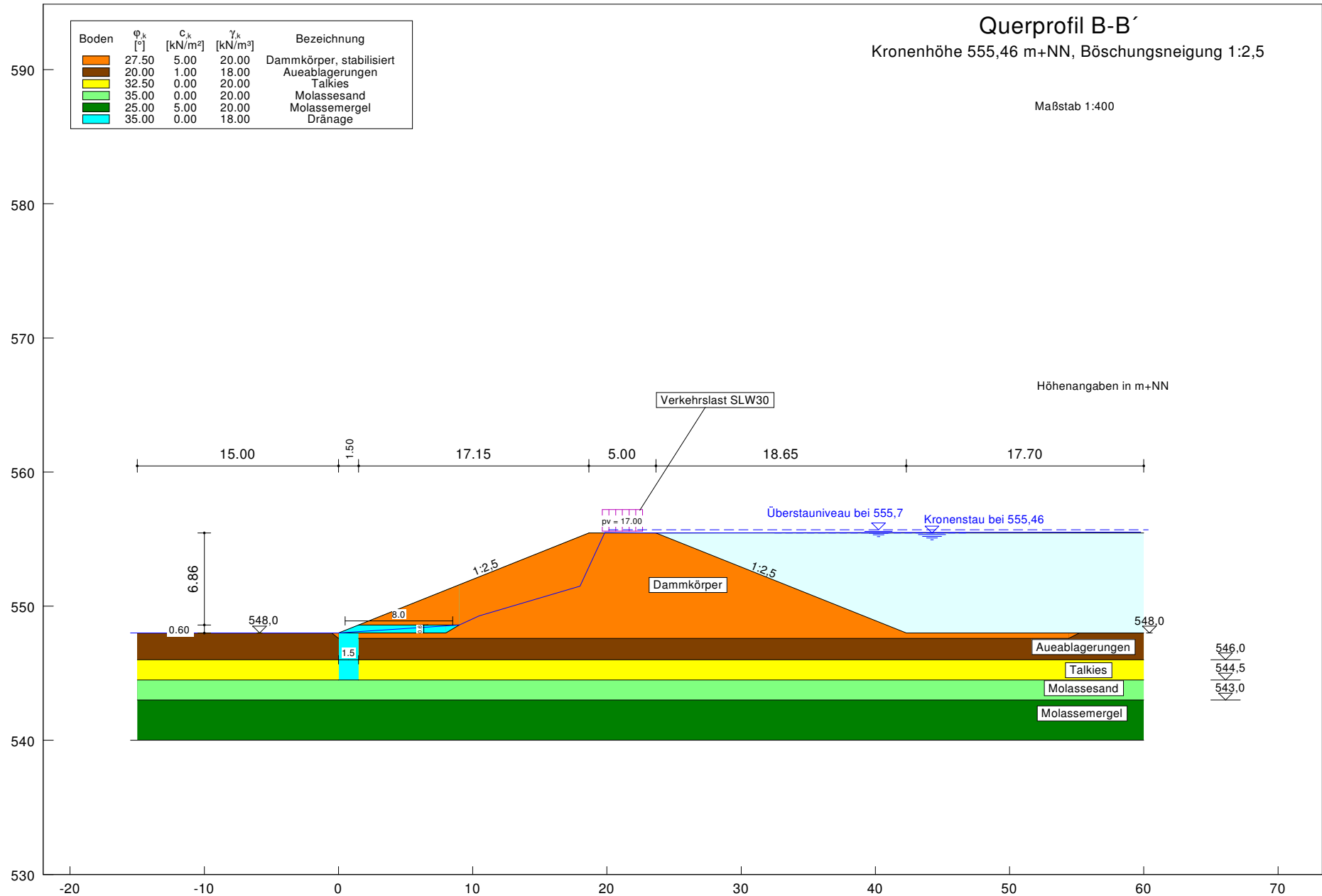


Berechnungsquerschnitt

Querprofil B-B'
 Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5

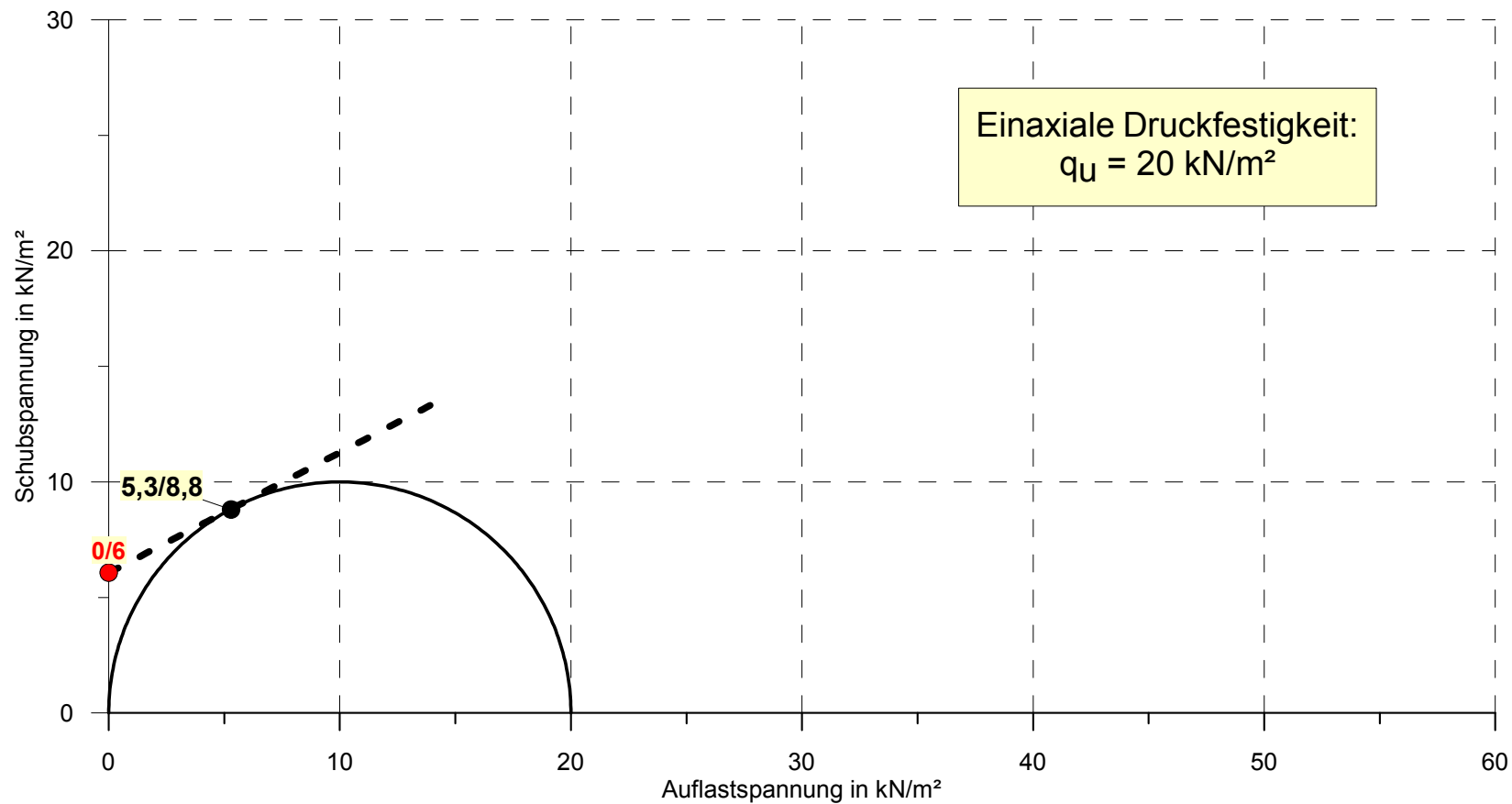
Maßstab 1:400

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
Orange	27.50	5.00	20.00	Dammkörper, stabilisiert
Braun	20.00	1.00	18.00	Aueablagerungen
Gelb	32.50	0.00	20.00	Talkies
Hellgrün	35.00	0.00	20.00	Molassesand
Dunkelgrün	25.00	5.00	20.00	Molassemergel
Blau	35.00	0.00	18.00	Dränage



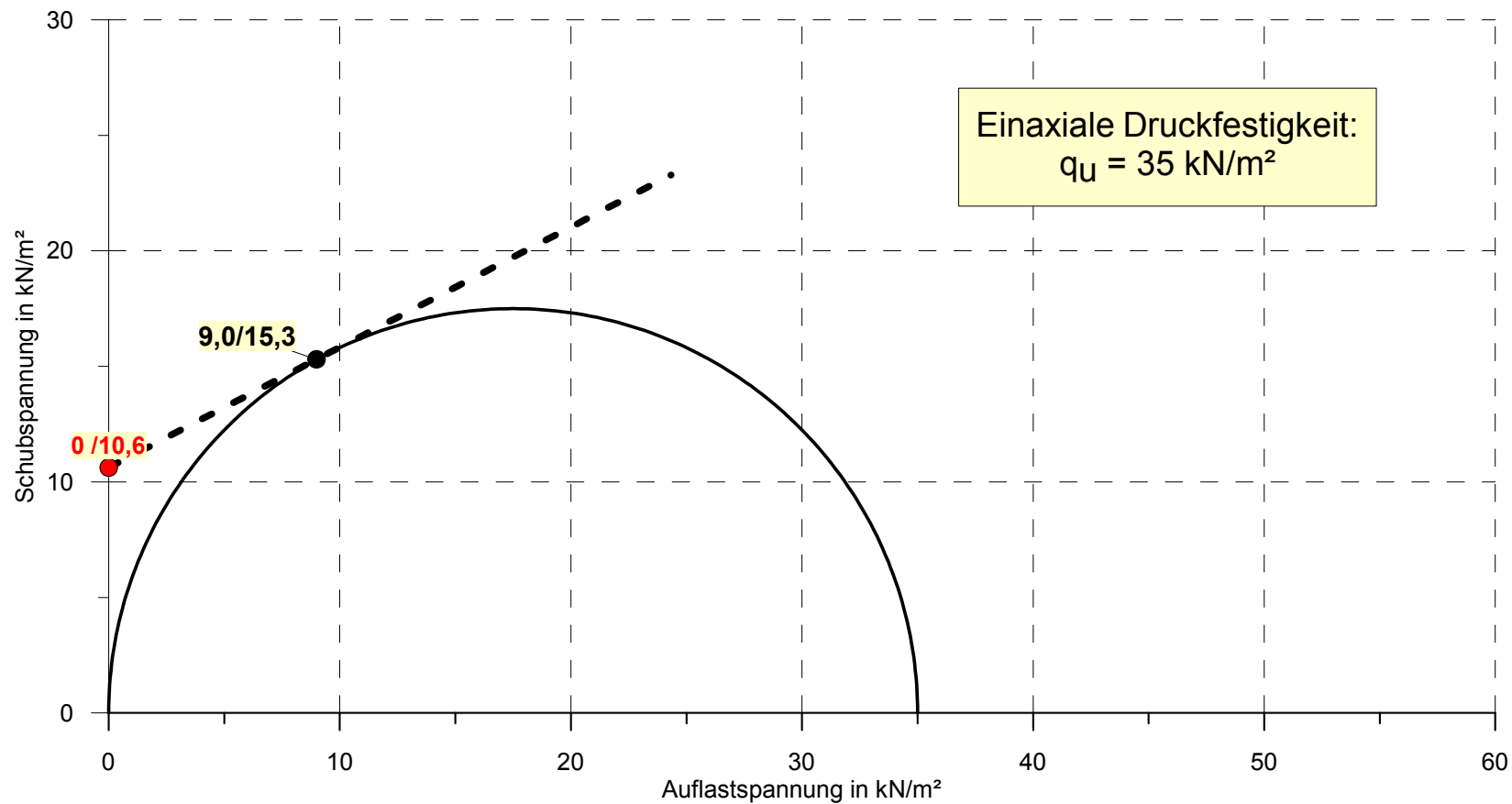
Mohrscher Spannungskreis Abschätzung der Mindestdruckfestigkeit unter Berücksichtigung der verwendeten Scherparameter

Scherparameter: $\varphi' = 27,5^\circ$, $c' = 5 \text{ kN/m}^2$



Mohrscher Spannungskreis Abschätzung der Mindestdruckfestigkeit unter Berücksichtigung der verwendeten Scherparameter

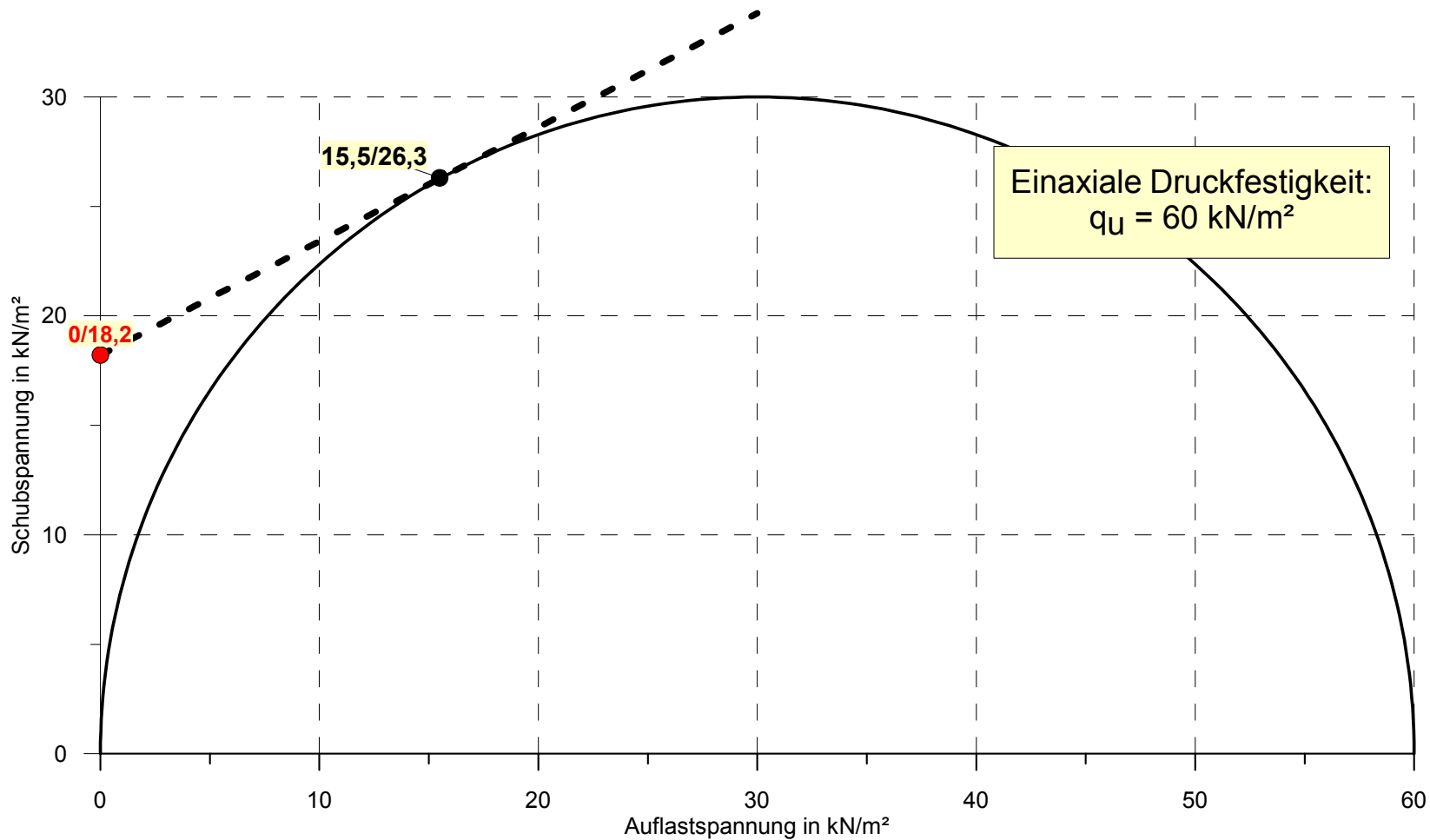
Scherparameter: $\varphi' = 27,5^\circ$, $c' = 10 \text{ kN/m}^2$

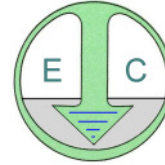


Mohrscher Spannungskreis

Abschätzung der Mindestdruckfestigkeit unter Berücksichtigung der verwendeten Scherparameter

Scherparameter: $\varphi' = 27,5^\circ$, $c' = 17,5 \text{ kN/m}^2$





Abschätzungen zur Dammüberströmung

1 Wehrüberströmung

Annahmen: vollkommener Überfall

Anströmgeschwindigkeit $v_0 \approx 0$ m/s

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_{\ddot{u}}^{1,5}$$

mit: Q: Überströmende Wassermenge in m³/s

b: Kronenbreite in m

g: Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

$h_{\ddot{u}}$: Überfallhöhe in m

μ : Überfallbeiwert; für breitre Kroniges Wehr hier $\mu \approx 0,5$

2 Kontinuität

$$Q = v \cdot A$$

mit: v: Strömungsgeschwindigkeit in m/s

A: durchströmter Querschnitt in m²

3 Sohlenschubspannung infolge Fließbewegung

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$$

mit: ρ : Dichte des Wassers in kg/m³

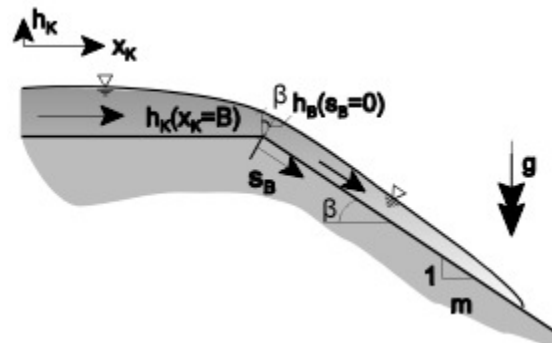
g: Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

r_{hy} : hydraulischer Radius, bei großer Breite ist $r_{hy} \approx h_{\ddot{u}}$ in m

I: Sohlengefälle in m/m



4 Fließgeschwindigkeit und Schichtdicke auf der luftseitigen Dammböschung bei Überströmung [U5]



$$v_B = \frac{v_0 + \frac{k_1 h_B}{f} \tanh\left(\frac{k_1 t}{2}\right)}{1 + \frac{f v_0}{h_B k_1} \tanh\left(\frac{k_1 t}{2}\right)}$$

mit:

$$t = -\frac{v_0}{g \sin\beta} + \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2 \sin^2\beta} + \frac{2 s_B}{g \sin\beta}} \quad \text{und} \quad k_1 = \sqrt{\frac{2 f g \sin\beta}{h_B}}$$

v_B = Überlaufgeschwindigkeit am Ort s_B (mit $v_0 = v_B(s_B=0)$)

h_B = Schichtdicke am Ort s_B (mit $h_0 = h_B(s_B=0)$)

t = Zeit [s]

g = Erdbeschleunigung [m/s^2]

f = Reibungsbeiwert [-]

β = Neigung der Binnenböschung [$^\circ$]

$$h_B = \frac{v_0 \cdot h_0}{v_B}$$

Reibungsbeiwert gemäß [U4] für eine grasbewachsene Böschung: $f \approx 0,01$

Geohydraulik, stationär

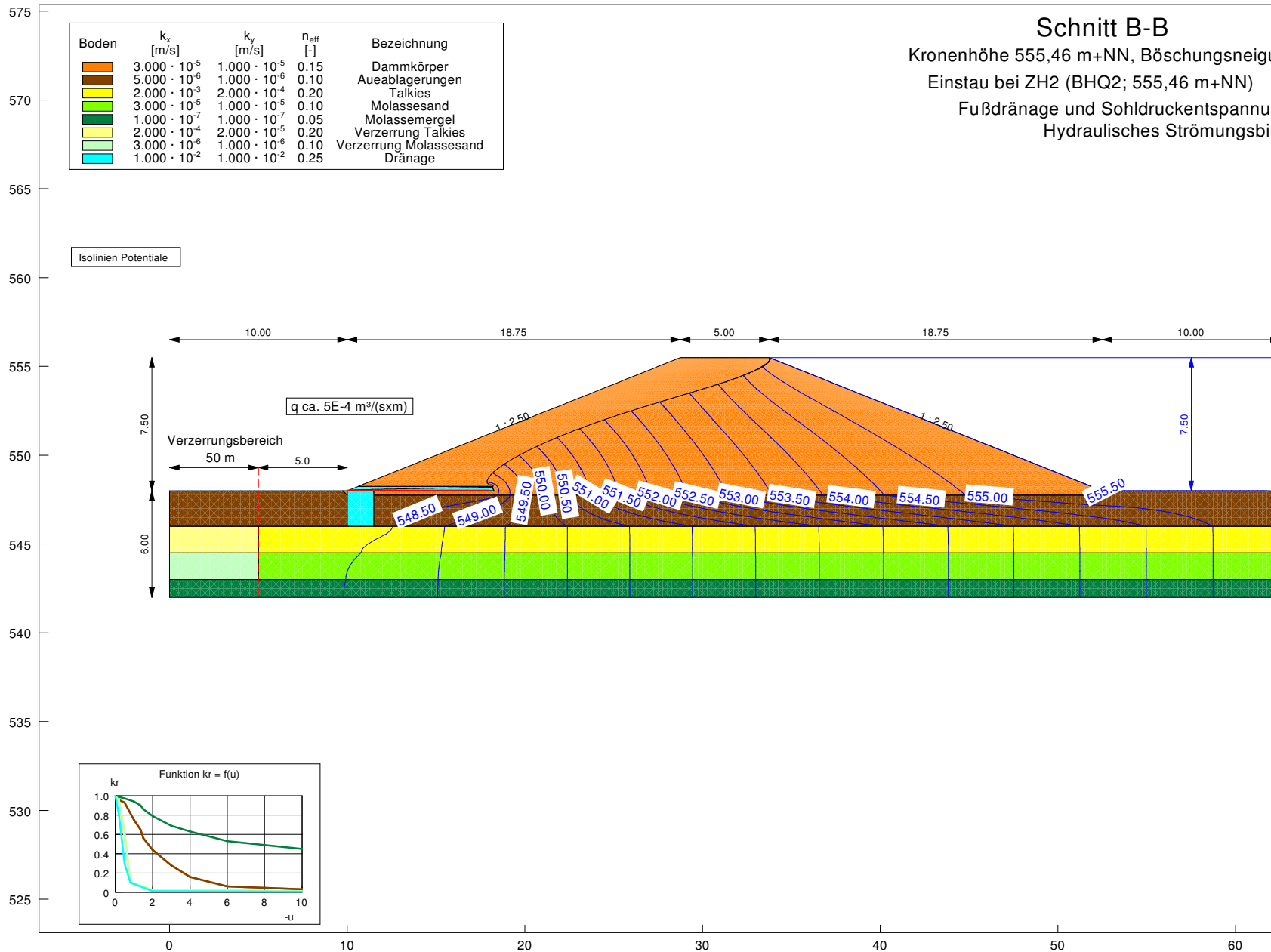
Schnitt B-B

Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5

Einstau bei ZH2 (BHQ2; 555,46 m+NN)

Fußdränage und Sohldruckentspannung

Hydraulisches Strömungsbild



Geohydraulik, stationär

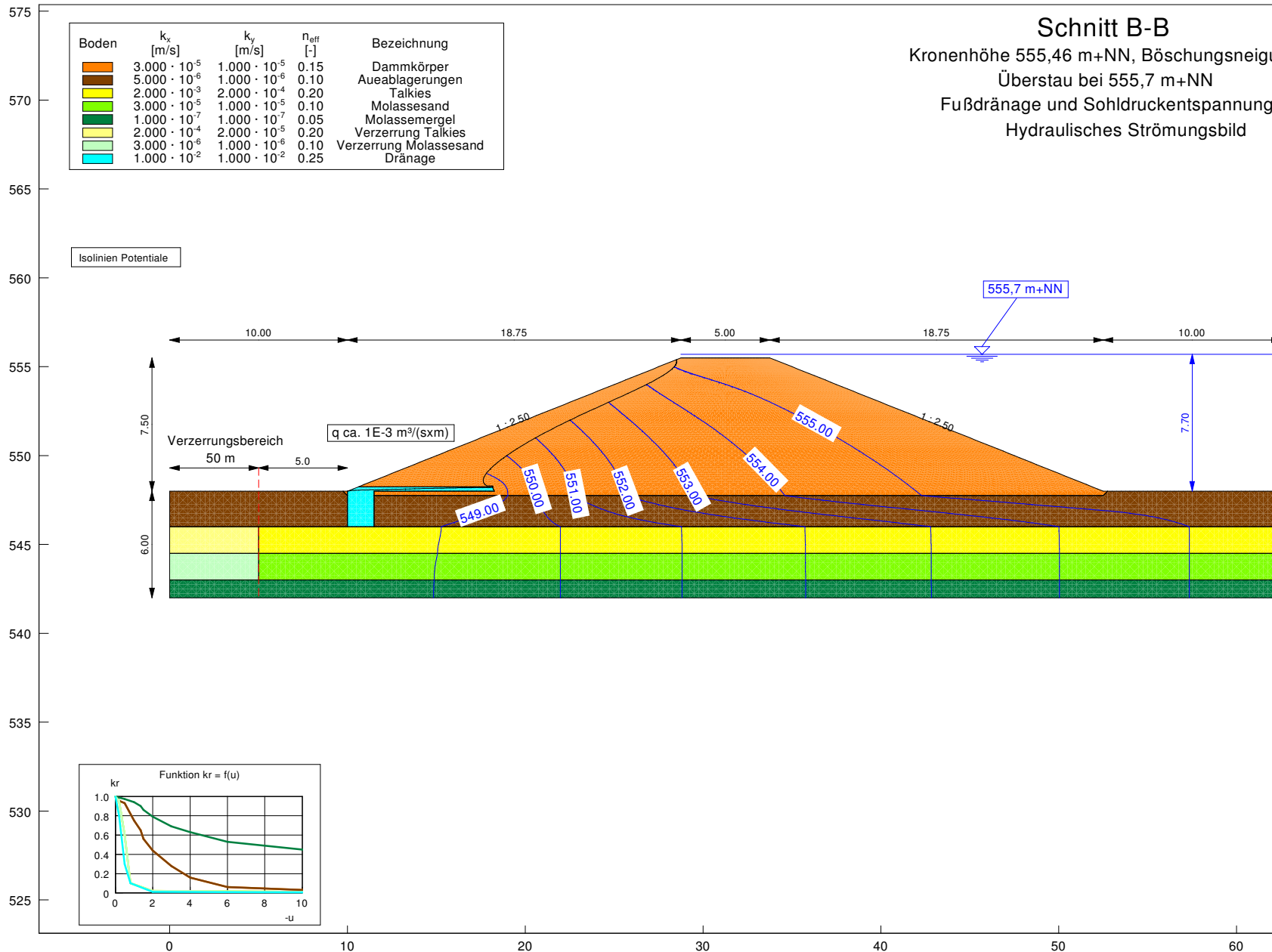
Schnitt B-B

Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5

Überstau bei 555,7 m+NN

Fußdränage und Sohldruckentspannung









Hydraulisches Strömungsbild

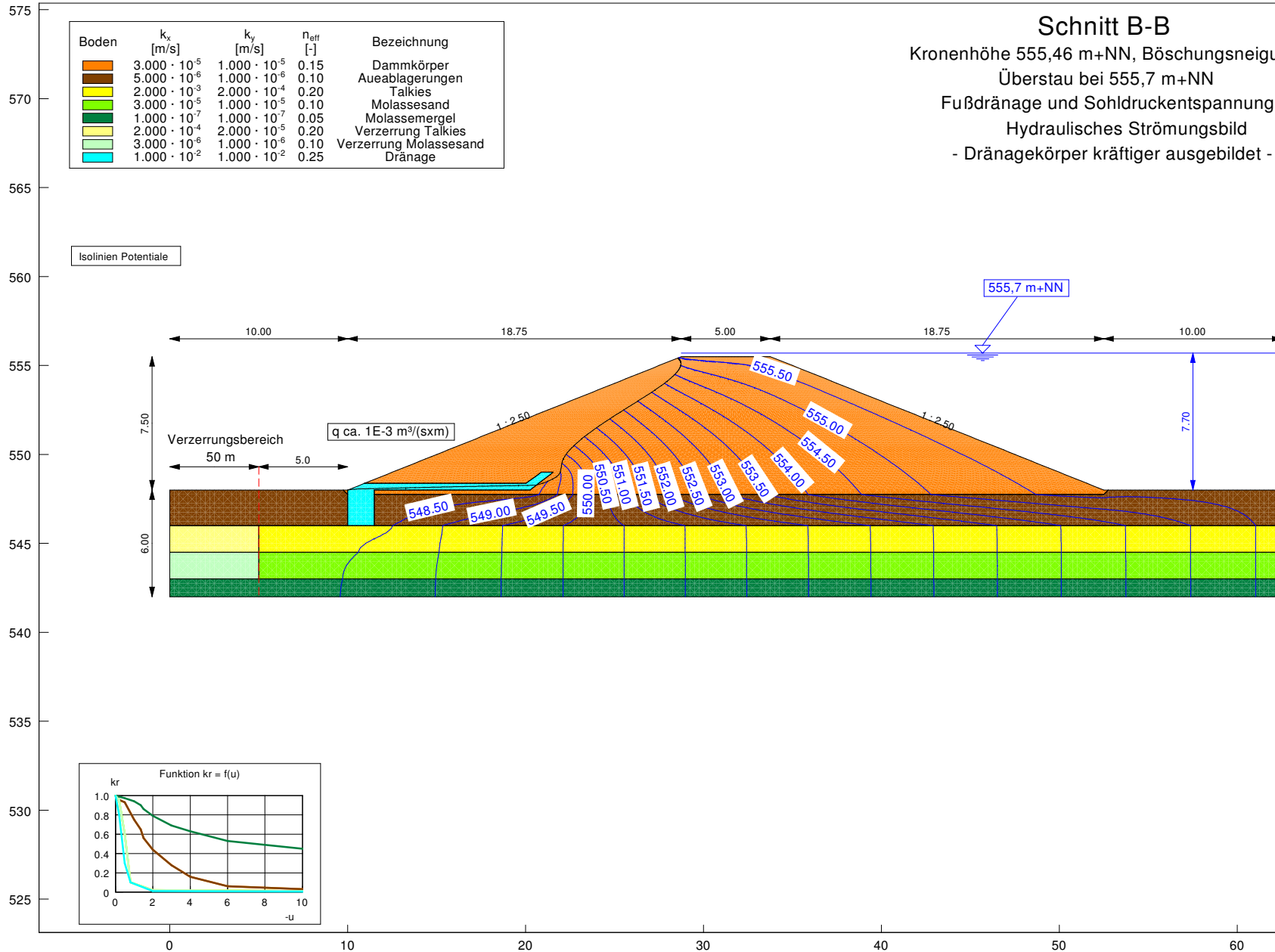


Geohydraulik, stationär

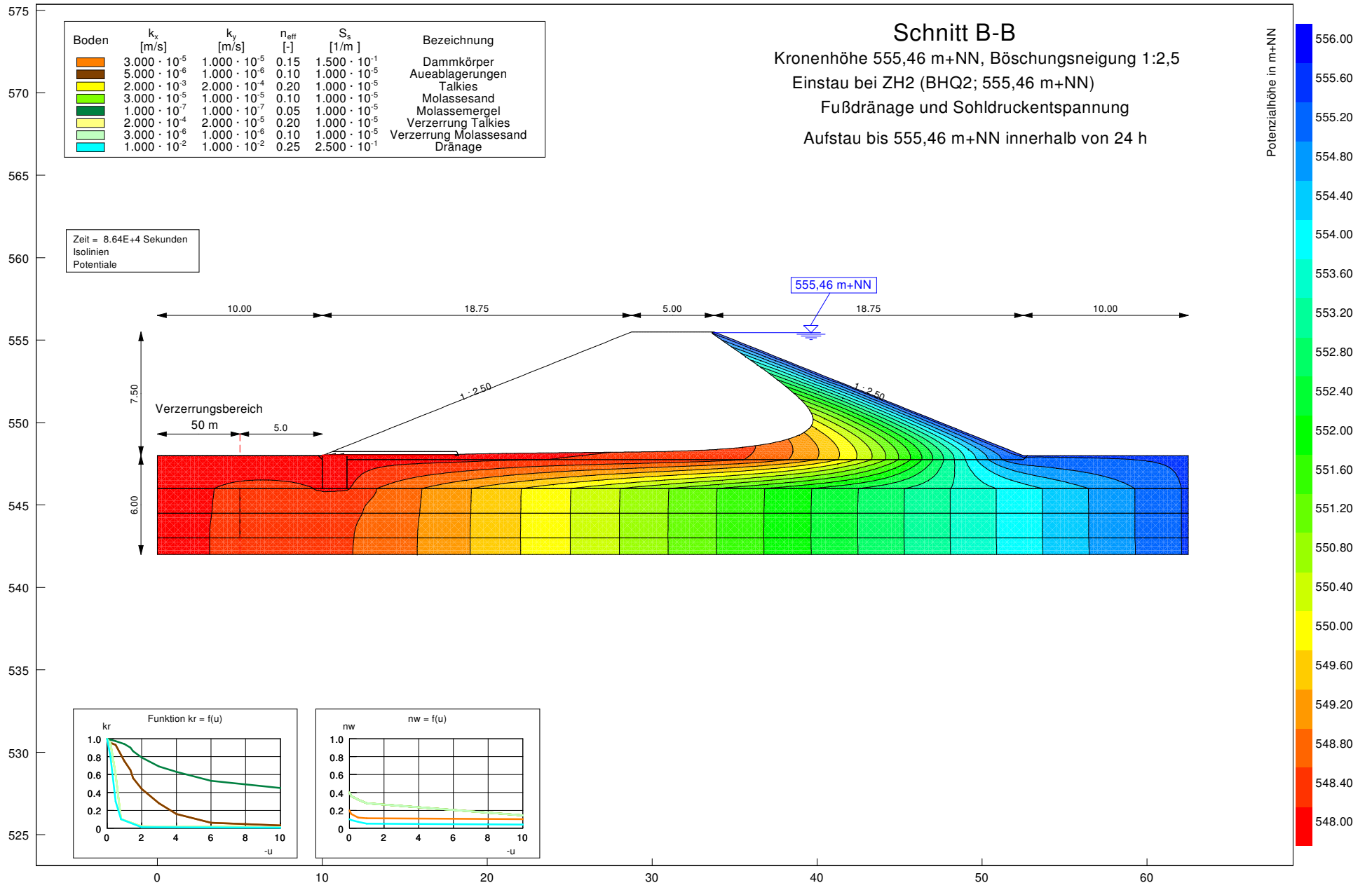
Schnitt B-B

Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5
 Überstau bei 555,7 m+NN
 Fußdränage und Sohldruckentspannung
 Hydraulisches Strömungsbild
 - Dränagekörper kräftiger ausgebildet -









Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$3.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	Dammkörper
	$5.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.10	Aueablagerungen
	$2.000 \cdot 10^{-3}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Talkies
	$3.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	Molassesand
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Molassemergel
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Verzerrung Talkies
	$3.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.10	Verzerrung Molassesand
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	Dränage



Geohydraulik, instationär

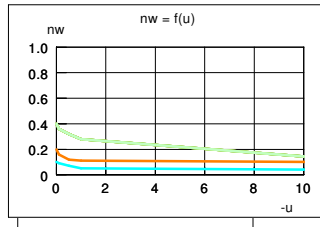
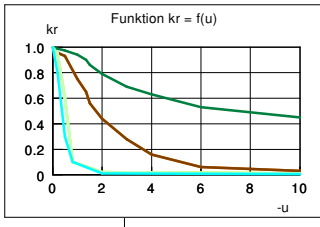
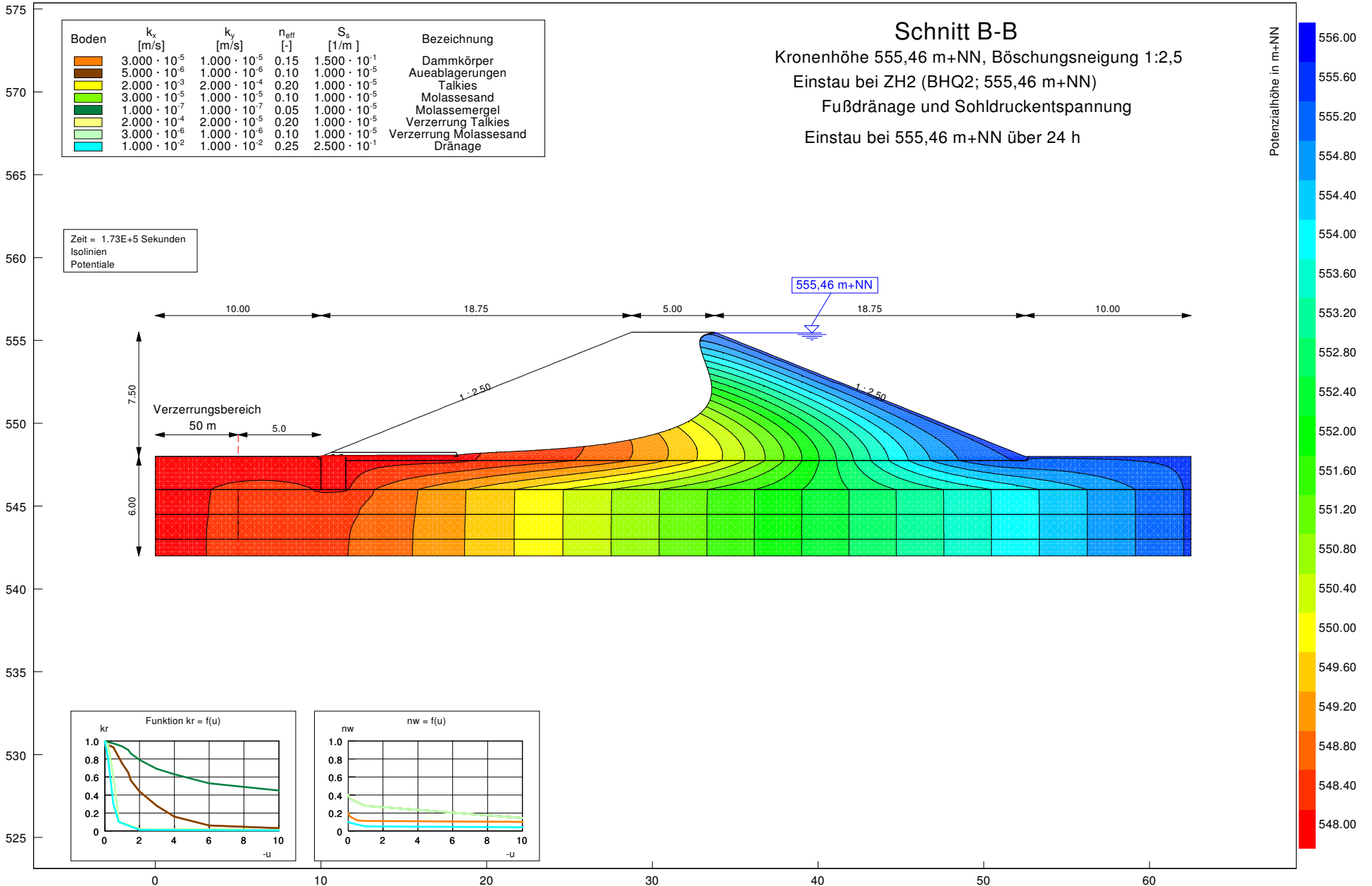


Geohydraulik, instationär

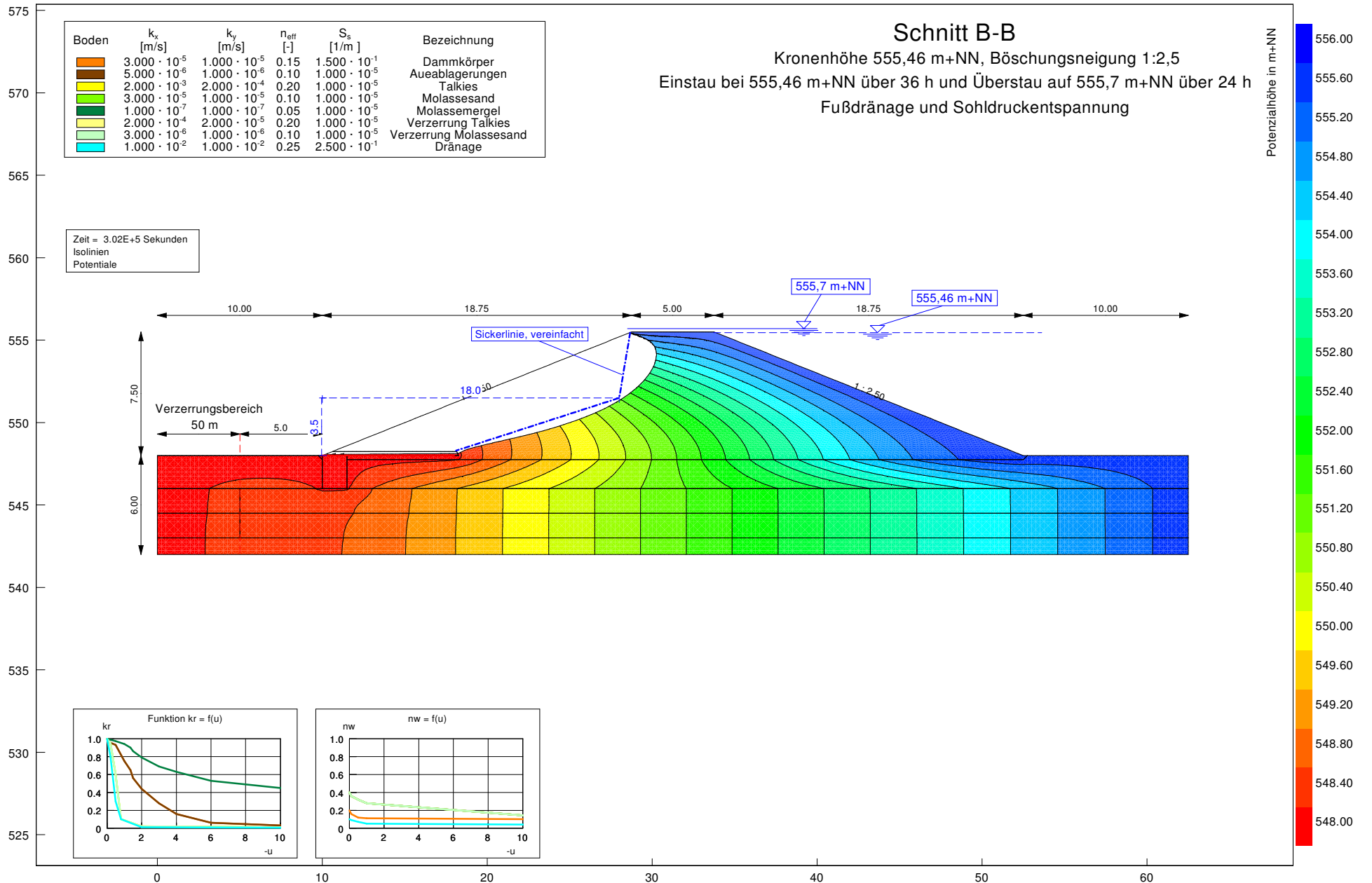
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$3.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	$1.500 \cdot 10^{-1}$	Dammkörper
	$5.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Aueablagerungen
	$2.000 \cdot 10^{-3}$	$2.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Talkies
	$3.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Molassesand
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Molassemergel
	$2.000 \cdot 10^{-4}$	$2.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Verzerrung Talkies
	$3.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Verzerrung Molassesand
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	$2.500 \cdot 10^{-1}$	Dränage

Schnitt B-B
 Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5
 Einstau bei ZH2 (BHQ2; 555,46 m+NN)
 Fußdränage und Sohldruckentspannung
 Einstau bei 555,46 m+NN über 24 h

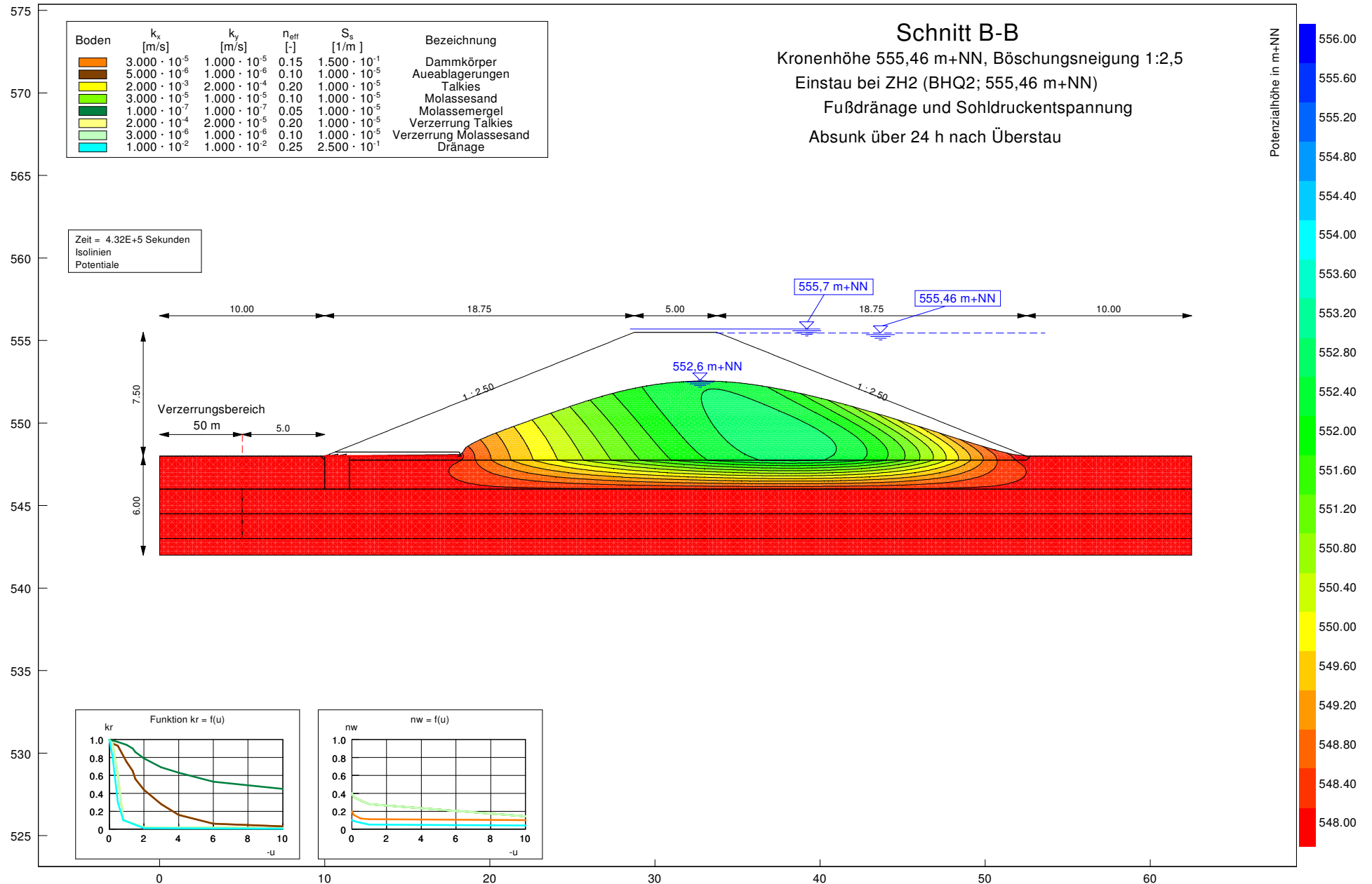
Zeit = 1.73E+5 Sekunden
 Isolinien
 Potentiale



Geohydraulik, instationär





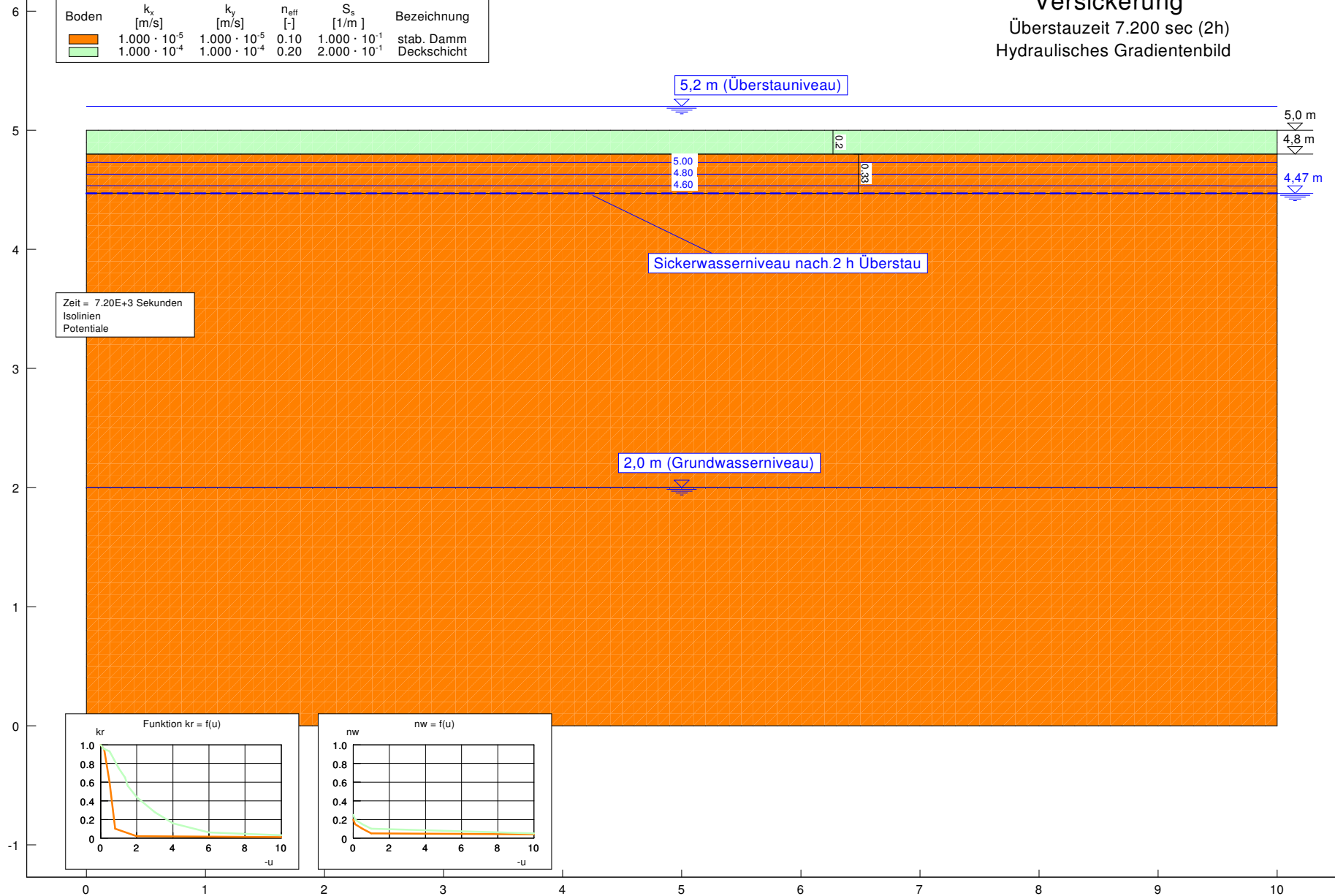
Geohydraulik, instationär



Geohydraulik, instationär

Versickerung
 Überstauzeit 7.200 sec (2h)
 Hydraulisches Gradientenbild

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-1}$	stab. Damm
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$2.000 \cdot 10^{-1}$	Deckschicht



Böschungsbruch

Querprofil B-B'

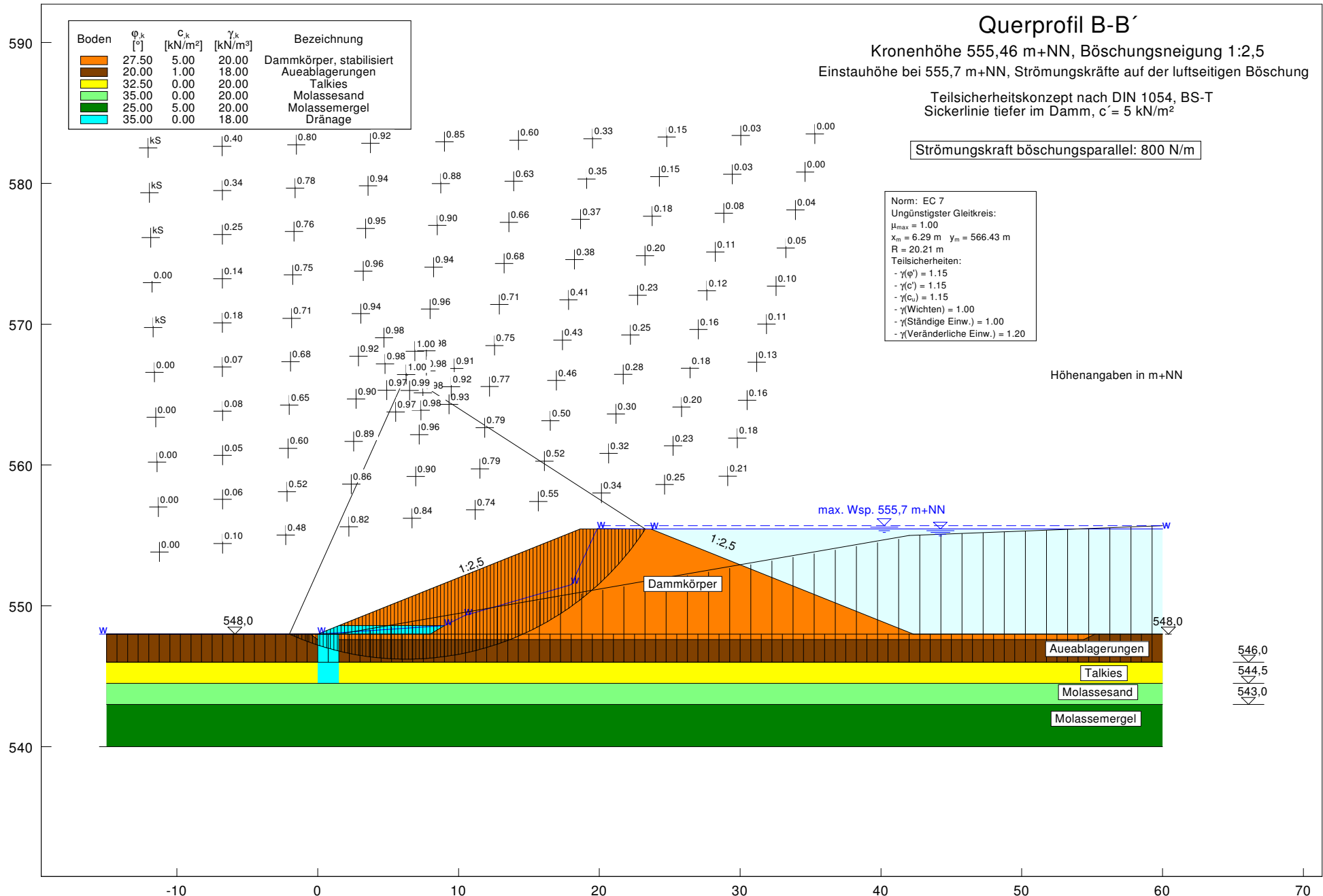
Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5
 Einstauhöhe bei 555,7 m+NN, Strömungskräfte auf der luftseitigen Böschung

Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-T
 Sickerlinie tiefer im Damm, $c' = 5 \text{ kN/m}^2$

Strömungskraft böschungsparell: 800 N/m

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{\max} = 1.00$
 $x_m = 6.29 \text{ m}$ $y_m = 566.43 \text{ m}$
 $R = 20.21 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Höhenangaben in m+NN



Böschungsbruch

Querprofil B-B'

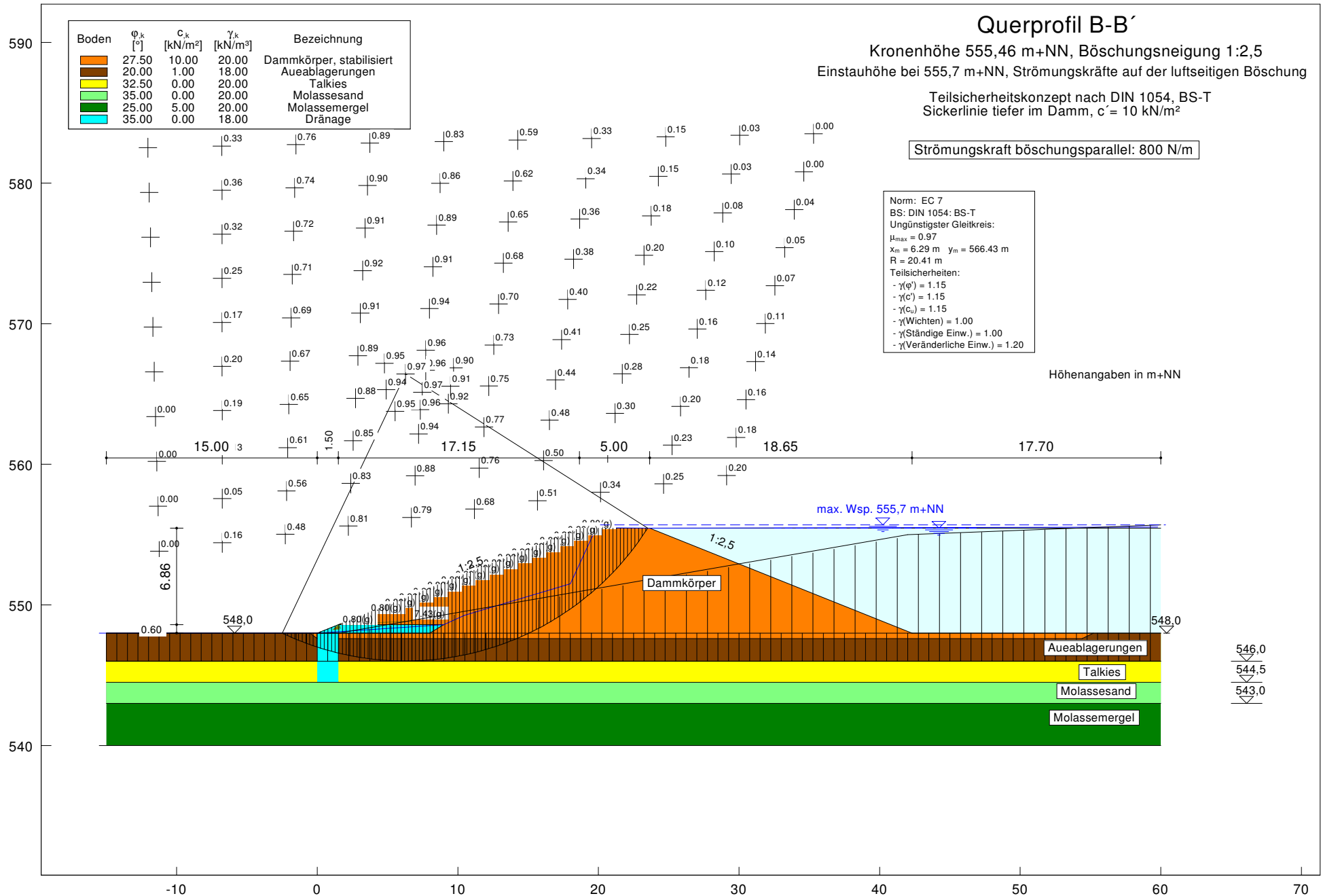
Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5
 Einstauhöhe bei 555,7 m+NN, Strömungskräfte auf der luftseitigen Böschung

Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-T
 Sickerlinie tiefer im Damm, $c' = 10 \text{ kN/m}^2$

Strömungskraft böschungsparell: 800 N/m

Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-T
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.97$
 $x_m = 6.29 \text{ m}$ $y_m = 566.43 \text{ m}$
 $R = 20.41 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Höhenangaben in m+NN



Böschungsbruch

Querprofil B-B'

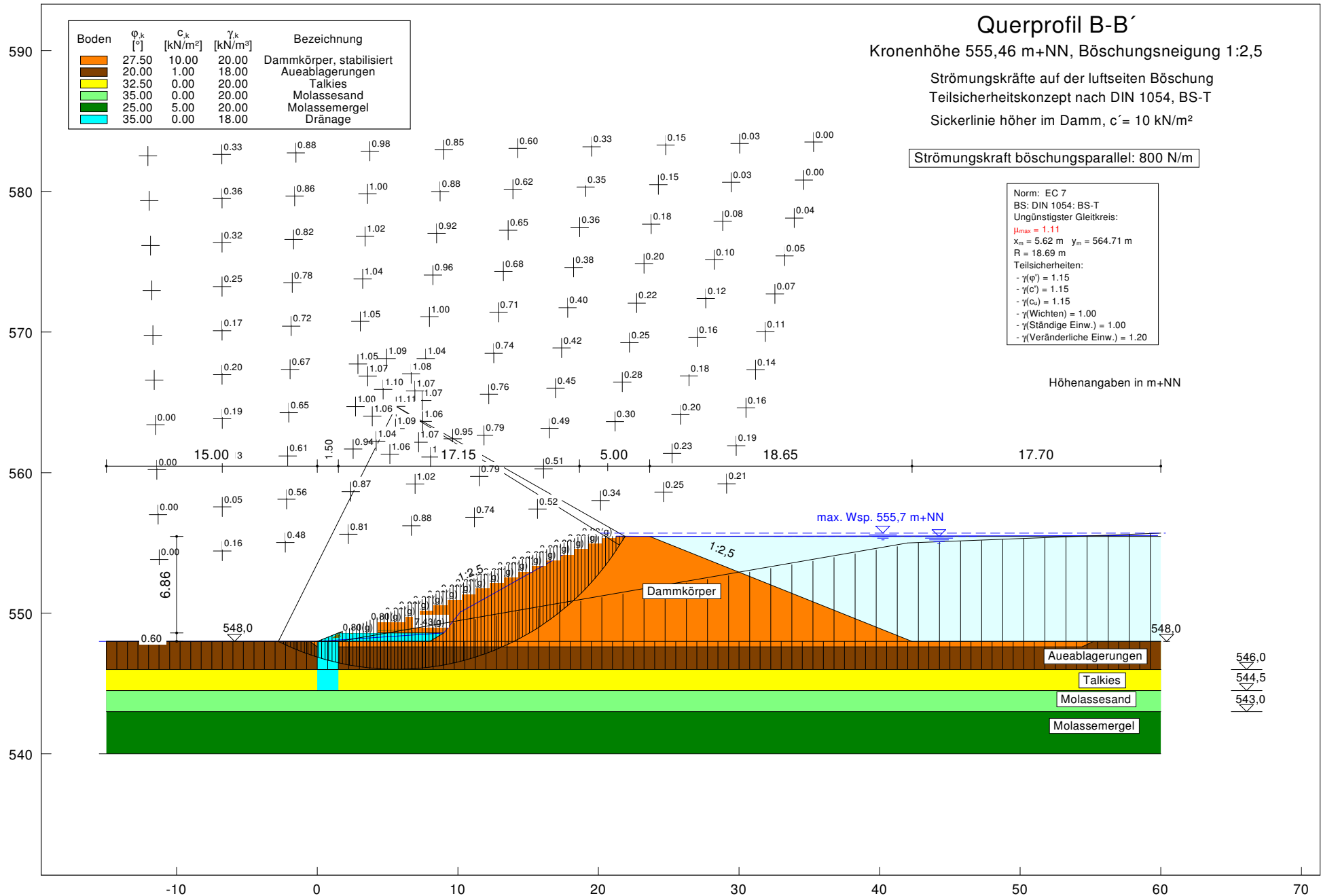
Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5

Strömungskräfte auf der luftseitigen Böschung
 Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-T
 Sickerlinie höher im Damm, $c' = 10 \text{ kN/m}^2$

Strömungskraft böschungsparell: 800 N/m

Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-T
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 1.11$
 $x_m = 5.62 \text{ m}$ $y_m = 564.71 \text{ m}$
 $R = 18.69 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.15$
 - $\gamma(c) = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
Orange	27.50	10.00	20.00	Dammkörper, stabilisiert
Braun	20.00	1.00	18.00	Aueablagerungen
Gelb	32.50	0.00	20.00	Talkies
Grün	35.00	0.00	20.00	Molassesand
Dunkelgrün	25.00	5.00	20.00	Molassemergel
Blau	35.00	0.00	18.00	Dränage



Höhenangaben in m+NN

546,0
 544,5
 543,0

Böschungsbruch

Querprofil B-B'

Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5

Strömungskräfte auf der luftseitigen Böschung

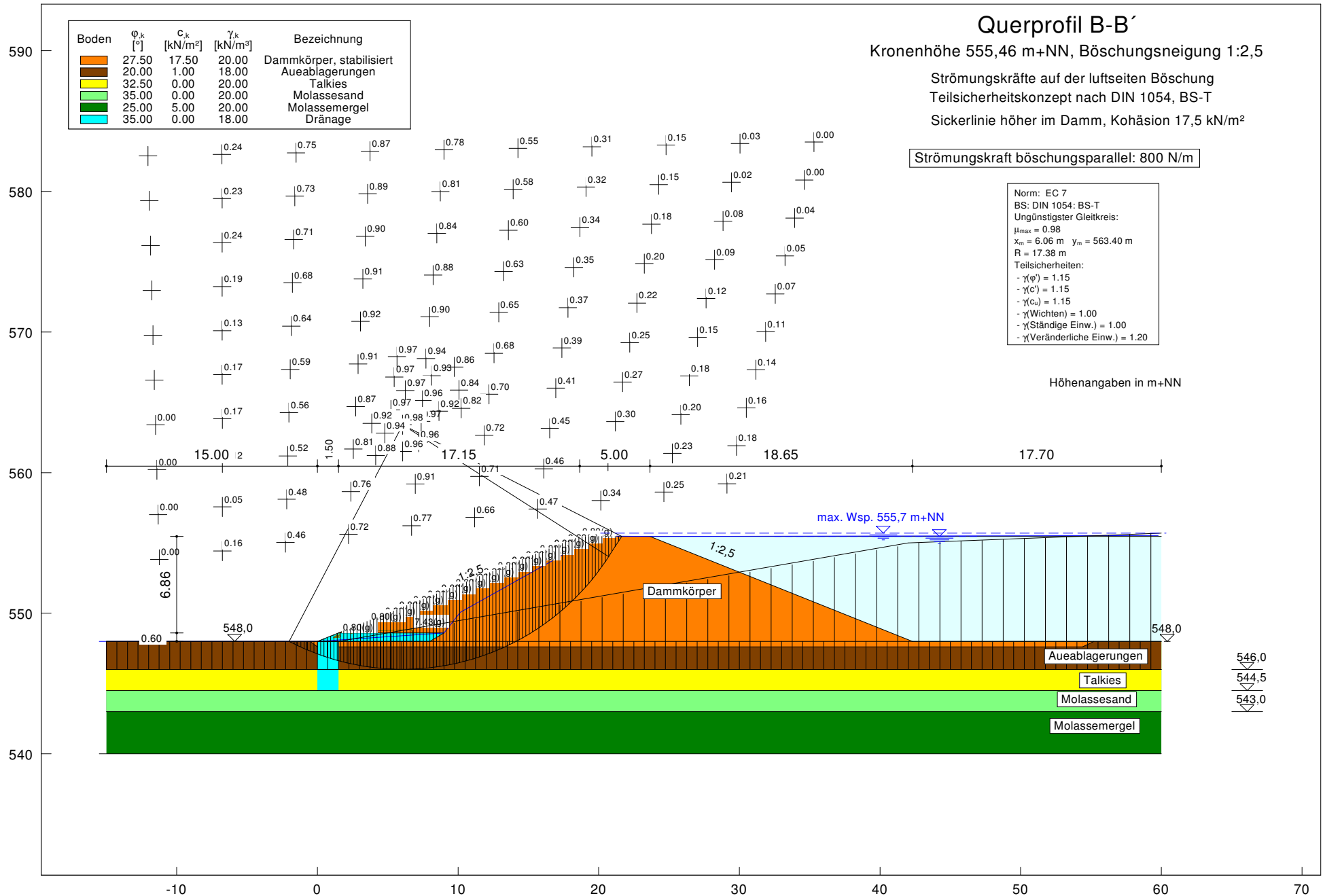
Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-T

Sickerlinie höher im Damm, Kohäsion 17,5 kN/m²

Strömungskraft böschungsparell: 800 N/m







Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-T
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.98$
 $x_m = 6.06 \text{ m}$ $y_m = 563.40 \text{ m}$
 $R = 17.38 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.15$
 - $\gamma(c) = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

Höhenangaben in m+NN



546,0
 544,5
 543,0

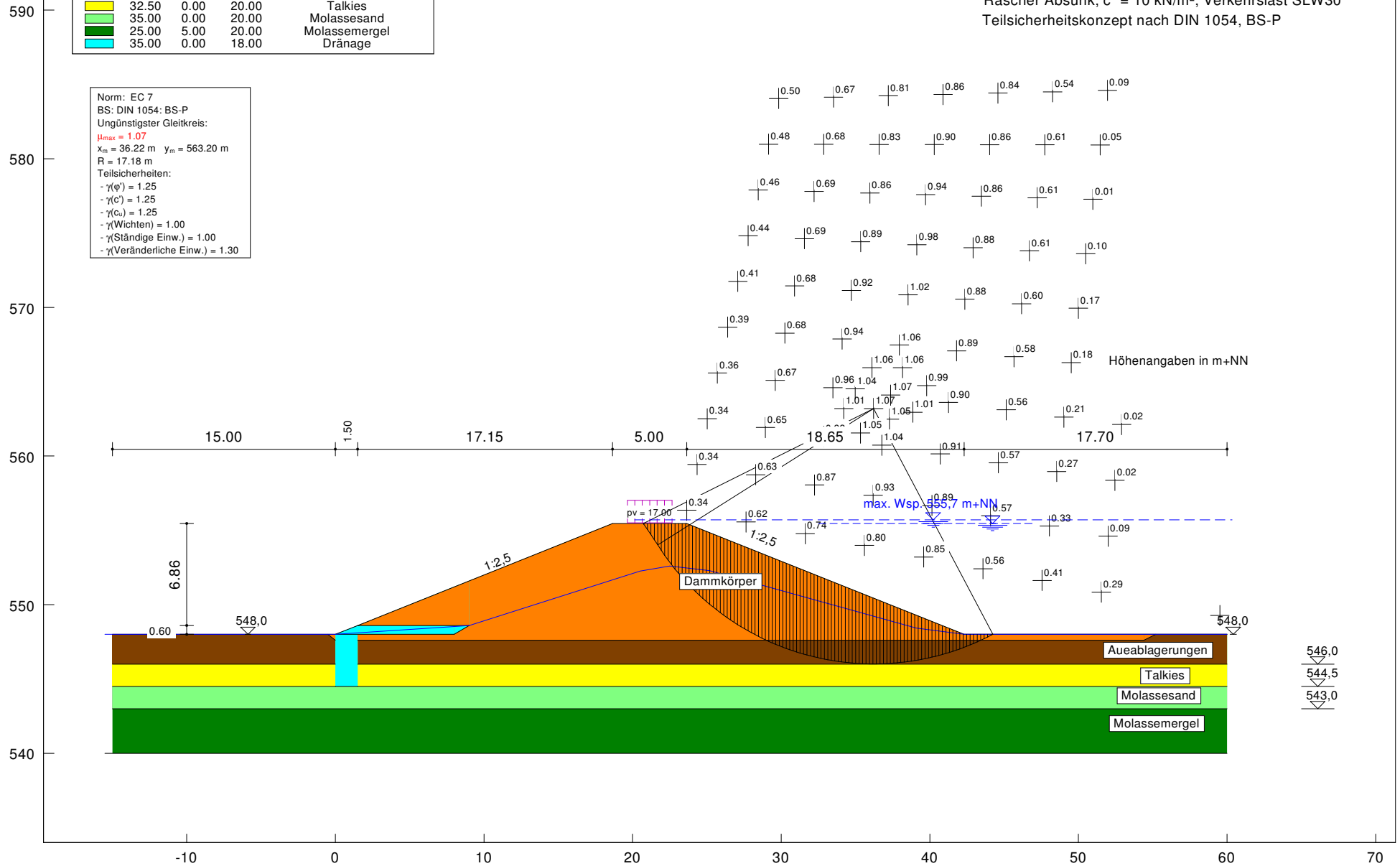
Böschungsbruch

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	10.00	20.00	Dammkörper, stabilisiert
	20.00	1.00	18.00	Aueablagerungen
	32.50	0.00	20.00	Talkies
	35.00	0.00	20.00	Molassesand
	25.00	5.00	20.00	Molassemergel
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 1.07$
 $x_m = 36.22$ m $y_m = 563.20$ m
 $R = 17.18$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Querprofil B-B'







Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5
 Rascher Absenk, $c' = 10$ kN/m², Verkehrslast SLW30
 Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P



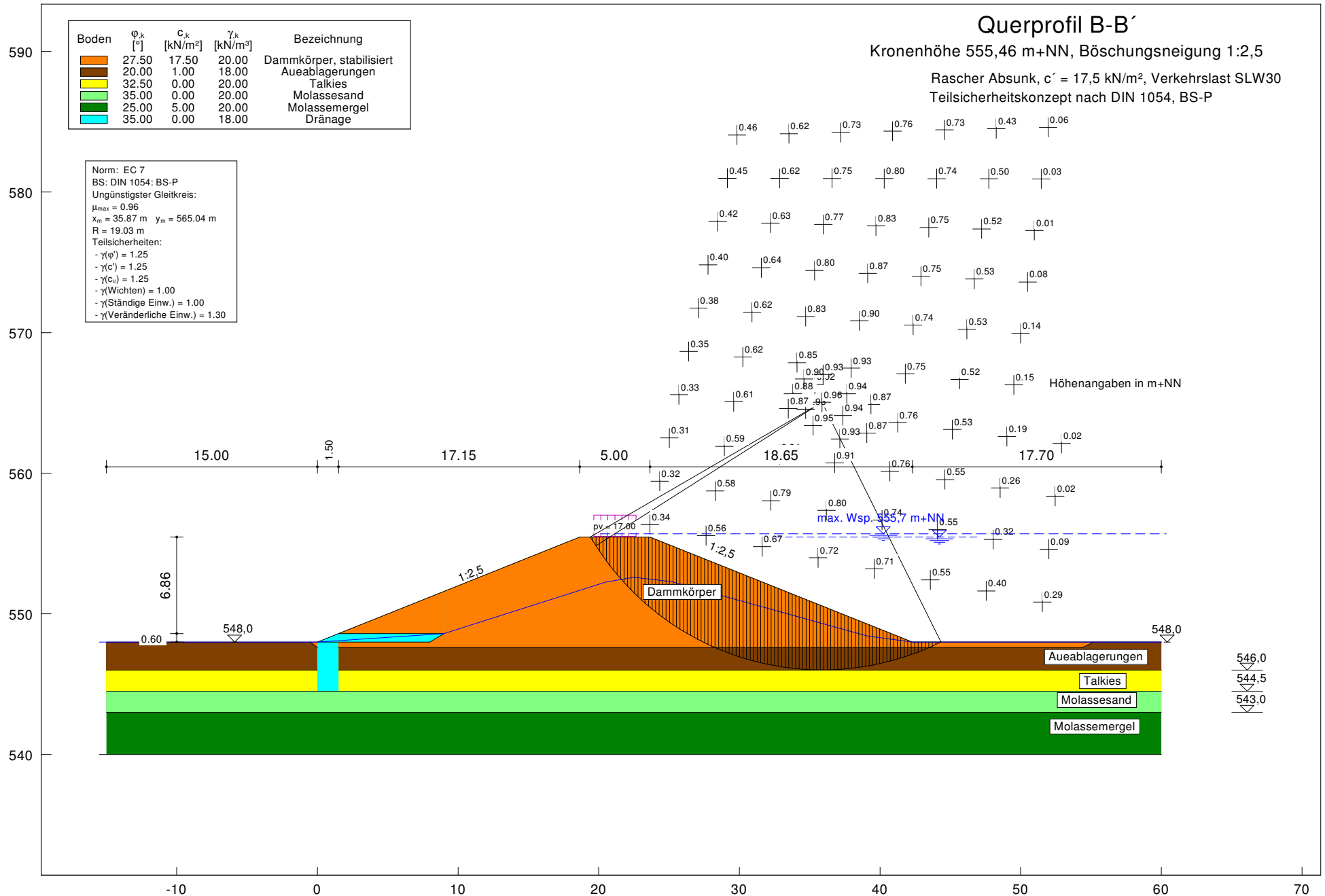
Böschungsbruch

Querprofil B-B'

Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5
 Rascher Absenk, $c' = 17,5 \text{ kN/m}^2$, Verkehrslast SLW30
 Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	17.50	20.00	Dammkörper, stabilisiert
	20.00	1.00	18.00	Aueablagerungen
	32.50	0.00	20.00	Talkies
	35.00	0.00	20.00	Molassesand
	25.00	5.00	20.00	Molassemergel
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.96$
 $x_m = 35.87 \text{ m}$ $y_m = 565.04 \text{ m}$
 $R = 19.03 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



Böschungsbruch







Querprofil B-B'

Kronenhöhe 555,46 m+NN, Böschungsneigung 1:2,5

Rascher Absenk, $c' = 10 \text{ kN/m}^2$, Verkehrslast SLW30

Drei Lagen dehnteife Geogitter

Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	10.00	20.00	Dammkörper, stabilisiert
	20.00	1.00	18.00	Aueablagerungen
	32.50	0.00	20.00	Talkies
	35.00	0.00	20.00	Molassesand
	25.00	5.00	20.00	Molassemergel
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{\text{max}} = 0.94$
 $x_m = 36.22 \text{ m}$ $y_m = 563.20 \text{ m}$
 $R = 17.18 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
- $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.4000$

