

**Süderweiterung
des Steinbruchs Plettenberg
der
HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH**

**Ergänzung zum Gutachten zu Fragen der
Hangstabilität am Plettenberg**

November 2018

Bearbeiter:
Prof. Dr. Tomás M. Fernandez-Steeger,

Technische Universität Berlin
Fachgebiet Ingenieurgeologie
Ernst-Reuter Platz 1
10587 Berlin

Auftraggeber:
HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH
Dormettinger Straße 23
72359 Dotternhausen

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Grundsätzliche Anmerkungen	3
3	Anmerkungen zu A: „Das LGRB geht nicht davon aus, dass ein direkter Scherversuch aufgrund der zwangsläufig sehr beschränkten Probenabmessungen repräsentative Kennwerte für den Hangschutt liefern kann“	4
4	Anmerkungen zu B: „Im Gutachten fehlt eine Dokumentation der durchgeführten Versuche. Erforderliche Angaben im Protokoll vgl. DIN 18137-3. Es ist unklar, ob die angegebenen Werte Mittelwerte aus mehreren Versuchen sind, oder ob jeweils nur ein Versuch durchgeführt wurde.“	5
5	Anmerkungen zu C: „Die Kohäsion der Restscherfestigkeit ist näherungsweise gleich 0. Der Angegebene Wert (21,0 kN/m ²) erscheint deutlich zu hoch. Zusätzlich zu den Scherparametern sollte die Dichte des Hangschutts angegeben werden.“	5
6	Zusammenfassung.....	8
7	Literatur	8
8	Anhang A	9

1 Veranlassung

Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) hat zu den Scherparametern des Hangschutts unter Bezug auf die Korrespondenz vom 08.02.2017 (Az. 4764/17_1302) kritisch angemerkt:

- A) „Das LGRB geht nicht davon aus, dass ein direkter Scherversuch aufgrund der zwangsläufig sehr beschränkten Probenabmessungen repräsentative Kennwerte für den Hangschutt liefern kann“
- B) „Im Gutachten fehlt eine Dokumentation der durchgeführten Versuche. Erforderliche Angaben im Protokoll vgl. DIN 18137-3. Es ist unklar, ob die angegebenen Werte Mittelwerte aus mehreren Versuchen sind, oder ob jeweils nur ein Versuch durchgeführt wurde.“
- C) „Die Kohäsion der Restscherfestigkeit ist näherungsweise gleich 0. Der Angegebene Wert (21,0 kN/m²) erscheint deutlich zu hoch. Zusätzlich zu den Scherparametern sollte die Dichte des Hangschutts angegeben werden.“

Zu den Anmerkungen wird wie folgt Stellung genommen.

2 Grundsätzliche Anmerkungen

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die zu untersuchende Fragestellung ist ob und ggf. wie der Abbau des Gebirges im geplanten Erweiterungsgebiet durch den Steinbruch die Standsicherheitssituation an den angrenzenden Außenhängen des Plettenbergs verändert. Der Hangschutt ist dabei die Lockergesteinsauflage unterhalb der Steilhänge, die sich am Plettenberg zumindest z.T. dadurch auszeichnet, dass es sich um alte Rutschmassen handelt. Die Untersuchungen im Gutachten zur „Süderweiterung des Steinbruchs Plettenberg der HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH - Gutachten zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg“ (Fernandez-Steege et. al. 2018) zeigen, dass die Stabilität des Hangschutts nur mittelbar durch die Stabilität der Wohlgeschichteten Kalke und kalkigen Bereich der Impressamergel-Formation beeinflusst werden, nämlich wie bei der Rutschung 2013 geschehen, bei einer undrainierte Belastung durch Sturzmassen. In den Untersuchungen wurde gezeigt, dass in keinem Fall die Veränderung der Morphologie durch den Steinbruch eine Änderung der Standsicherheit verursacht. Insofern ist nicht erkennen, wie durch den Steinbruch veränderte Lasten auf den Hangschutt einwirken sollen. Daraus kann darauf geschlossen werden, dass für die Fragestellung das Scherverhalten des Hangschutts von untergeordneter Bedeutung ist.

Ergänzend ist anzumerken, dass in den Profilen in den gegliederten Hängen unterhalb der Steilwand des Plettenbergs sich unterschiedliche Hangneigungswinkel ausgebildet haben. Im Profil des Südwesthangs am Plettenkeller (s. Abb. 1) können Hangneigungswinkel α von $>37^\circ$ bis $<13^\circ$ beobachtet werden. Bei einem kohäsionslosen Material gilt in erster Näherung die Beziehung

$$\eta = \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha}, \quad (1)$$

wobei α die Hangneigung und φ der Scherwinkel sind. Unter der Grenzbedingung 1 als Gleichgewichtszustand gilt, dass für einen stabiles Hanggleichgewicht α nicht größer als φ sein darf. Umgesetzt auf die im Profil beobachteten Hangneigungen am Plettenberg (exemplarisch aus Abb. 1 zwischen 37° und 13°) bedeutet das, dass bei Vernachlässigung der Kohäsion z.T. hohe Scherwinkel im Hangschutt angesetzt werden müssten, damit die Hänge zumindest im Grenzgleichgewicht sind.

Auf diesen Sachverhalt wurde auch in der Antwort vom 04.04. 2018 an das Landratsamt Zollernalbkreis auf die Korrespondenz des LGRB vom 08.02.2017 hingewiesen.

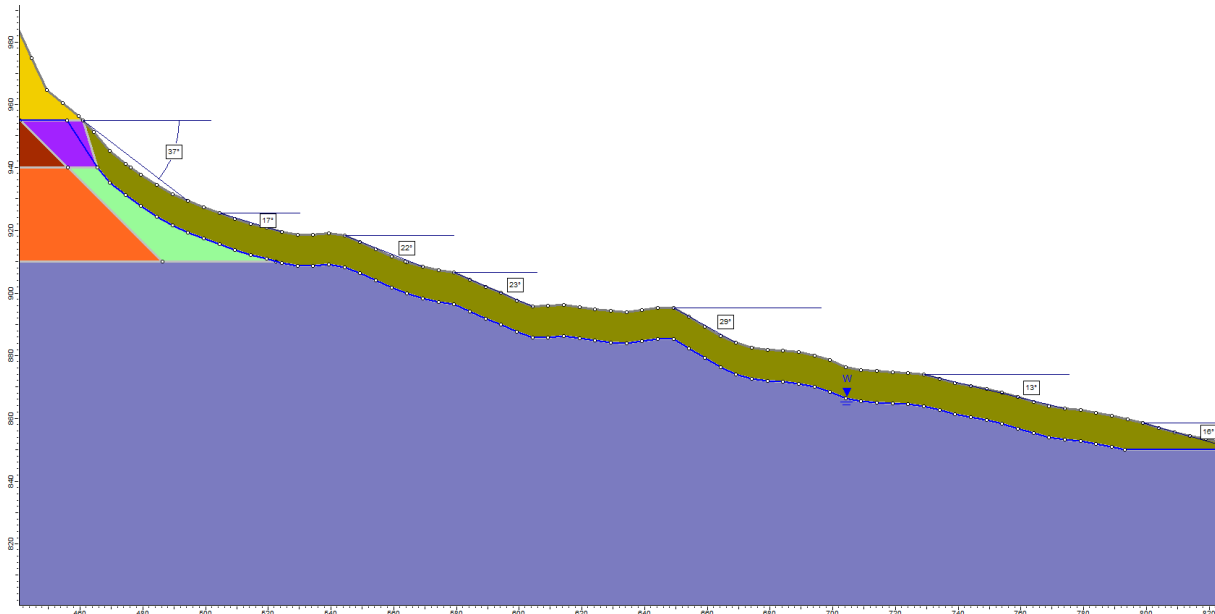


Abb. 1: Hangneigungen am SW Hang des Plettenbergs im Profil am Plettenkellers.

3 Anmerkungen zu A: „Das LGRB geht nicht davon aus, dass ein direkter Scherversuch aufgrund der zwangsläufig sehr beschränkten Probenabmessungen repräsentative Kennwerte für den Hangschutt liefern kann“

Die Frage der Eignung von Versuchen orientiert sich im Allgemeinen an den Proben und der Fragestellung und nicht der Repräsentativität von Proben bzw. Versuchen. Prinzipiell ist der direkte Scherversuch geeignet die erforderlichen Scherparameter für die als Hangschutt zusammengefassten Lockergesteine zu bestimmen. Die einzige Frage ist hierbei nur ob die Probenabmessungen bzw. Dimensionen des Scherkastens die Anforderungen hinsichtlich des Größtkorns erfüllen (z.B. DIN 18137-3). In diesem Fall wurden soweit ersichtlich kein Kies, sondern die tonige Matrix untersucht. Aufgrund des hohen Feinkornanteils im Bereich des Schluff und Tons ist davon auszugehen, dass diese das mechanische Verhalten dominieren. Erst mit einer dramatischen Erhöhung des Grobanteils würde das Material sein mechanisches Verhalten deutlich ändern (s. hierzu auch DIN 18196 in der sich die Bodenarten an dem mechanischen Verhalten orientieren). Im Allgemeinen gilt, dass spätestens ab einem Freikornanteil von kleiner 35 % das mechanische Verhalten von diesem kontrolliert wird und sich diesem stark annähert (in den praktischen Versuchen liegt dieser Wert bei einem Anteil von $< 20\%$). Da zusätzliches Grobkorn stützend wirkt ist diese Betrachtung, die das mechanische Verhalten stark berücksichtigt, konservativ.

Zur Repräsentativität ist generell anzumerken, dass bei den betrachteten Skalen die Untersuchungen und Modellierungen zwangsläufig Vereinfachungen bzw. Annahmen unterliegen. Diese wurden aber bewusst konservativ gestaltet um den ungünstigen Fall abzubilden, unabhängig ob es so eine ungünstige Situation überhaupt gibt.

4 Anmerkungen zu B: „Im Gutachten fehlt eine Dokumentation der durchgeführten Versuche. Erforderliche Angaben im Protokoll vgl. DIN 18137-3. Es ist unklar, ob die angegebenen Werte Mittelwerte aus mehreren Versuchen sind, oder ob jeweils nur ein Versuch durchgeführt wurde.“

Die Werte basieren auf der Masterarbeit von Garschagen (2016), der Untersuchungen an Proben aus dem Hang unterhalb des Plettenkellers im „Hangschutt“ entsprechend den gültigen DIN-Normen vorgenommen hat. Im Anhang der Arbeit finden sich die entsprechenden Versuchsprotokolle. Soweit bekannt, wurden die Werte an einer ungestörten Probe aus dem mittleren Hang unterhalb des Plettenkellers ermittelt. Es sind die einzigen verfügbaren aktuellen Daten die an Proben aus dem Hangschutt / Rutschmassen am Plettenberg gewonnen wurden und nicht wie sonst oft in solchen Fällen üblich anhand der Bodenart abgeschätzt wurden.

5 Anmerkungen zu C: „Die Kohäsion der Restscherfestigkeit ist näherungsweise gleich 0. Der Angegebene Wert (21,0 kN/m²) erscheint deutlich zu hoch. Zusätzlich zu den Scherparametern sollte die Dichte des Hangschutts angegeben werden.“

Prinzipiell ist der Wert für die Kohäsion hoch aber im Rahmen, wie aus den Vergleichswerten aus Tabelle 2 ersichtlich. Letztlich ist, wie oben dargelegt, wenn eine reduzierte Steigung des Bruchkriteriums aufgrund einer potentiellen Festigkeitsreduktion in möglichen Rutschmassen gewünscht ist aufgrund der Hangneigung eine Kohäsion aber notwendig um über weite Bereiche des Hangs zumindest den Grenzzustand darzustellen. Dies wurde dem LGRB auch mitgeteilt.

Aufgrund des begrenzten Scherwegs von 12 mm sollte aber richtigerweise von kritischem Scherwinkel gesprochen werden. Das LRGB hat zurecht angemerkt, dass für die kritischen Scherparameter im Allgemeinen ein Grenzbedingung mit erzwungenem Durchgang im Nullpunkt (ohne Kohäsion) verwendet wird. Dies entspricht einer Konvention und ist nicht zwangsweise aus Versuchsdaten ableitbar.

Zunächst sind die Scherparameter wie oben erwähnt aus Garschagen (2016) übernommen, da keine anderen Parameter die auf Messungen basieren vorliegen. Bei seiner Auswertung wurde der residuale bzw. kritische Scherwinkel anhand des Plateaus im Scherspannungs-Scherweg Diagramm (τ -s Diagramm) nach dem Überschreiten der maximalen Bruchspannung ermittelt. Meist wird bei einer Auswertung des residualen Scherwinkels dann der Ursprung im Nullpunkt festgelegt (keine Kohäsion). Entsprechend dieser Auswertung beträgt der residuale Scherwinkel dann 21°, was bedeutet, dass in diesem Fall gegenüber dem maximalen Scherwinkel die spannungsabhängige Komponente der Steigung nahezu unverändert bleibt und nur die Kohäsion vernachlässigt wird (s. Tab. 1).

Tabelle 1: Scherparameter aus Versuchsdaten Garschagen (2016)

	Kohäsion [kN/m ²]	Scherwinkel [°]	Wichte [kN/m ²]
Maximale Scherfestigkeit (Garschagen 2016)	31,8	21,7	18,4
„Restscherfestigkeit“ (Garschagen 2016)	21	15,9	18,4
Kritische Scherfestigkeit	0	21	18,4

Wie oben erwähnt wird bei Böden deren Scherfestigkeit schwer zu bestimmen ist, z.B. hier aufgrund des Größtkorns, oft typische Scherparameter für die entsprechende Bodenart verwendet. Unter Berücksichtigung der von Garschagen (2016) ermittelten Kornverteilung mit $d_{60} = 0,0065$ (s. Abb. 2) bzw. 0,0053 mm in einer zweiten Probe, der Fließgrenze von $w_L = 60\%$, der Plastizitätszahl von $I_p = 30\%$ und Wichte von 18,4 kN/m² handelt es sich um einen ausgeprägt plastischen Ton der Bodengruppe TA. Bei der Einteilung ist grundsätzlich zu beachten, dass bei der Klassifikation das dominierende mechanische Verhalten zu berücksichtigen ist. Bei so hohen Feinkornanteilen ist davon auszugehen, dass diese das mechanischen Verhalten dominieren. Eine Erhöhung des Grobkornanteils wird ansonsten zu einer Festigkeitszunahme führen. Dabei ist noch anzumerken, dass unter den Bodengruppen nur organisch Böden geringere Scherfestigkeiten als die Bodenart TA aufweisen.

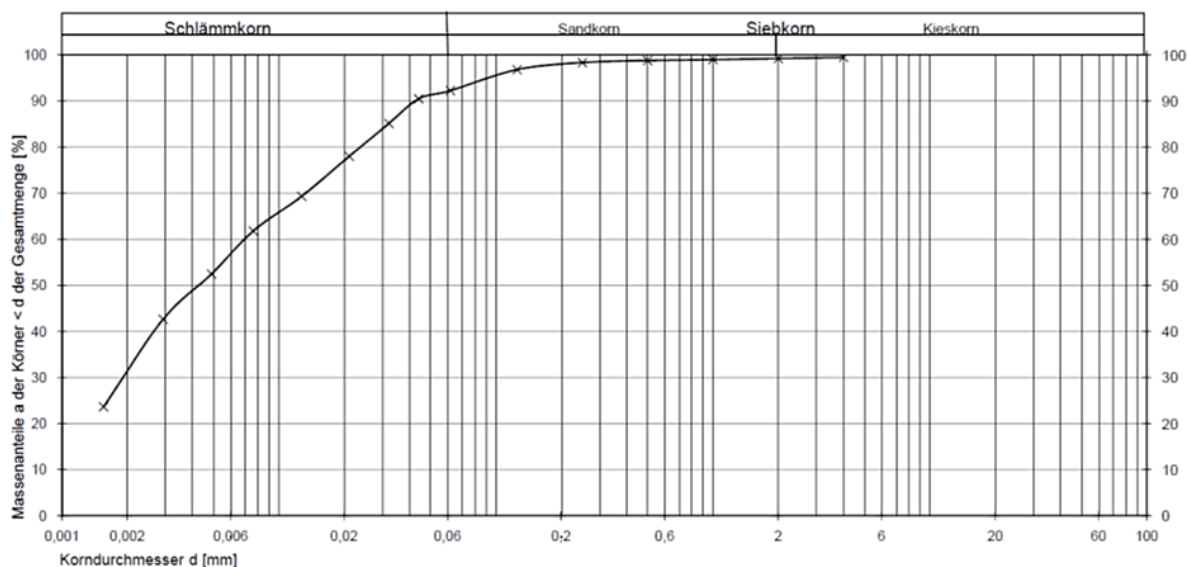


Abb. 2: Kornverteilungskurve Probe 1 aus der Hangschutteinheit, Bodenart TA

In Tabelle 2 sind typische Scherparameter aus unterschiedlichen Quellen für die Bodenart TA angegeben. Insofern sind die Werte nach Garschagen (2016) hoch, können aber in entsprechenden Böden auftreten.

Um abschließend zu klären ob andere Scherparameter zu einer Änderung der Aussage hinsichtlich des Einflusses der Erweiterung auf die Standsicherheit der Hänge führen wurden ergänzende Simulationen mit veränderten Scherparametern für den Hangschutt durchgeführt (s. Tabelle 2 und Anhang A-1 bis A-8).

Tabelle 2: Typische Scherparameter der Bodengruppe TA nach DIN 18195 (aus Düllmann 2011)

	Kohäsion [kN/m ²]	Scherwinkel [°]	Wichte [kN/m ³]
TA (DIN 1055 T2)	0	17,5	18
		17,5	19
		17,5	20
TA (Türke 1990)	40	20	19
	30	20	18
TA (EAU 2004)	5 - 15	20 - 25	17,5
	10 - 20		18,5
	15 - 25		19,5
TA (Grundbau Taschenbuch 2008)	60	17	16,5
	20	27	20
CH (vergleichbar TA) (VSS)	25 ± 10	22 ± 4	17,2 ± 1,5

In Tabelle3 sind die Simulationsergebnissen aus dem Anhang bzw. im Anhang des Gutachtens Fernandez-Steege et. al. 2018 für die SW- Böschung des Plettenbergs am Plettenkeller zusammengefasst. Für das Festgestein sind die Änderungen relativ klein mit 0,1 zwischen maximal 1,9 und minimal 1,8. Diese Änderungen sind mit dem Einfluss der Scherfestigkeit auf die Stützwirkung bei Gleitkreisen am Fuß der Wand am Plettenkeller zu erklären, einem Bereich in dem die Hangneigungen ohnehin für noch höhere Scherfestigkeiten sprechen. Im Lockergestein hingegen wirken sich die Änderungen deutlich aus. Hier treten ausgeprägte Instabilitäten bei der Reduktion der Kohäsion auf 0 kN/m² auf. Derartig ausgeprägte und dauerhafte/statische Instabilitäten aufgrund einer geringen Scherfestigkeit konnten aber im Gelände 2015 und 2017 nicht beobachtet werden bzw. hätten durch Massenbewegungen bereits einem Ausgleich entgegenstreben müssen. Hierbei ist zu beachten, dass diese Änderungen sich auf Szenarien mit unterschiedlichen Festigkeitsparametern für den Hangschutt beziehen.

Tabelle 3: Berechnete Standsicherheitsfaktoren für unterschiedliche Scherparameter des hangschutts am SW-profil (Plettenkeller).

Scherwinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	1. Fall Teils Festgestein		2. Fall Nur Lockergestein	
		heute	Endzustand	heute	Endzustand
15	21	1,895*	1,895*	1,438*	1,438*
15	0	1,799*	1,799*	0,438*	0,438*
17	10	1,859*	1,859*	1,167*	1,167*
20	8	1,876*	1,876*	1,260*	1,260*
21	0	1,852*	1,852*	0,628*	0,628*

* = Bishop

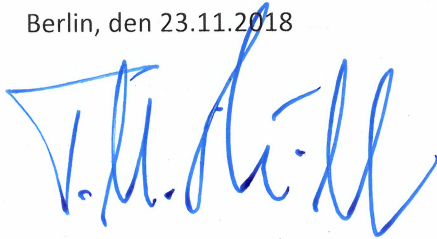
In keiner Simulation wurde aber eine Änderung der Standsicherheitsfaktoren zwischen dem heutigen Zustand und dem Zustand zum Ende des Abbaus beobachtet, unabhängig davon welche

Scherparameter angesetzt wurden. Dies war unter Berücksichtigung der Untersuchungen in Fernandez-Steeger et al. (2018) auch nicht zu erwarten und spricht dafür, dass in den untersuchten Fällen die angesetzten Parameter im Hangschutt unabhängig von dem geplanten Abbau im Erweiterungsgebiet des Steinbruchs zu sehen sind.

6 Zusammenfassung

Die Lockergesteinsmassen über dem anstehenden Gestein sind insgesamt heterogen, und Wechseln je nach unterliegender Lithologie und Abstand zu Steilzonen ihren Kies bzw. Ton/Schluff Anteil. Generell sind diese im oberen Bereich des Hangs kiesiger bzw. steiniger ausgeprägt als in den tieferen Lagen. Zudem dürfte sich in den tieferen Lagen des Plettenbergs auch der Übergang zum Ornatenton-Formation in der Materialzusammensetzung bemerkbar machen. Aufgrund der ausgeprägten Topographie und Heterogenität wurden Scherparameter für den Hangschutt gewählt die keine zur rezenten Situation widersprüchlichen Hanggleichgewichte hervorrufen. Die Simulationen haben aber auch gezeigt, dass bei einer Reduktion der Kohäsion auf 0 bzw. Kombinationen mit geringen Kohäsionswerten keine Änderung der Standsicherheitsfaktoren zwischen heutigem Zustand und dem am Ende eines Abbaus im Erweiterungsgebiet zu erkennen sind.

Berlin, den 23.11.2018



Prof. Dr. Tomás M. Fernandez-Steeger

7 Literatur

Düllmann, H. (2011): Bodenuntersuchungen für bautechnische Zwecke - Band 1: Gelände- und Laboruntersuchungen. Mitt. Ing.- u. Hydrogeologie 100, 181 S..

Fernandez-Steeger, T. et. al. (2018): Süderweiterung des Steinbruchs Plettenberg der HOLCIM (SÜDDEUTSCHLAND) GMBH - Gutachten zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg. Berlin 20.11.2018, 142 S.

Garschagen, C. (2016): Untersuchung von Massenbewegungen in den Schichten des Jura am Südhang des Plettenbergs bei Balingen. Unveröffentlichte Abschlussarbeit Master of Science, RWTH Aachen, 104 S.

8 Anhang A

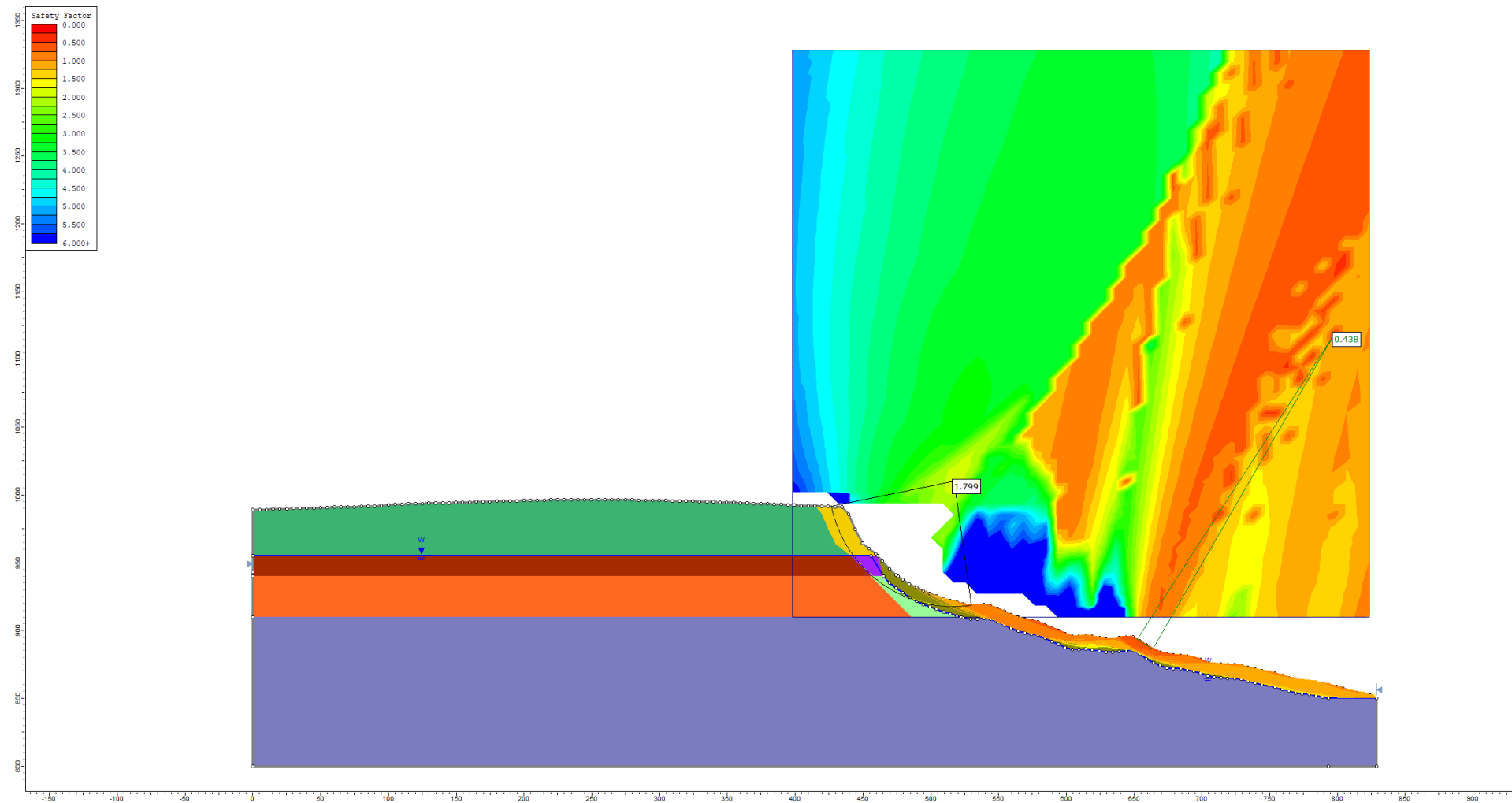


Abb. A-1: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) im heutigen Zustand für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 15^\circ$ und $c = 0 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

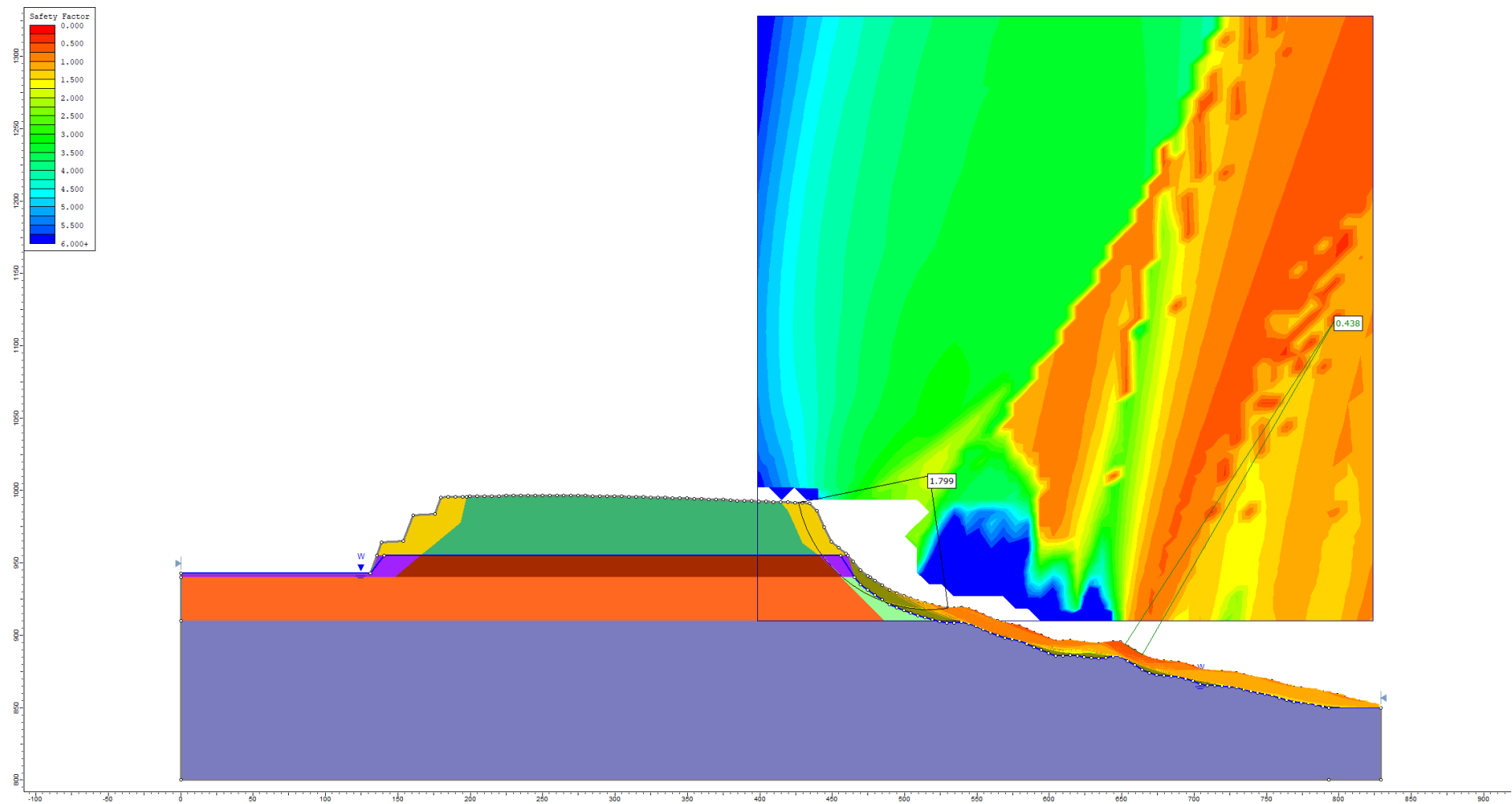


Abb. A-2: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 15^\circ$ und $c = 0 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

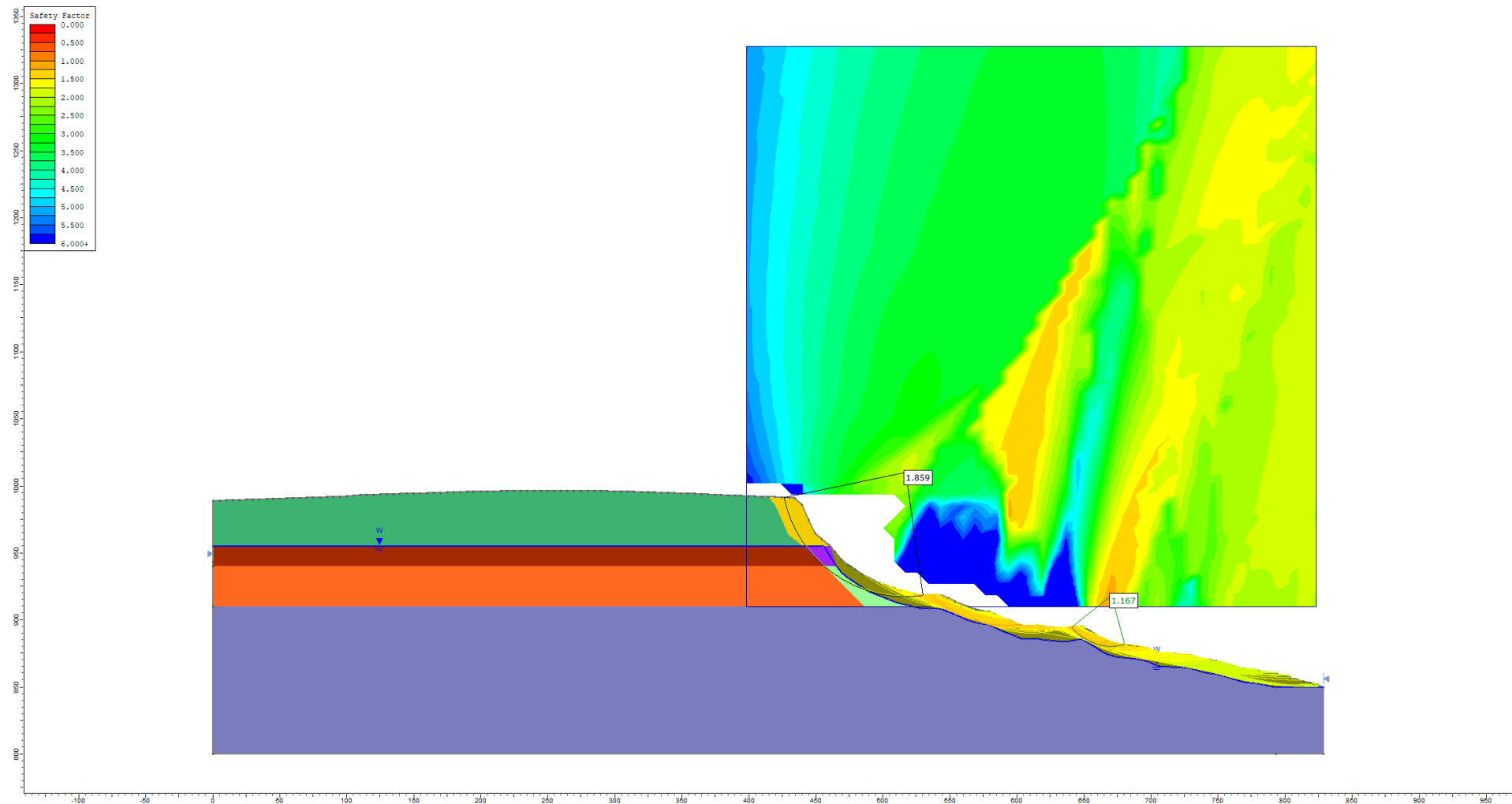


Abb. A-3: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) im heutigen Zustand für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 17^\circ$ und $c = 10 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

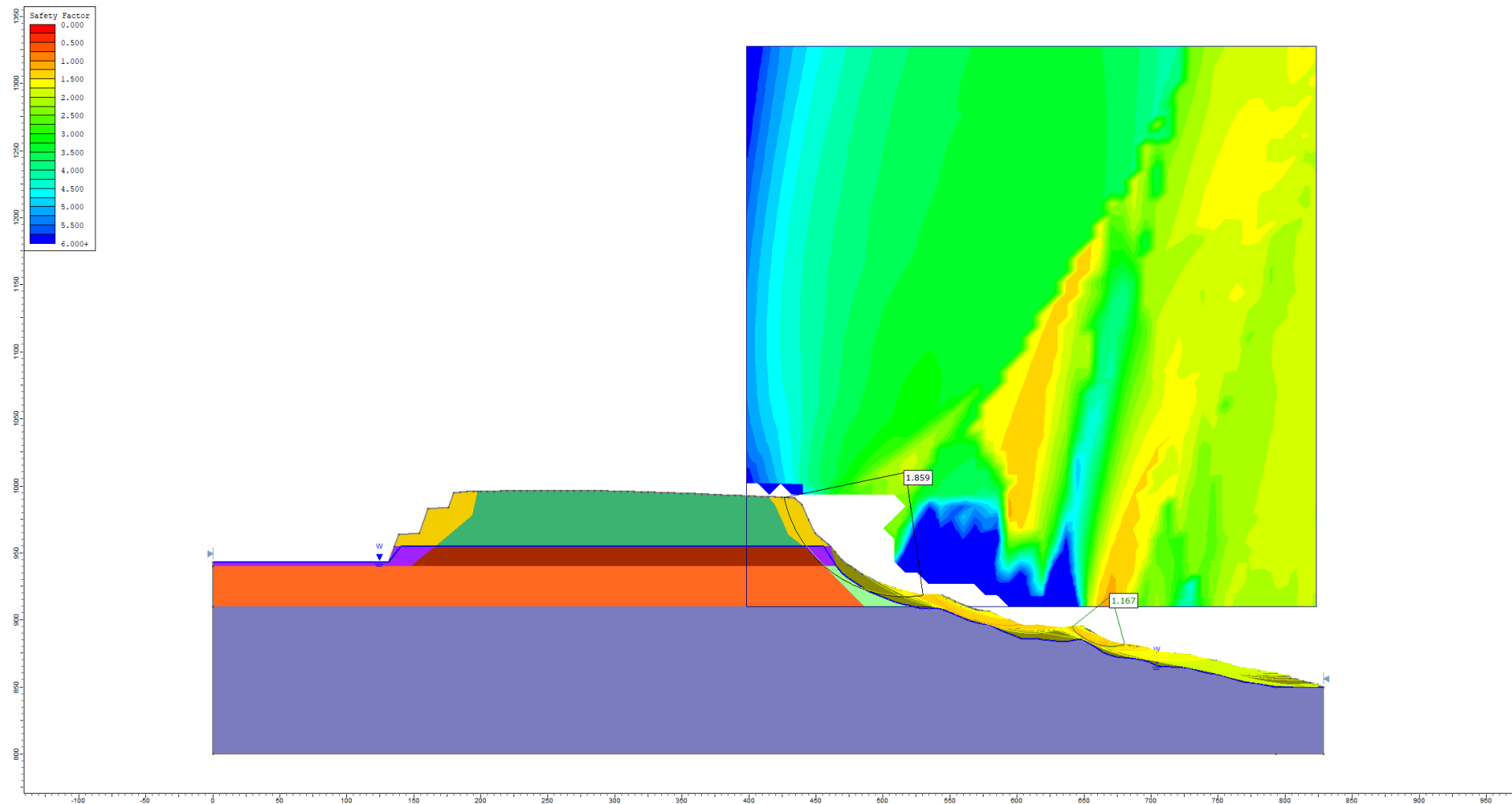


Abb. A-4: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 17^\circ$ und $c = 10 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

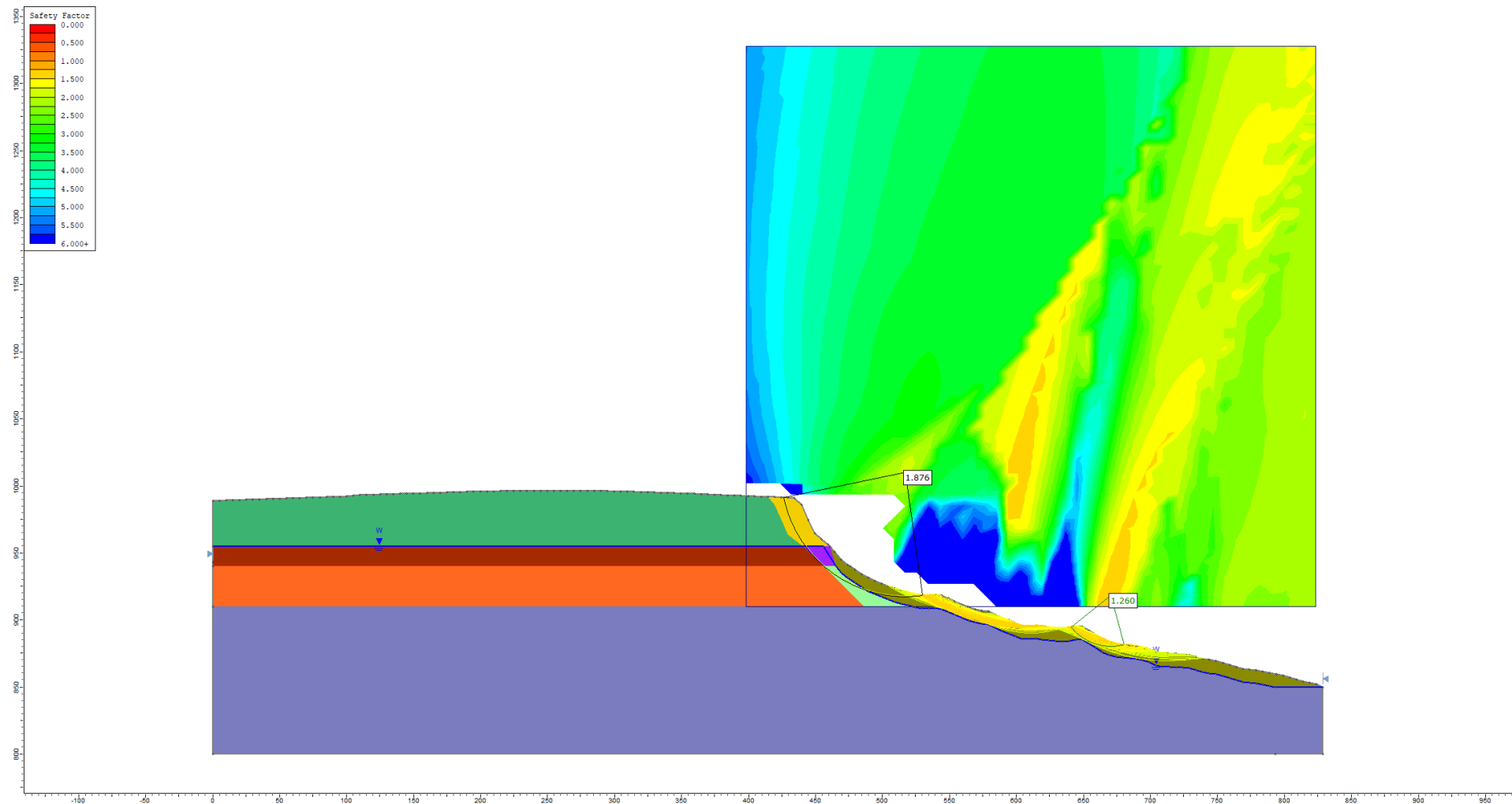


Abb. A-5: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) im heutigen Zustand für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 20^\circ$ und $c = 8 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

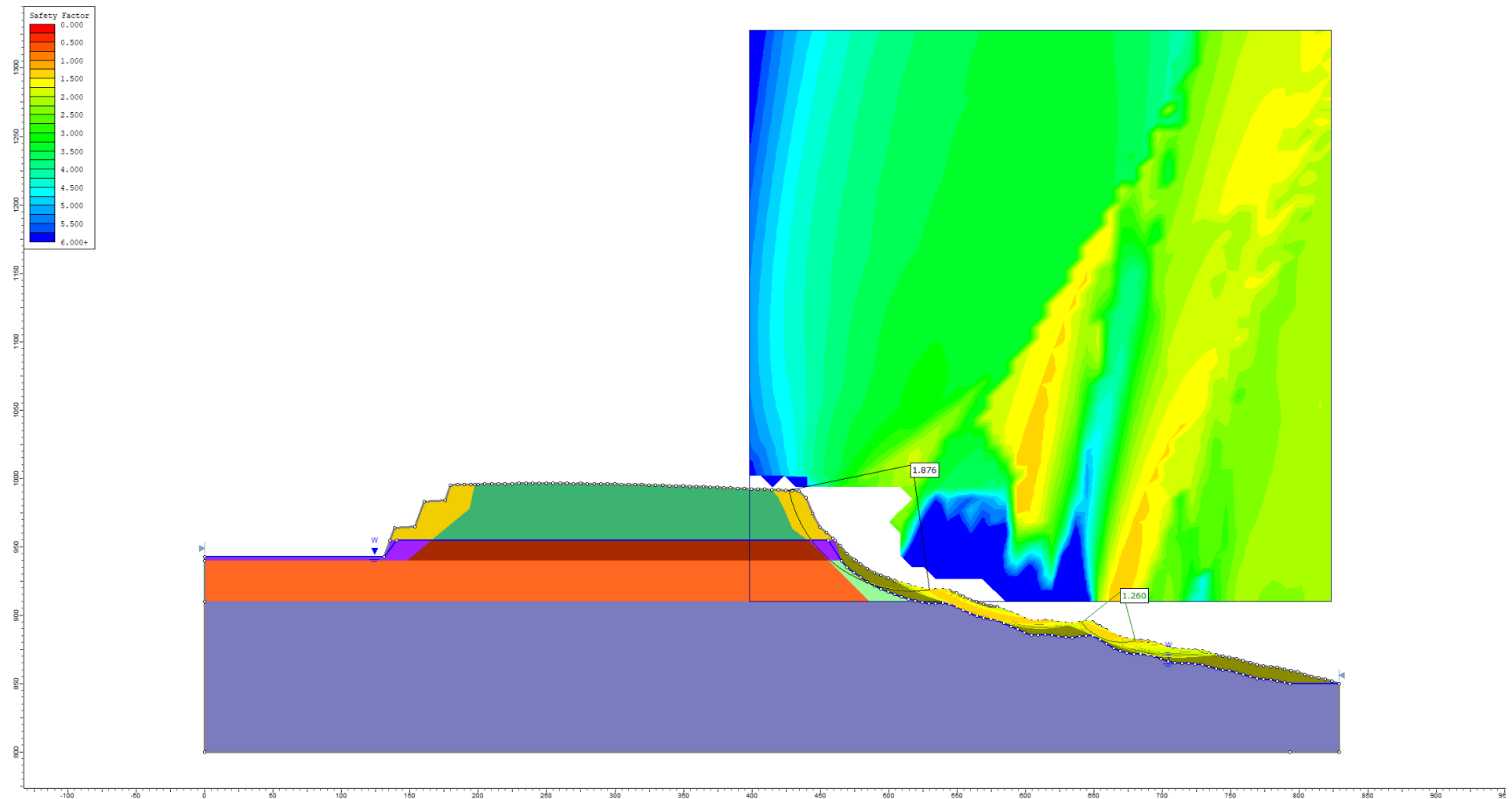


Abb. A-6: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 20^\circ$ und $c = 8 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

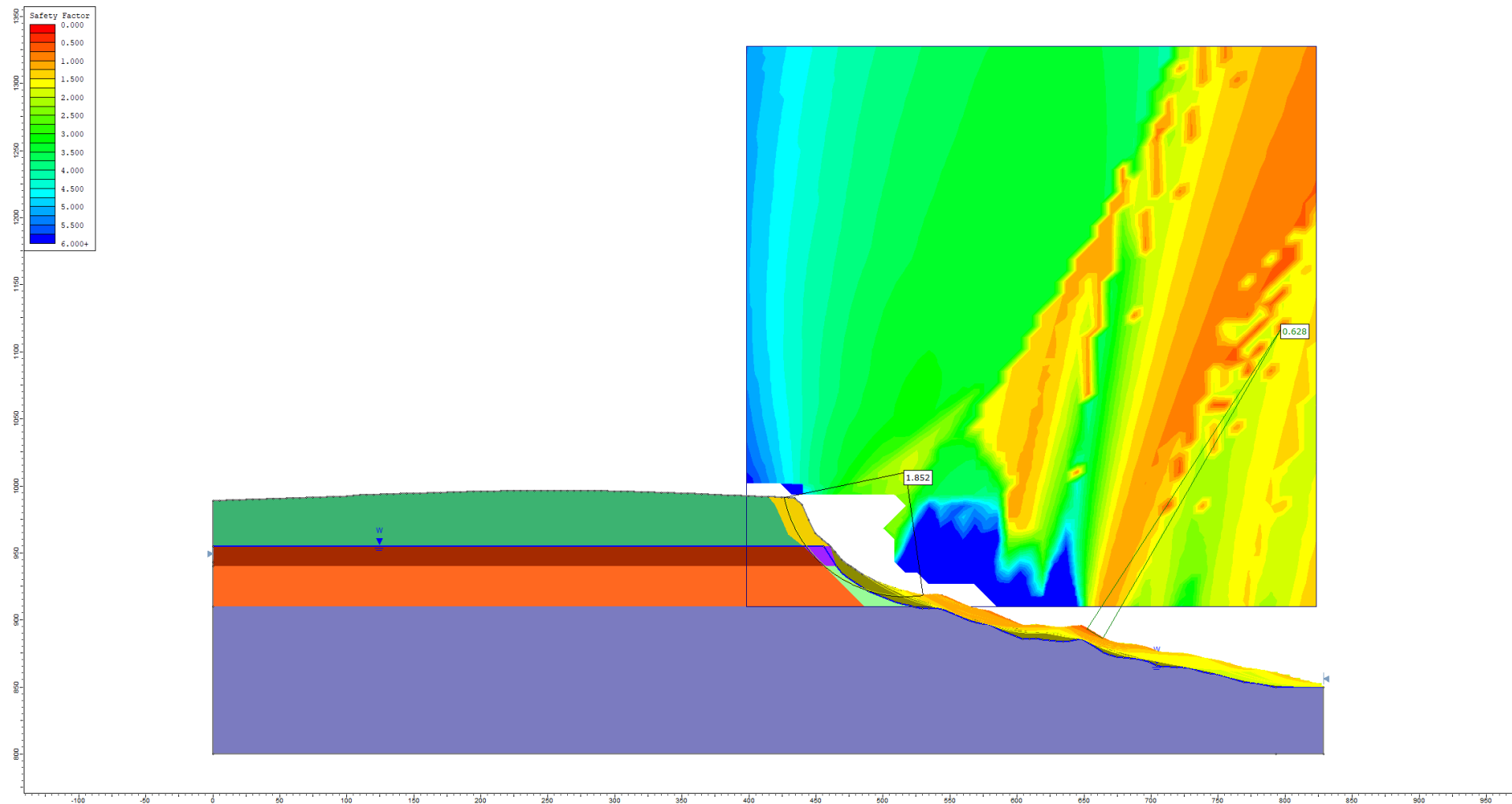


Abb. A-7: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) im heutigen Zustand für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 21^\circ$ und $c = 0 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.

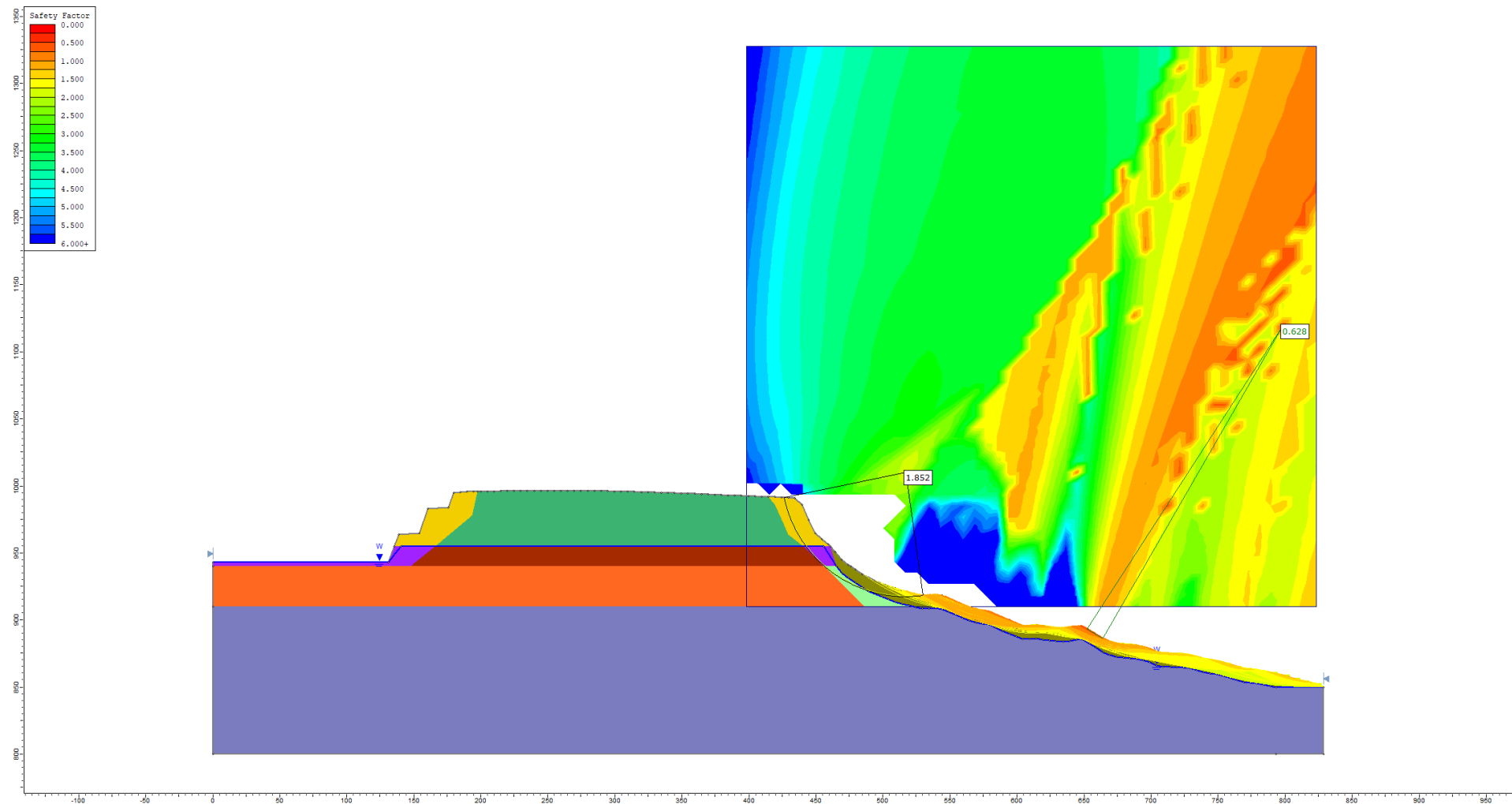


Abb. A-8: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit des Außenhangs nach Bishop mit $\varphi = 21^\circ$ und $c = 0 \text{ kN/m}^2$ als Scherparameter für den Hangschutt.