Dr. Ebel & Co.
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
und Wasserwirtschaft mbH

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

Geotechnik Baugrunduntersuchungen Erdstatik
Gründungsberatung Hydrogeologie Steine-Erden

Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
E-Mail info@geotechnik-ebel.de

RAPP + SCHMID
Infrastrukturplanung GmbH
Im Espach 5

88444 Ummendorf

per E-Mail ullrich@rsi-bc.de

Datum: 27.02.2025
Bearbeiter: Dr.-Ing. Olaf Düser
☎ 07564 / 94897-13
Projekt Nr.: 240707

Biberach – HRB Rindenmoos
Geotechnische Stellungnahme Nr. 1
Dammbauwerk, ergänzende Betrachtungen zum aktualisierten Einstauniveau

Inhalt

1 Vorgang und Veranlassung
2 Ergänzende geohydraulische und erdstatische Betrachtungen
3 Bewertung

Anlagen (Numerierung analog zu [U1])

4.2 Berechnungsquerschnitt des Dammkörpers
4.3.1-6 Geohydraulik
4.4.1-8 Böschungs- und Geländebruch
4.5.1-3 Gleiten
4.7.1-4 Dammüberströmung

Unterlagen

[U1] DR. EBEL & CO. INGENIEURGESELLSCHAFT MBH, Bad Wurzach: Geotechnischer Untersuchungsbericht AZ 240707: Biberach – Hochwasserrückhaltebecken Rindenmoos; 12.12.2024

[U2] RAPP + SCHMID INFRASTRUKTURPLANUNG GMBH, Ummendorf: aktuelle Daten zum Einstauniveau, per E-Mail am 17.02.2025 erhalten

1 Vorgang und Veranlassung

In [U2] wurde mitgeteilt, dass sich der Stauwasserspiegel im Falle eines 1000jährigen Ereignisses (Wsp HQ_{1000}) gegenüber den Annahmen in [U1] um 4 cm von 581,53 müNHN auf 581,57 müNHN ändert.

Es wurde um Überprüfung gebeten, ob sich diese Spiegellagenänderung ungünstig auf die Standsicherheitsverhältnisse des Dammbauwerks auswirken.

Nachfolgend wird über die ergänzenden Untersuchungen und die sich ergebenden Konsequenzen berichtet. Für die Betrachtungen wurden die Angaben im Geotechnischen Untersuchungsbericht [U1] berücksichtigt.

2 Ergänzende geohydraulische und erdstatische Betrachtungen

2.1 Allgemeines

Die Wasserstandsänderungen gemäß [U2] beziehen sich nur auf das 1000jährige Ereignis. Auswirkungen können sich bei Durchsicht der Berechnungsergebnisse in [U1] ggf. in Hinblick auf

- die Geohydraulik (Anlagensatz 4.3.1÷6),
- den Böschungs- und Geländebruch (Anlagensatz 4.4.1÷8),
- das Dammgleiten (Anlagensatz 4.5.1÷3) und
- die Sicherung des Überströmungsbereichs (4.7.1÷4)

ergeben. Die Anlagennummerierung wurde in dieser Stellungnahme beibehalten; die Anlagensätze sind mit den Änderungen, die nachfolgend diskutiert werden, in dieser Stellungnahme aufgeführt. Als Grundlage wurde der Berechnungsquerschnitt, Anlage 4.2, herangezogen.

2.2 Geohydraulik

Die Einstauhöhe des Wsp HQ_{1000} liegt 4 cm höher gegenüber den Betrachtungen in [U1]. Auswirkungen auf die Ausbildung der stationären Sickerlinie sowie auf die rechnerisch abzuführenden Dränagewassermengen sind nicht gegeben, s. Anlage 4.3.

2.3 Böschungs- und Geländebruch

Für das höhere 1000jährige Einstauniveau ergeben sich gegenüber den Berechnungsergebnissen in [U1] keine Auswirkungen bezüglich der Ausnutzungsgrade. Zum Beleg sind in den Anlagen 4.4.5÷6 die Ergebnisse mit dem aktualisierten Wasserspiegelniveau aufgeführt. Die Ausnutzungsgrade liegen weiterhin bei $\mu \leq 0{,}71$ (Anlage 4.4.5) bzw. $\mu \leq 0{,}79$ (Anlage 4.4.6).

2.4 Gleiten

Der maximale Ausnutzungsgrad bei Einstau auf einem Niveau von 581,57 müNHN verändert sich gegenüber den Angaben in [U1] nicht. Der Wert beträgt unverändert $\mu = 0{,}89$, s. Anlage 4.5.3.

2.5 Dammüberströmstrecke (Dammscharte)

Im Überlauffall ZHQ_{1000} (581,57 müNHN) liegt der Wasserspiegel im Stauraum 0,37 m (zuvor 0,33 m) über der Schwellenhöhe des Überlaufbereichs. Die auftretende Schleppspannung τ_0, die das fließende Wasser auf den Untergrund überträgt, ist bei einer Böschungsneigung von 1:5 (gleiche Neigung der Energielinie vorausgesetzt) bei einer Wassertiefe im Rampenbereich von vereinfachend 0,37 m

mit $\tau_0 = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I$ = 1.000 · 9,81 · 0,37 · 0,2 ≈ 730 N/m²

zu erwarten, s. Anlage 4.7.1. In [U1] ist der Sohlschubspannungswert mit 650 N/m² ermittelt worden.

Je Meter Breite und je Meter Fließlänge kann die Schleppspannung in die charakteristische Schleppkraft T_k = 730 N/m umgerechnet werden. Unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwerts für ungünstige veränderliche Einwirkungen γ_Q = 1,5, s. Anlage 4.1 in [U1], errechnet sich der Bemessungswert der Schleppkraft zu

$T_d = T_k \cdot \gamma_Q$ = 730 N/m · 1,5 ≈ 1.100 N/m.

Bei einer Länge der Überströmstrecke um 13,5 m ist eine Gesamtschleppkraft

$T_{d,ges}$ = 1.100 N/m · 13,5 m = 14.850 N ≈ 15 kN je Meter überströmter Breite

aufzunehmen. Für erdstatische Berechnungen im Rampenbereich wurde die Gesamtkraft in vier Teilkräfte zu je 3,8 kN (Gesamtschleppkraft 15,2 kN/m) aufgeteilt und gleichmäßig über die Rampenstrecke verteilt.

In den erdstatischen Berechnungen [U1] wurde die diskretisierte Einzelschleppkraft bereits mit einem vorsorglich etwas höheren Wert von 4,2 kN angesetzt. Dieser Wert liegt über dem nunmehr anzusetzenden Wert von 3,8 kN. Somit ist keine Verschlechterung der Standsicherheit gegeben.

3 Bewertung

Die Standsicherheit des Dammkörpers hat infolge des neuen 1000jährigen Wasserstands bei Beckeneinstau (Wsp HQ_{1000} = 581,57 müNHN) keine negativen Auswirkungen auf die Dammstandsicherheit.

Gegenüber den Angaben in [U1] werden keine ergänzenden Maßnahmen erforderlich.

Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Olaf Düser

Dr. Ebel & Co. GmbH

Von der Industrie- und Handelskammer Bodensee-Oberschwaben öffentlich bestellt und vereidigt
Dr.-Ing. Olaf Düser
Sachverständiger für Erd- und Grundbau, Bodenmechanik, insbesondere Wasserbau

Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.2

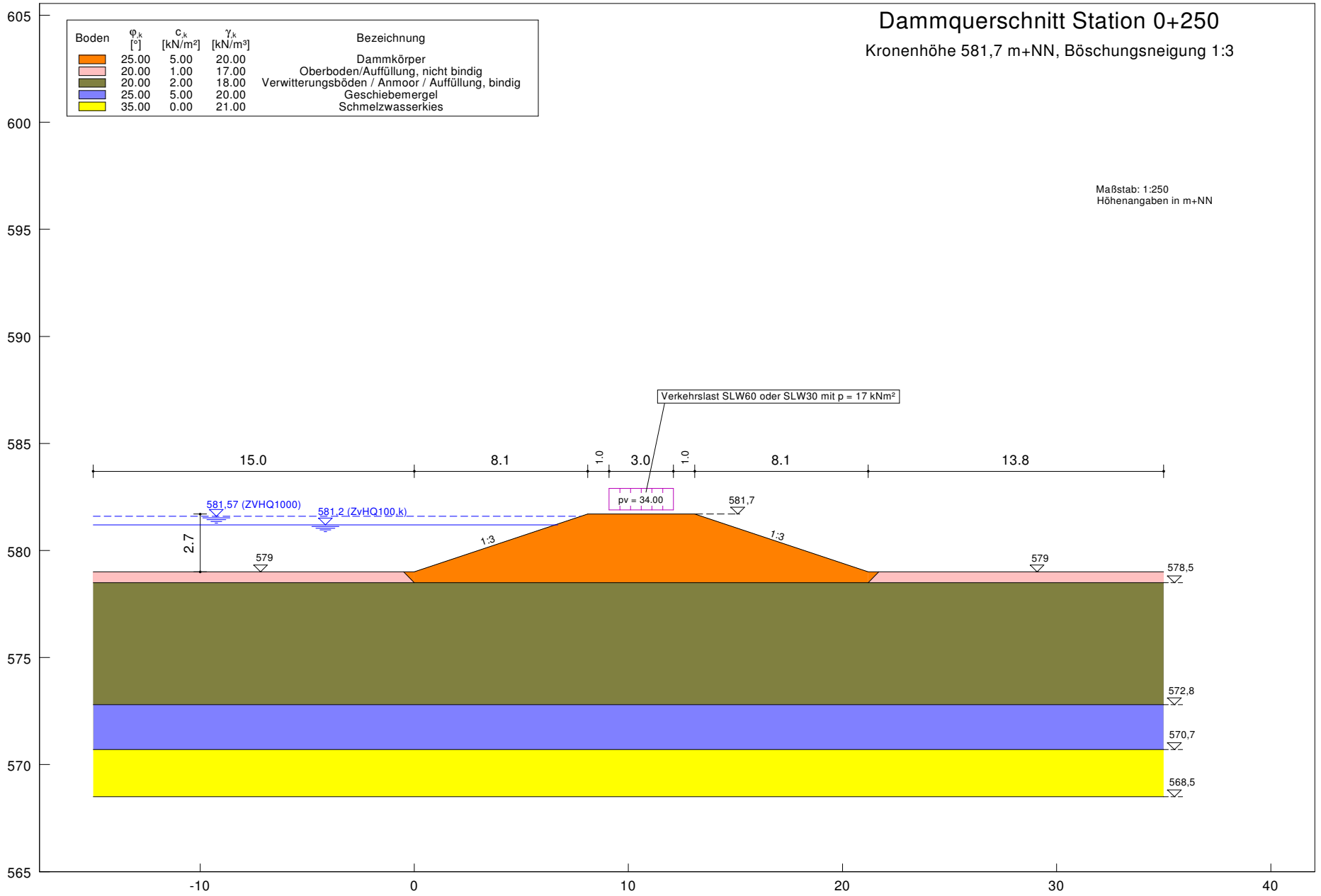
Berechnungsquerschnitt

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	5.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies

Maßstab: 1:250
Höhenangaben in m+NN



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.3.1

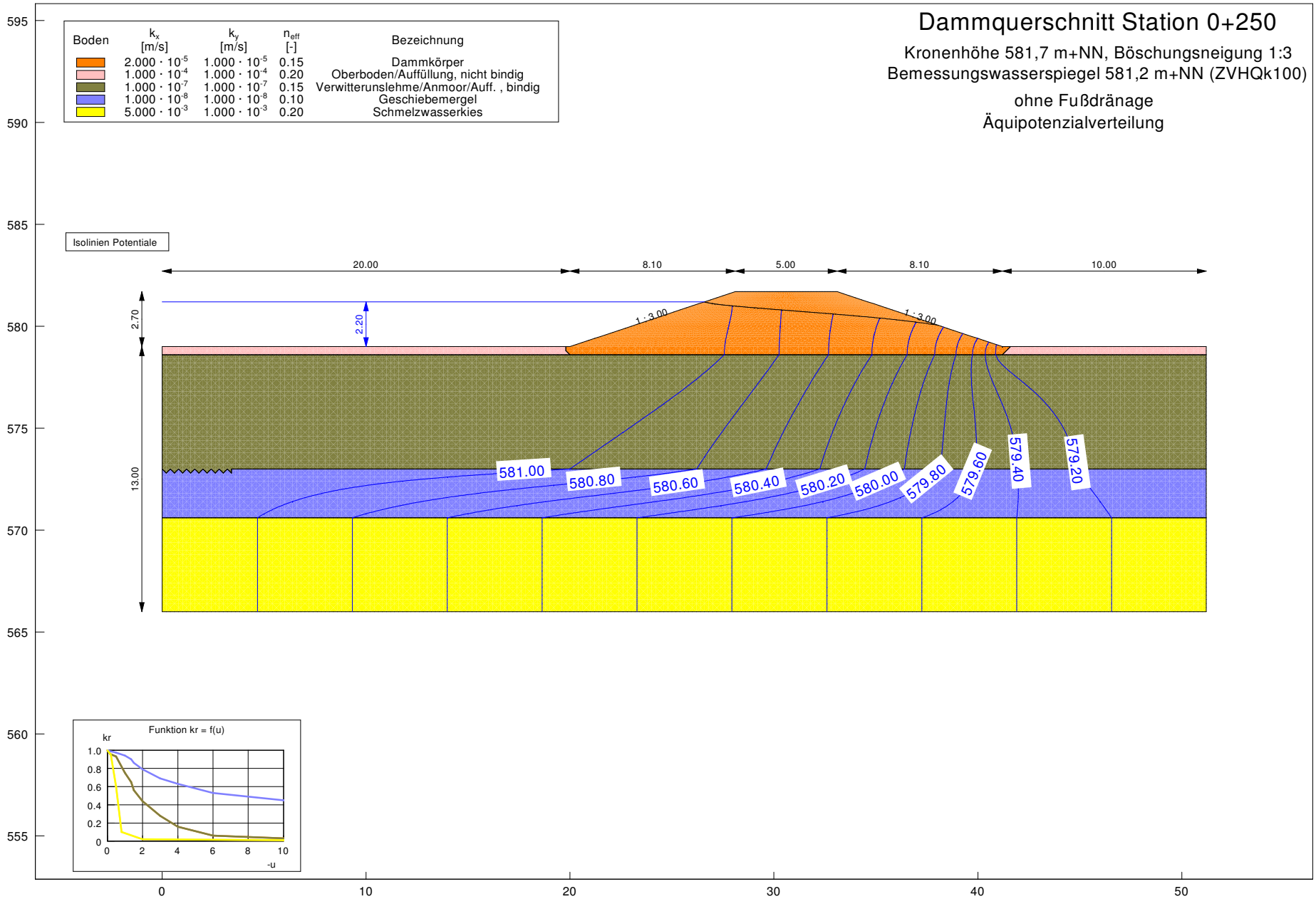
Geohydraulik, stationär

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	Dammkörper
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.15	Verwitterunslehme/Anmoor/Auff. , bindig
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.10	Geschiebemergel
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Schmelzwasserkies

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Bemessungswasserspiegel 581,2 m+NN (ZVHQk100)

ohne Fußdränage
Äquipotenzialverteilung



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.3.2

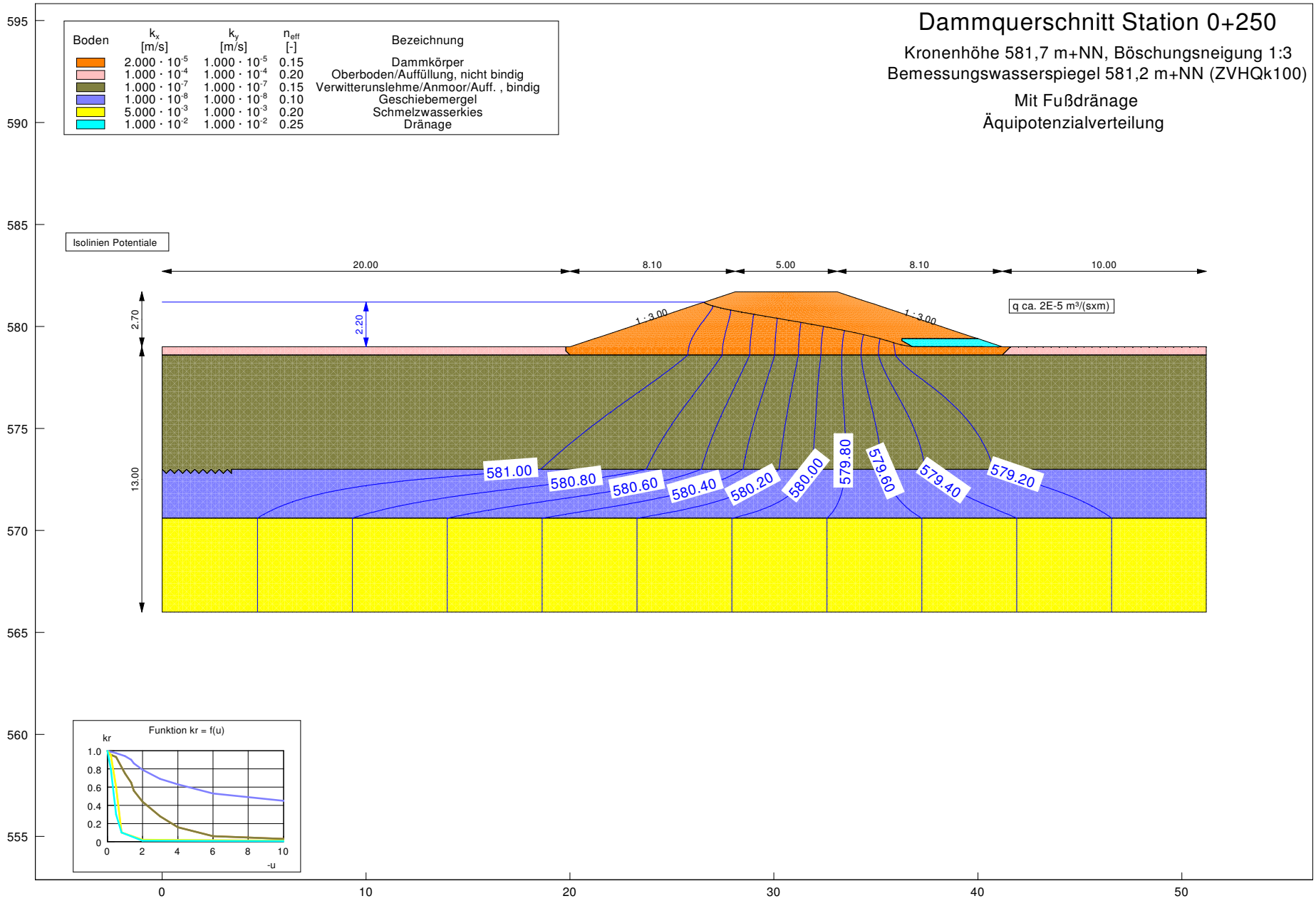
Geohydraulik, stationär

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Bemessungswasserspiegel 581,2 m+NN (ZVHQk100)

Mit Fußdränage
Äquipotenzialverteilung

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	Dammkörper
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.15	Verwitterunslehme/Anmoor/Auff. , bindig
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.10	Geschiebemergel
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Schmelzwasserkies
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	Dränage



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.3.3

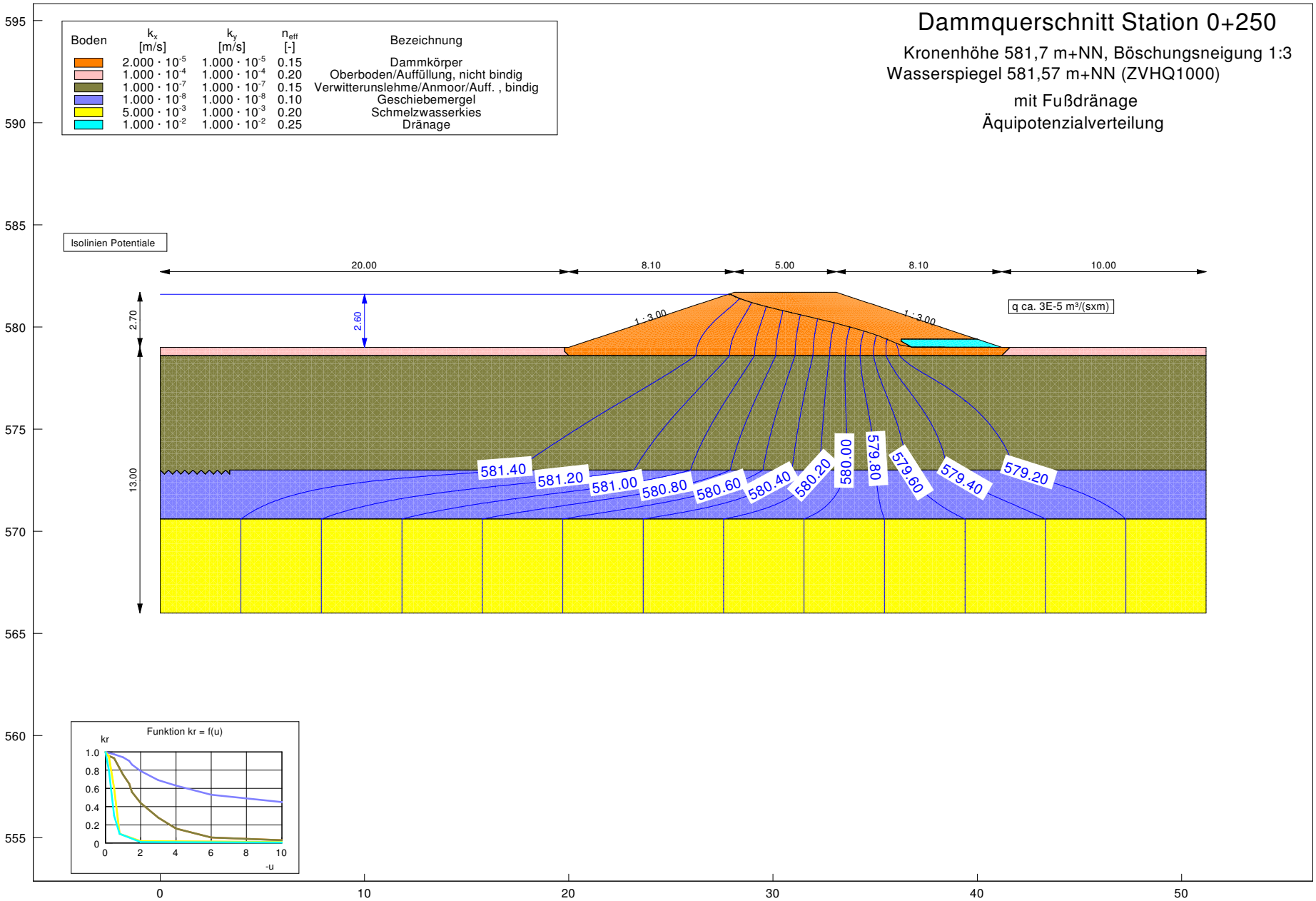
Geohydraulik, stationär

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Wasserspiegel 581,57 m+NN (ZVHQ1000)

mit Fußdränage
Äquipotenzialverteilung

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	Dammkörper
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.15	Verwitterunslehme/Anmoor/Auff. , bindig
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.10	Geschiebemergel
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Schmelzwasserkies
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	Dränage



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.3.4

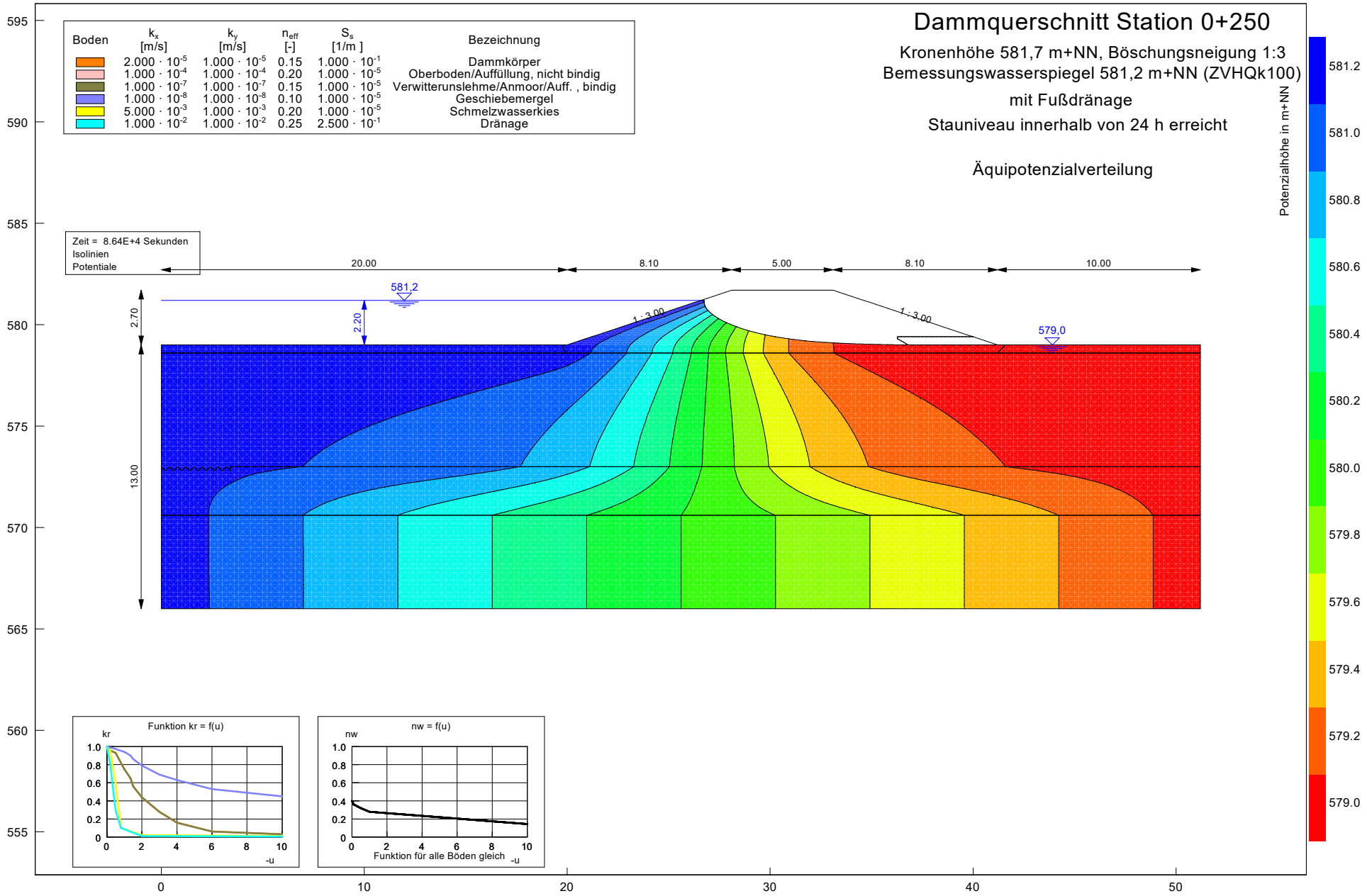
Geohydraulik, instationär

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Bemessungswasserspiegel 581,2 m+NN (ZVHQk100)
mit Fußdränage
Stauniveau innerhalb von 24 h erreicht

Äquipotenzialverteilung

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-1}$	Dammkörper
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Verwitterunslehme/Anmoor/Auff. , bindig
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Geschiebemergel
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Schmelzwasserkies
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	$2.500 \cdot 10^{-1}$	Dränage



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.3.5

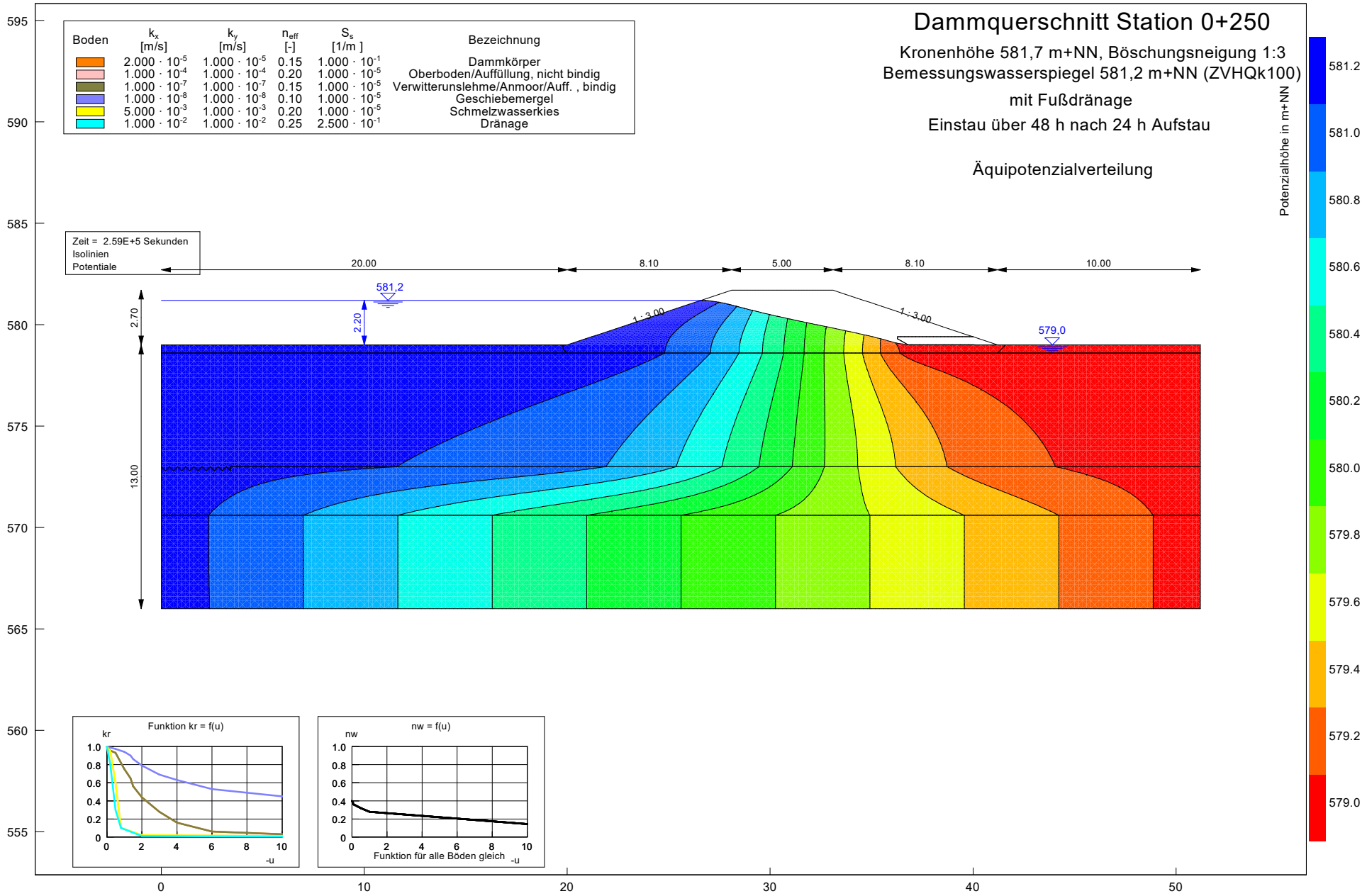
Geohydraulik, instationär

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Bemessungswasserspiegel 581,2 m+NN (ZVHQk100)
mit Fußdränage
Einstau über 48 h nach 24 h Aufstau

Äquipotenzialverteilung

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-1}$	Dammkörper
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Verwitterunslehme/Anmoor/Auff. , bindig
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Geschiebemergel
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Schmelzwasserkies
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	$2.500 \cdot 10^{-1}$	Dränage



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.3.6

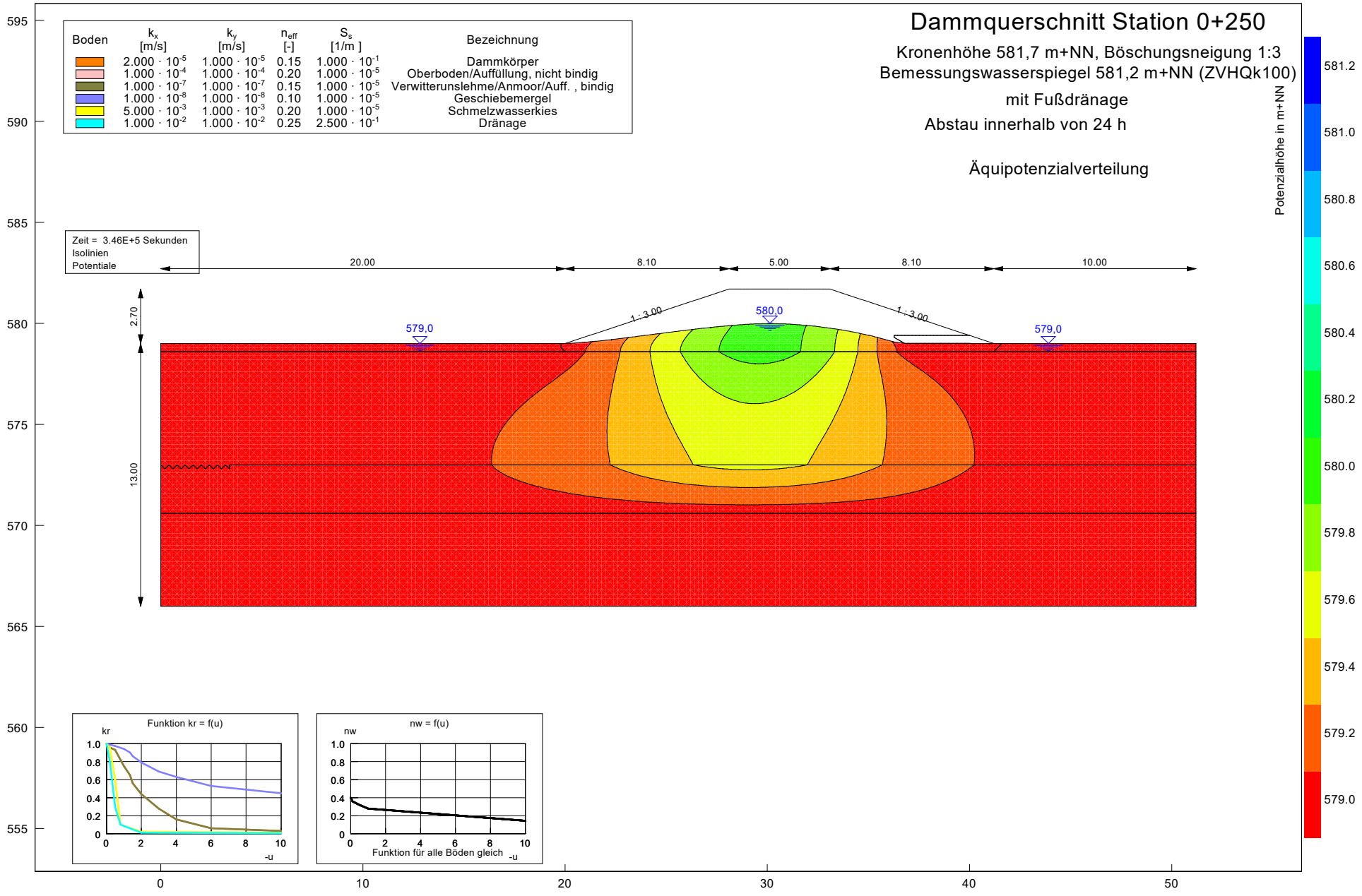
Geohydraulik, instationär

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Bemessungswasserspiegel 581,2 m+NN (ZVHQk100)
mit Fußdränage
Abstau innerhalb von 24 h

Äquipotenzialverteilung

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	S_s [1/m]	Bezeichnung
	$2.000 \cdot 10^{-5}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-1}$	Dammkörper
	$1.000 \cdot 10^{-4}$	$1.000 \cdot 10^{-4}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.15	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Verwitterunslehme/Anmoor/Auff. , bindig
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.10	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Geschiebemergel
	$5.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	$1.000 \cdot 10^{-5}$	Schmelzwasserkies
	$1.000 \cdot 10^{-2}$	$1.000 \cdot 10^{-2}$	0.25	$2.500 \cdot 10^{-1}$	Dränage



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.4.1

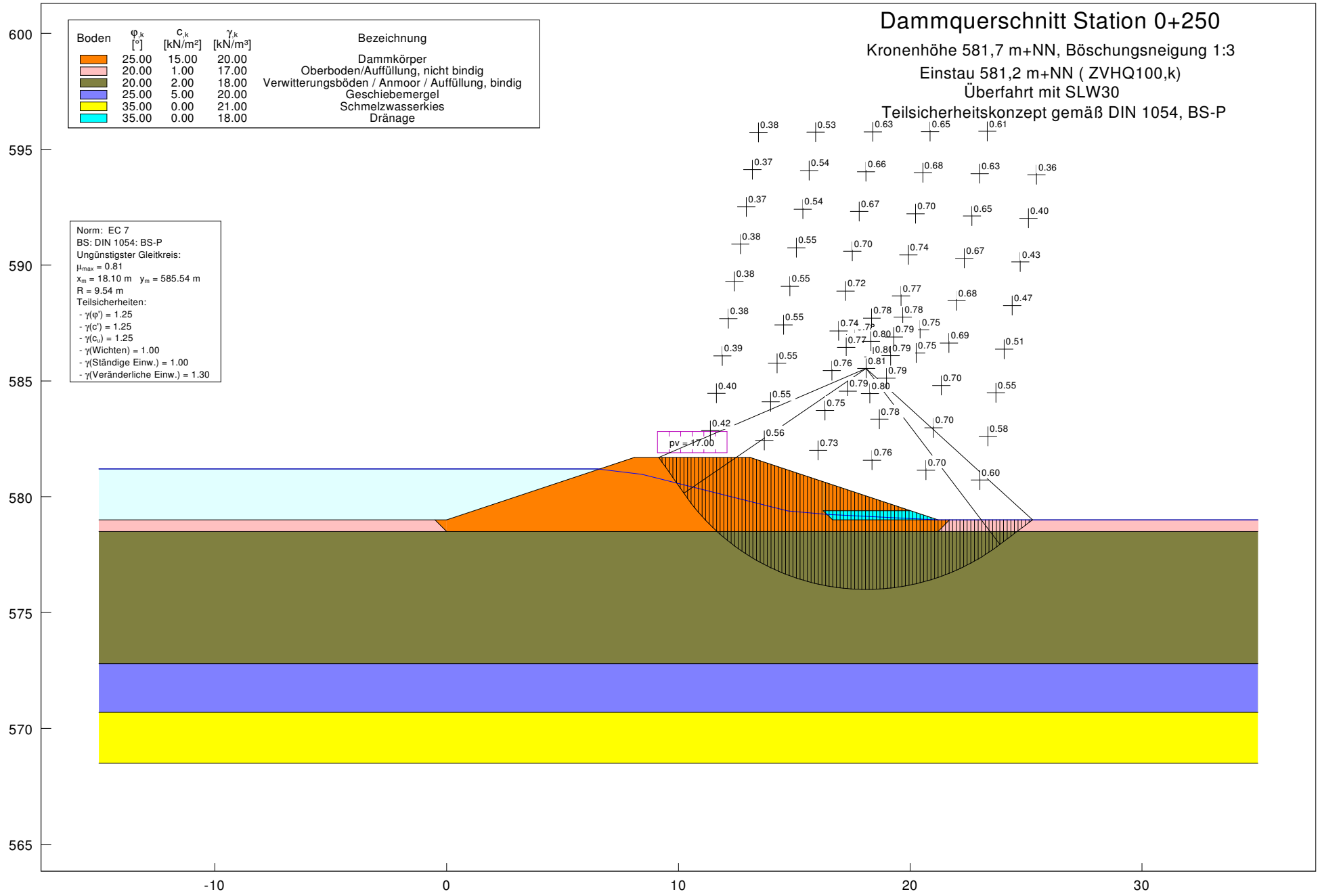
Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Einstau 581,2 m+NN (ZVHQ100,k)
Überfahrt mit SLW30
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-P

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.81
x_m = 18.10 m y_m = 585.54 m
R = 9.54 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.25
- γ(c') = 1.25
- γ(c_u) = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.4.2

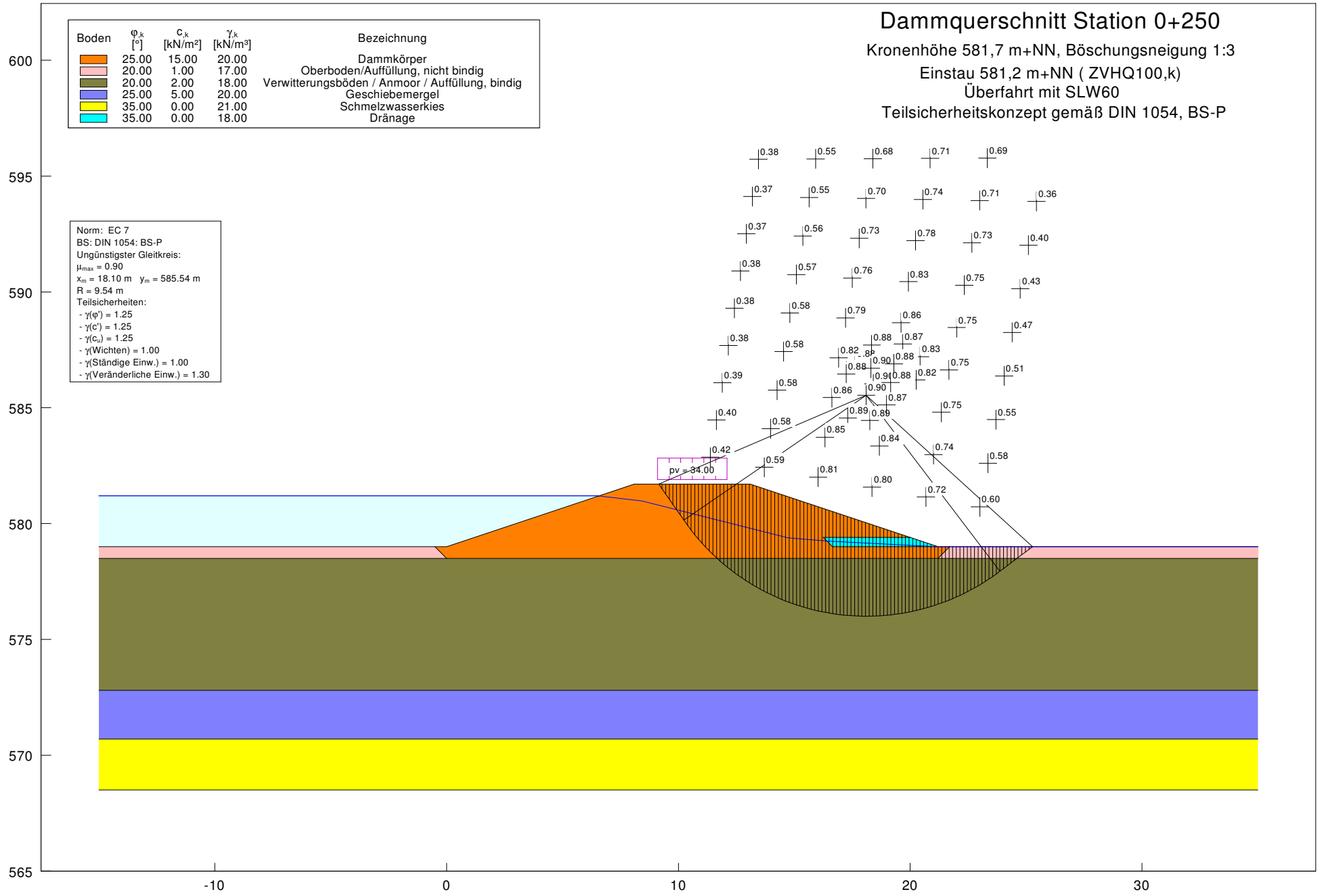
Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Einstau 581,2 m+NN (ZVHQ100,k)
Überfahrt mit SLW60
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-P

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.90
x_m = 18.10 m y_m = 585.54 m
R = 9.54 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.4.3

Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

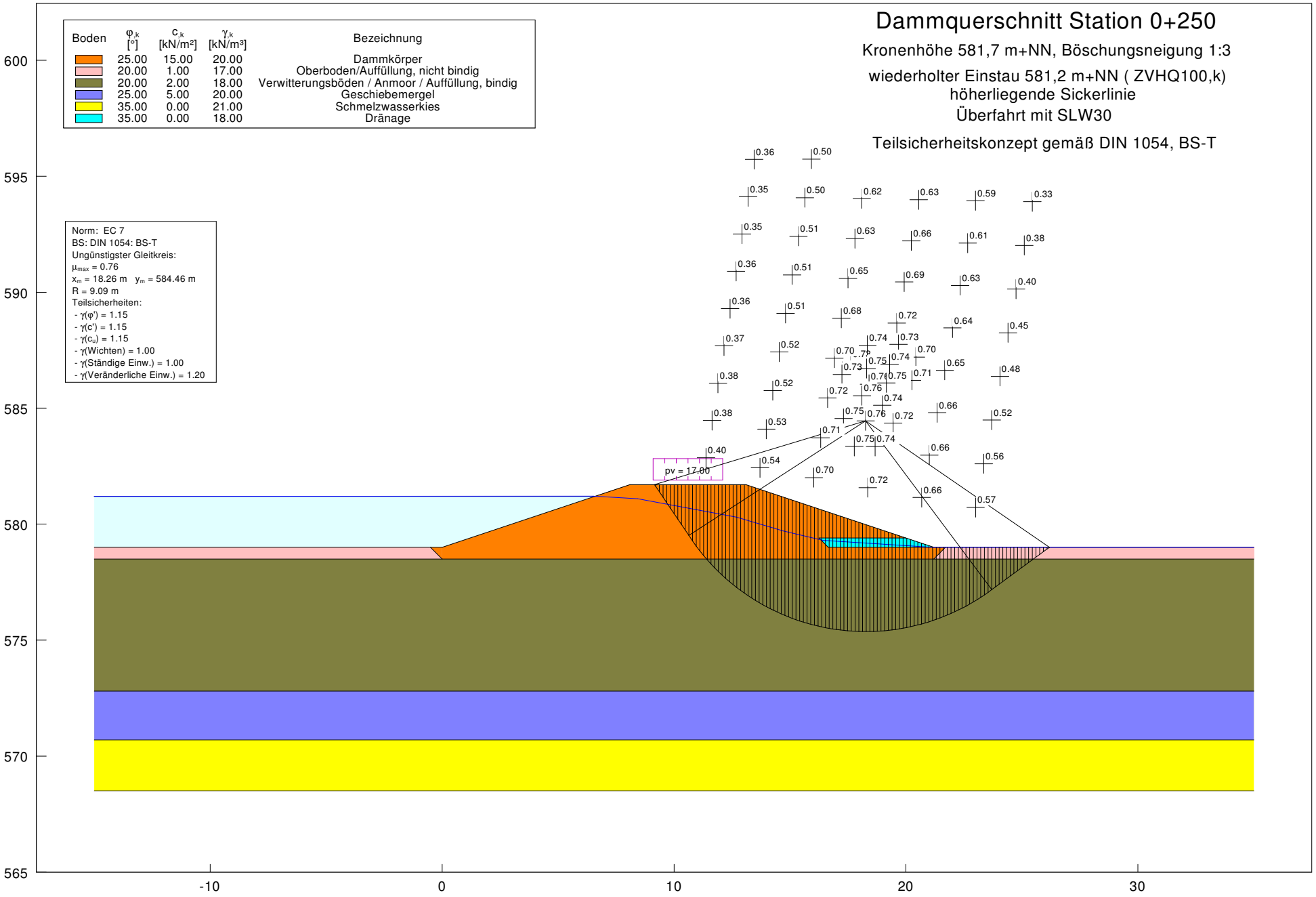
Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3

wiederholter Einstau 581,2 m+NN (ZVHQ100,k)
höherliegende Sickerlinie
Überfahrt mit SLW30

Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-T

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-T
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.76
x_m = 18.26 m y_m = 584.46 m
R = 9.09 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.4.4

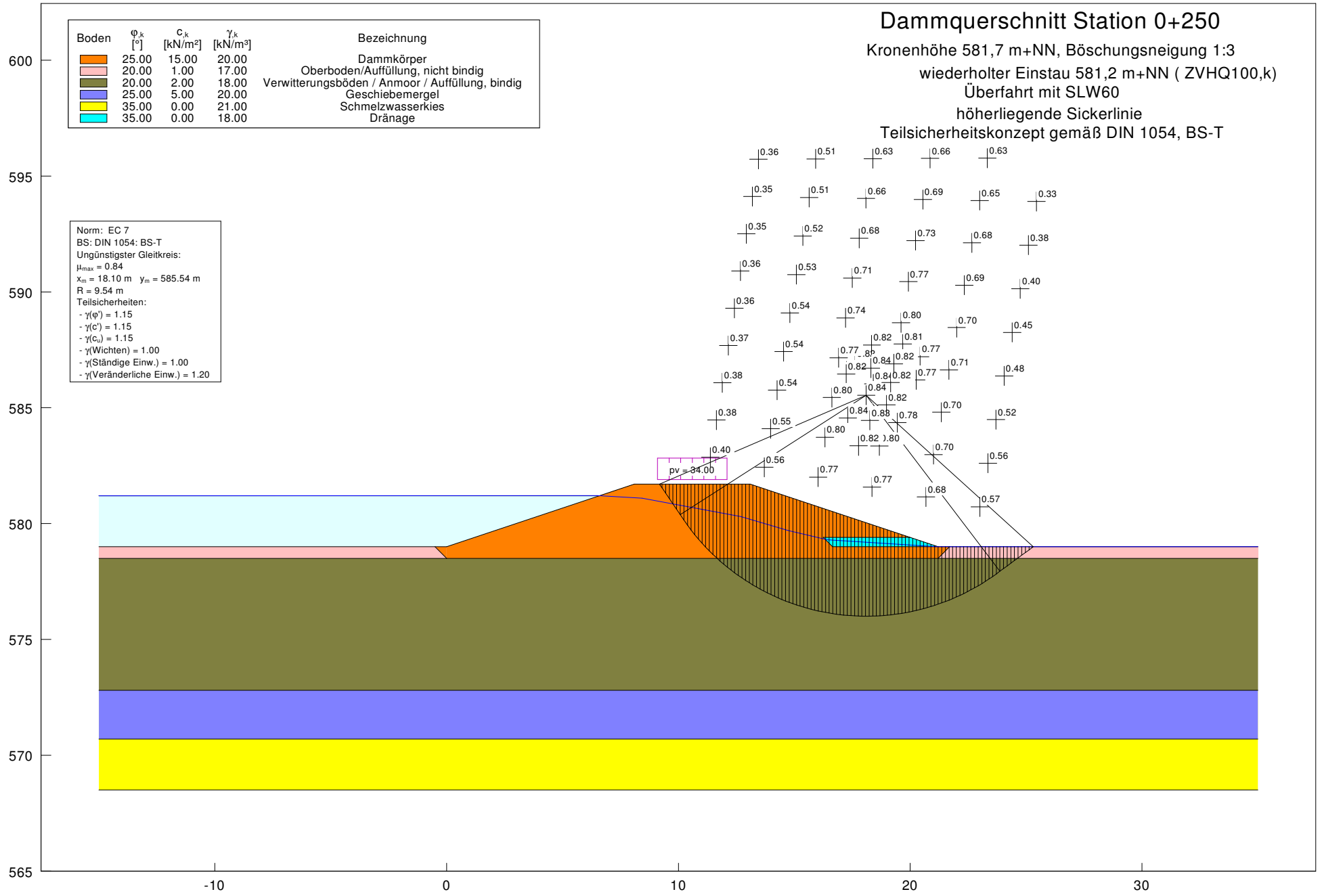
Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
wiederholter Einstau 581,2 m+NN (ZVHQ100,k)
Überfahrt mit SLW60
höherliegende Sickerlinie
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-T

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-T
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.84
x_m = 18.10 m y_m = 585.54 m
R = 9.54 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.15
- γ(c') = 1.15
- γ(c_u) = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.4.5

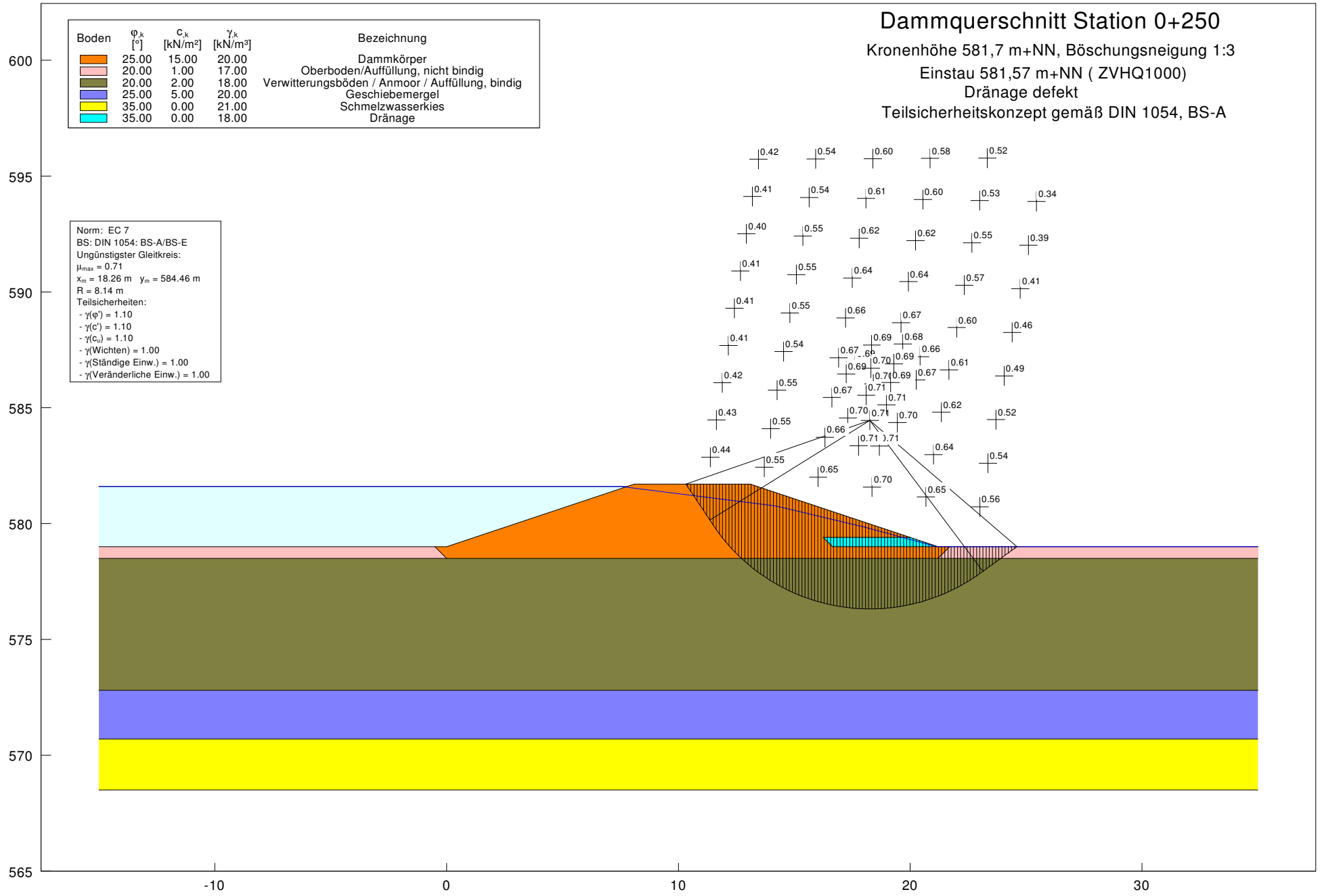
Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Einstau 581,57 m+NN (ZVHQ1000)
Dränage defekt
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-A

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.71
x_m = 18.26 m y_m = 584.46 m
R = 8.14 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.10
- γ(c') = 1.10
- γ(c_u) = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.4.6

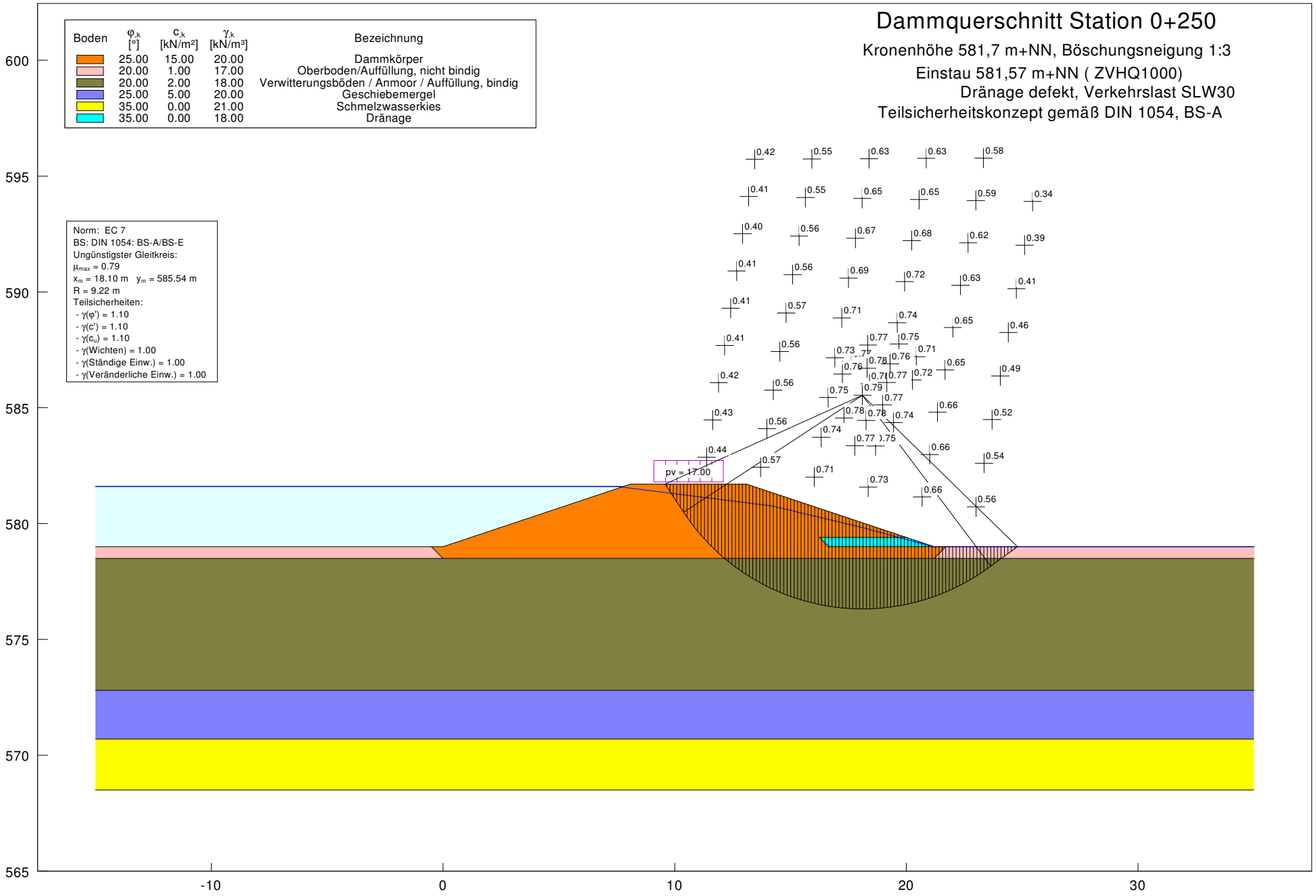
Böschungs- und Geländebruch

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.79
x_m = 18.10 m y_m = 585.54 m
R = 9.22 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.10
- γ(c') = 1.10
- γ(c_u) = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Einstau 581,57 m+NN (ZVHQ1000)
Dränage defekt, Verkehrslast SLW30
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-A



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.4.7

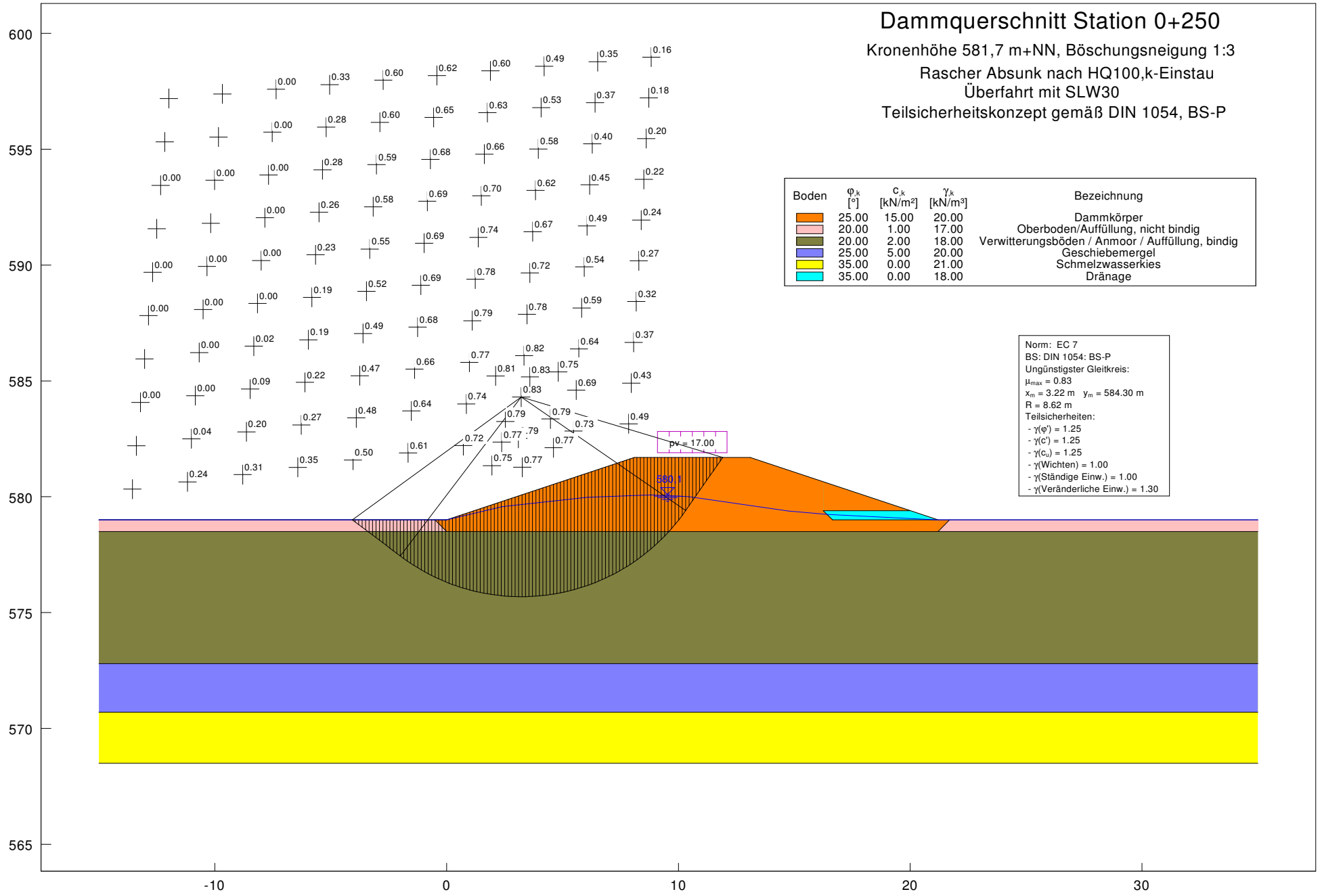
Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Rascher Absunk nach HQ100,k-Einstau
Überfahrt mit SLW30
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-P

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.83
x_m = 3.22 m y_m = 584.30 m
R = 8.62 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.4.8

Böschungs- und Geländebruch

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3

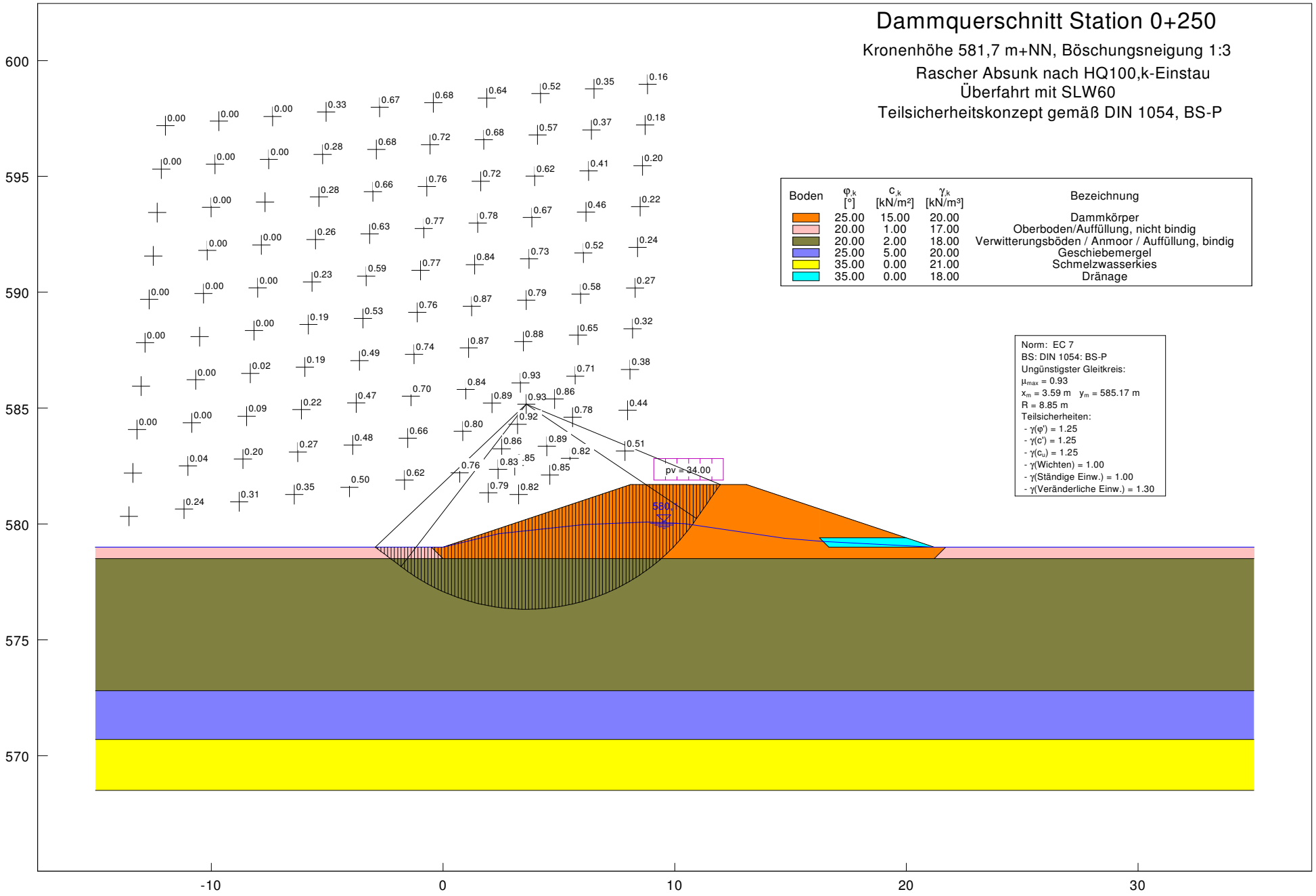
Rascher Absunk nach HQ100,k-Einstau

Überfahrt mit SLW60

Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-P

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m²]	γ_k [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.93
x_m = 3.59 m y_m = 585.17 m
R = 8.85 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.5.1

Gleiten

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3

Einstau 581,2 m+NN (ZVHQ100,k)

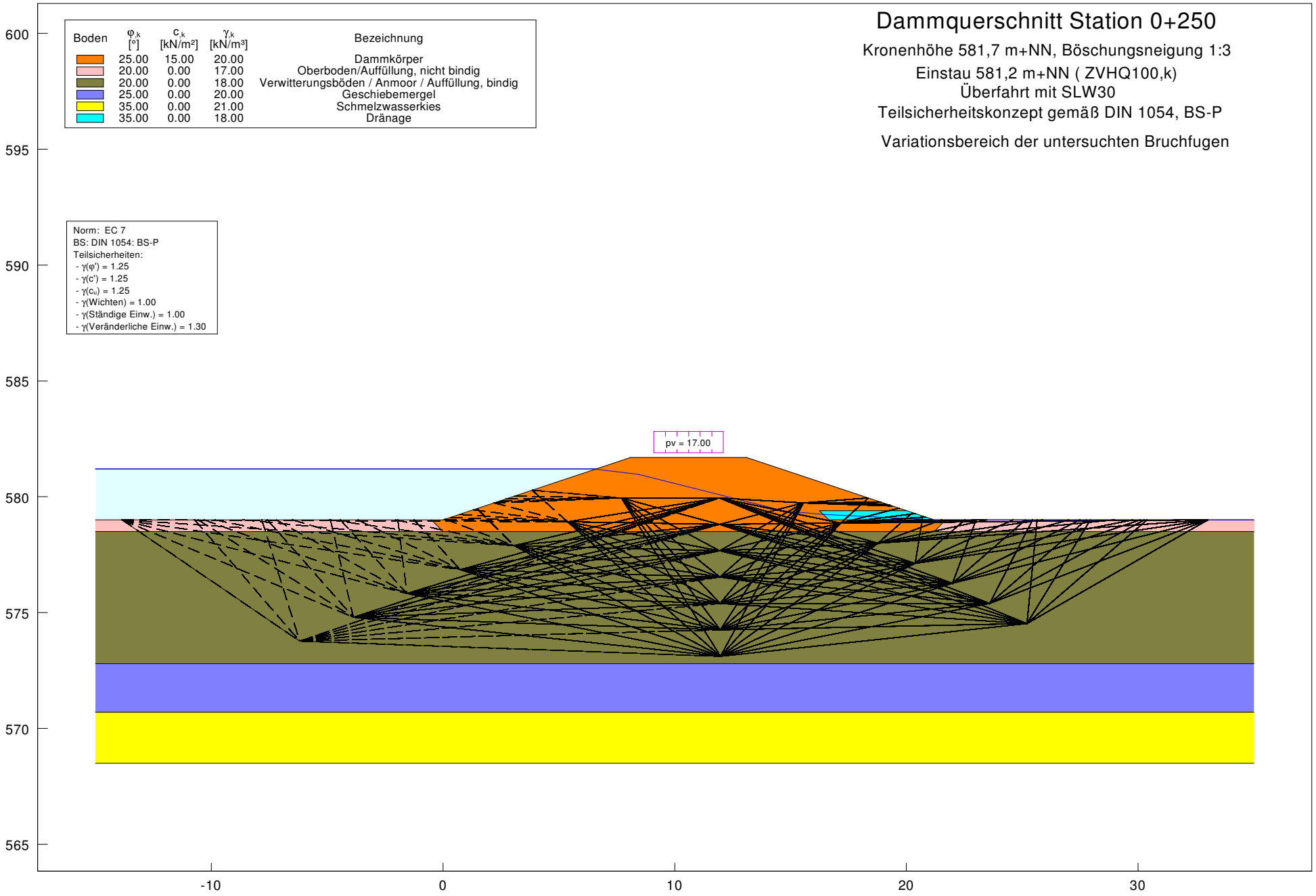
Überfahrt mit SLW30

Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-P

Variationsbereich der untersuchten Bruchfugen

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	0.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	0.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	0.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.5.2

Gleiten

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	0.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	0.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	0.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Dammquerschnitt Station 0+250

Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3

Einstau 581,2 m+NN (ZVHQ100,k)

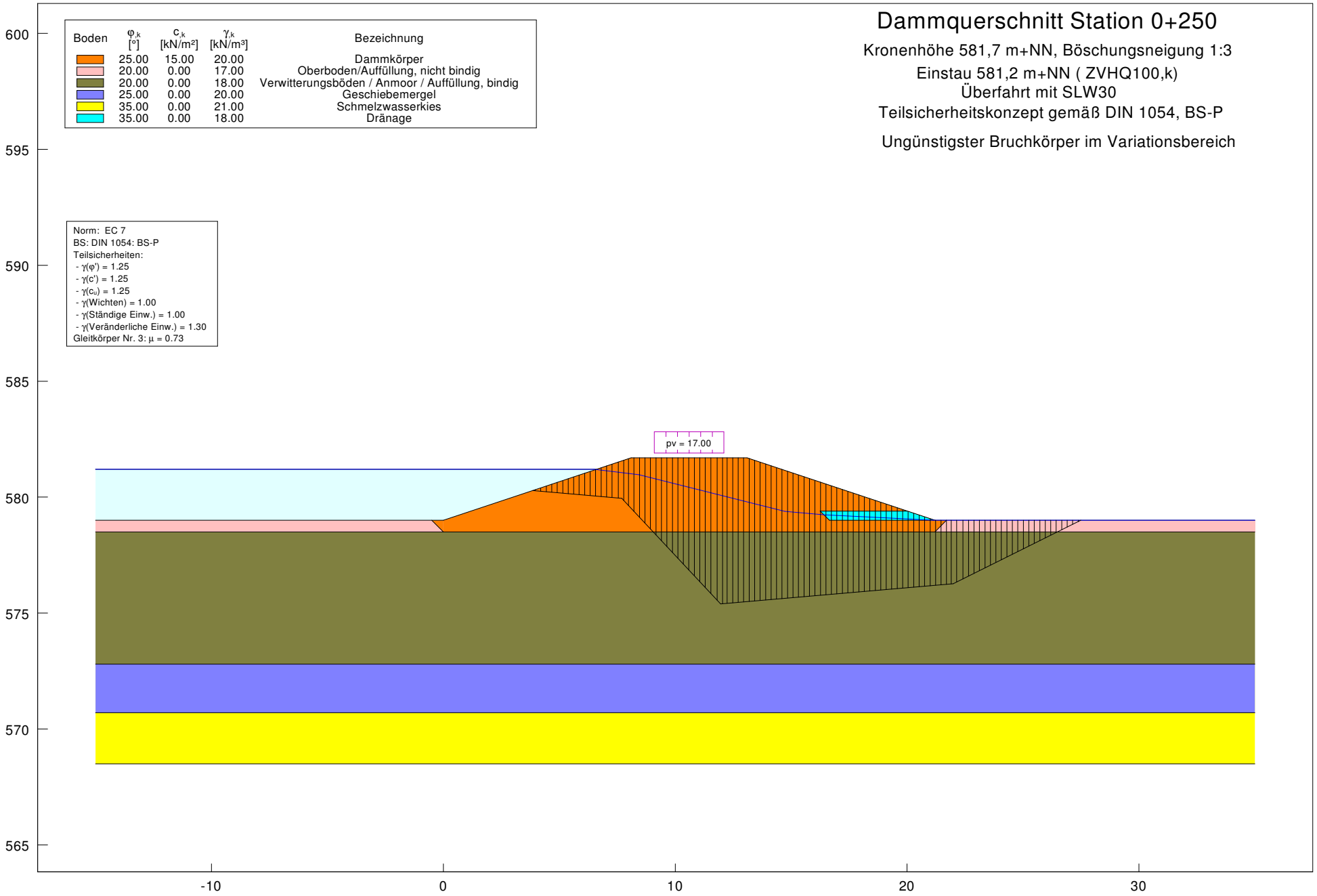
Überfahrt mit SLW30

Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-P

Ungünstigster Bruchkörper im Variationsbereich

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.73$



Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ	240707
		Anlage	4.5.3

Gleiten

Dammquerschnitt Station 0+250

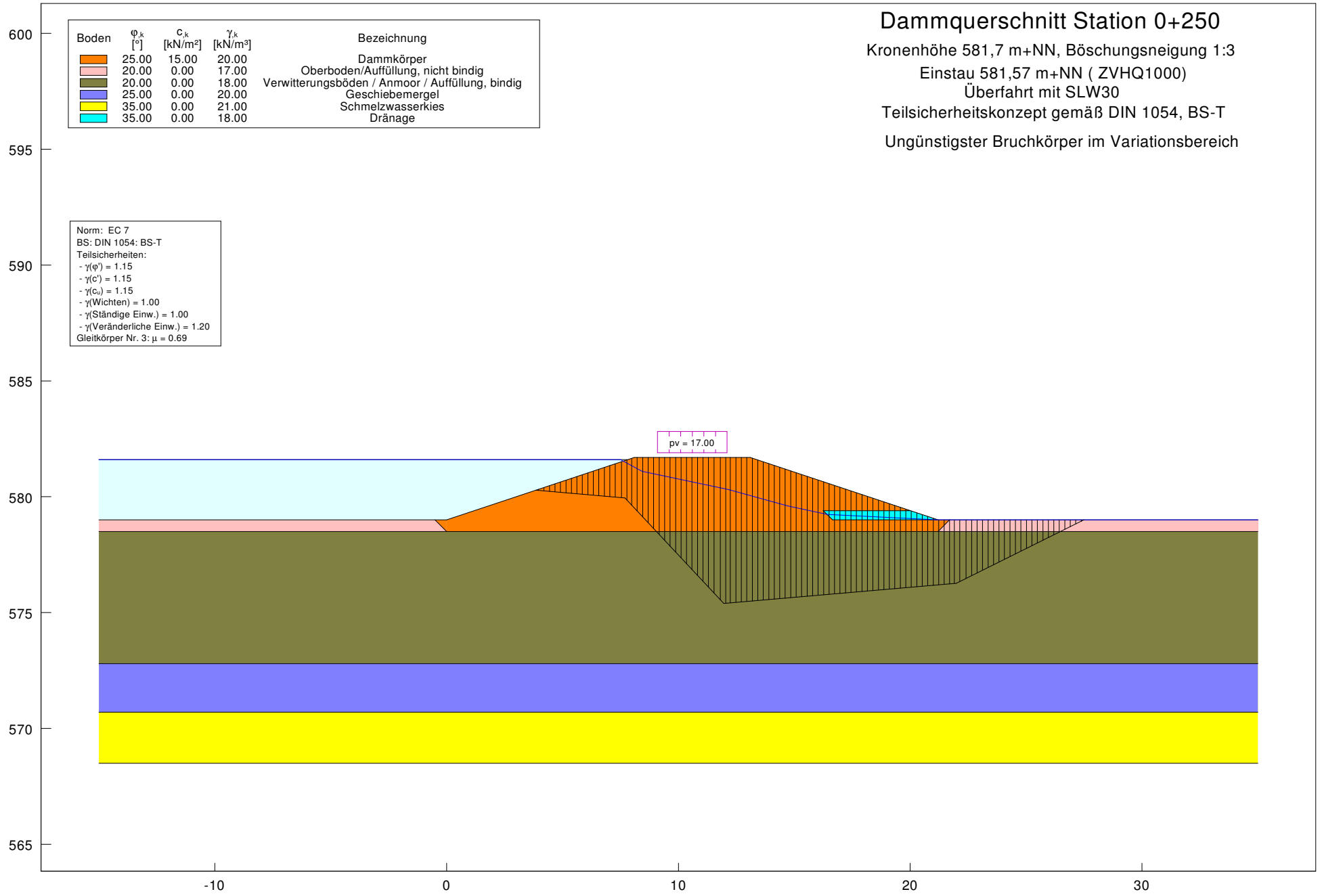
Kronenhöhe 581,7 m+NN, Böschungsneigung 1:3
Einstau 581,57 m+NN (ZVHQ1000)
Überfahrt mit SLW30
Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054, BS-T

Ungünstigster Bruchkörper im Variationsbereich

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	0.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	0.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	0.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	35.00	0.00	18.00	Dränage

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-T
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.15
- γ(c') = 1.15
- γ(c_u) = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Gleitkörper Nr. 3: μ = 0.69



Abschätzungen zur Dammüberströmung

1 Wehrüberströmung

Annahmen: **vollkommener Überfall**

Anströmgeschwindigkeit $v_0 \approx 0$ m/s

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

mit: Q: Überströmende Wassermenge in m³/s

b: Kronenbreite in m

g: Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

$h_ü$: Überfallhöhe in m

μ: Überfallbeiwert; für breitkroniges Wehr hier μ ≈ 0,6

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 $r_{hy} \approx h_ü$ in m

I: Sohlengefälle in m/m

4 Froude-Zahl, Grenztiefe und Grenzgeschwindigkeit bei Normalabfluss [U20]

Froudezahl

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Grenztiefe

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Grenzgeschwindigkeit

$$v_{gr} = \sqrt{g \cdot h_{gr}}$$

5 Wassertiefe bei Normalabfluss (stationär und gleichförmig) [U19] zutreffend im unteren Bereich der Rampe

$$h_N = \left(\frac{q}{k_{St} \cdot \sqrt{I}}\right)^{\frac{3}{5}}$$

mit:

v: Strömungsgeschwindigkeit in m/s

g: Erdbeschleunigung 9,81 m/s²

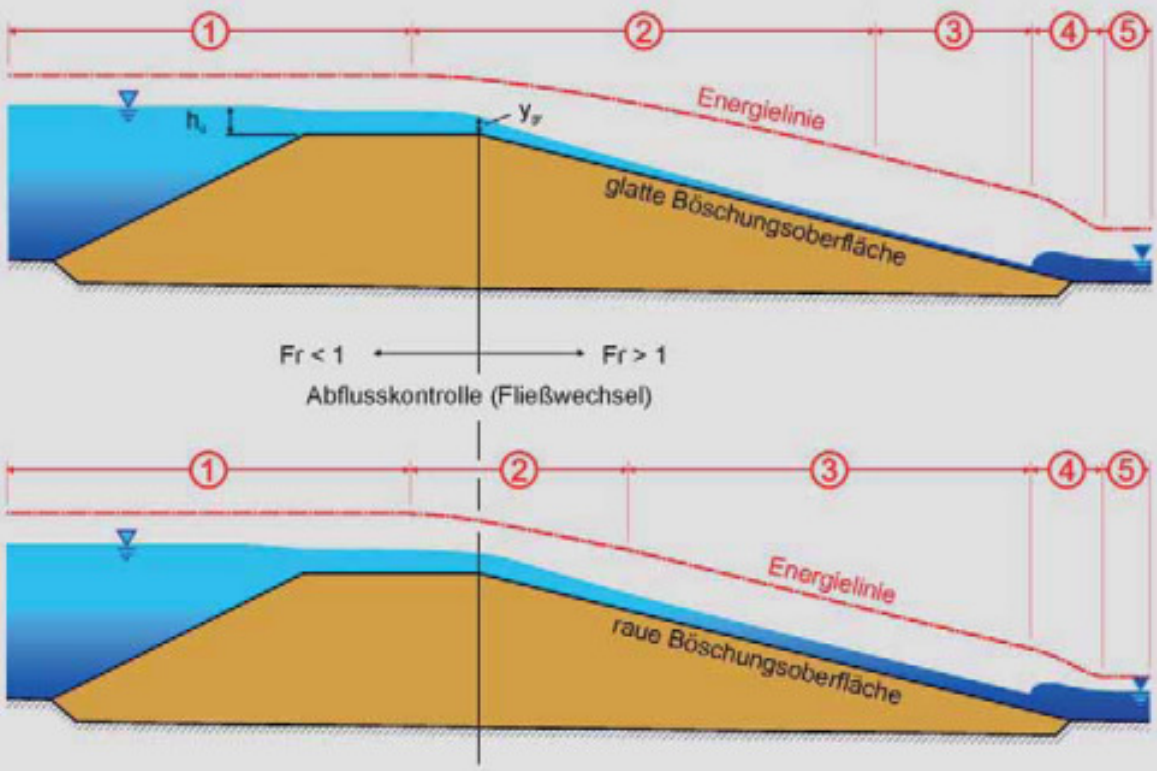
h: Wassertiefe in m

q: Abfluss je Breitenmeter in m³/(s·m)

I: Sohlengefälle (Rampenneigung) in m/m

k_{St}: Manning-Stricklerbeiwert in $m^{1/3}/s$

6 Querschnitt eines überströmbaren Dammbereichs mit glatter bzw. rauer Böschungsoberfläche [U19]



Energielinien-abschnitt	glatte Böschungsoberfläche	raue Böschungsoberfläche
① Zuströmbereich	- Energielinie horizontal - keine Energieverluste	- Energielinie horizontal - keine Energieverluste
② Beschleunigung	- Zunahme der Energieverluste - Abschnitt lang	- Zunahme der Energieverluste - Abschnitt kurz
③ Normalabfluss	- Abschnitt kurz - Abflusstiefe gering - Fließgeschwindigkeit hoch	- Abschnitt lang - Abflusstiefe groß - Fließgeschwindigkeit niedrig
④ Wechselsprung	- hohe Energieumwandlung - großes Energieliniengefälle	- hohe Energieumwandlung - großes Energieliniengefälle
⑤ Ablaufbereich	- Abflusstiefe gering - Fließgeschwindigkeit hoch	- Abflusstiefe groß - Fließgeschwindigkeit niedrig

Dr. Ebel & Co. GmbH Bad Wurzach - Arnach Betzigau b. Kempten	Biberach - HRB Rindenmoos	AZ 240707 Anlage 4.7.4

Berechnungsquerschnitt

Überströmstrecke

Kronenhöhe 581,2 m+NN, Böschungsneigung 1:5

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	25.00	15.00	20.00	Dammkörper
	20.00	1.00	17.00	Oberboden/Auffüllung, nicht bindig
	20.00	2.00	18.00	Verwitterungsböden / Anmoor / Auffüllung, bindig
	25.00	5.00	20.00	Geschiebemergel
	35.00	0.00	21.00	Schmelzwasserkies
	20.00	2.00	18.00	entfestigter Schartenbereich

Geosynthetics

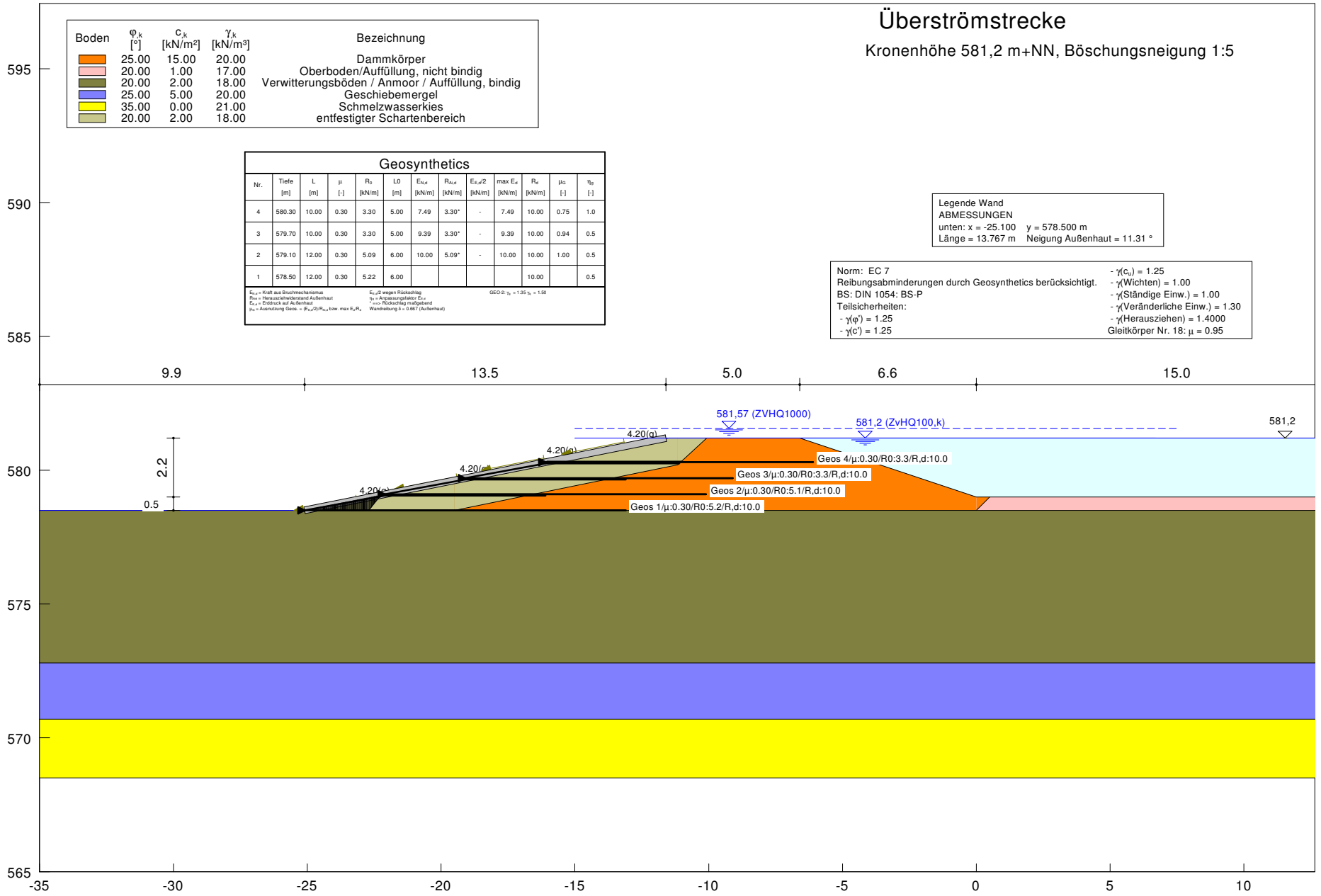
Nr.	Tiefe [m]	L [m]	μ [-]	R_0 [kN/m]	L0 [m]	$E_{N,d}$ [kN/m]	$R_{A,d}$ [kN/m]	$E_{E,d}/2$ [kN/m]	max E_d [kN/m]	R_d [kN/m]	μ_G [-]	η_B [-]
4	580.30	10.00	0.30	3.30	5.00	7.49	3.30*	-	7.49	10.00	0.75	1.0
3	579.70	10.00	0.30	3.30	5.00	9.39	3.30*	-	9.39	10.00	0.94	0.5
2	579.10	12.00	0.30	5.09	6.00	10.00	5.09*	-	10.00	10.00	1.00	0.5
1	578.50	12.00	0.30	5.22	6.00					10.00		0.5

$E_{N,d}$ = Kraft aus Bruchmechanismus
$R_{A,d}$ = Herausziehwiderstand Außenhaut
$E_{E,d}$ = Erddruck auf Außenhaut
μ_G = Ausnutzung Geos. = $(E_{E,d}/2)/R_{A,d}$ bzw. max E_d/R_d

$E_{E,d}/2$ wegen Rückschlag
η_B = Anpassungsfaktor $E_{E,d}$
" ==> Rückschlag maßgebend
Wandreibung $\delta = 0.667$ (Außenhaut)

GEO-2: $\gamma_g = 1.35$ $\gamma_q = 1.50$

Legende Wand
ABMESSUNGEN
unten: x = -25.100 y = 578.500 m
Länge = 13.767 m Neigung Außenhaut = 11.31 °

Norm: EC 7
Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30
- γ(Herausziehen) = 1.4000

Gleitkörper Nr. 18: $\mu = 0.95$