

Steinbruch Ellenberg / Abbaufeld Gollenberg

Gebirgsmechanische Beurteilung der gewachsenen und geschütteten Böschungen

**Auftraggeber:
Basalt-Actien-Gesellschaft**



Auftragnehmer:



**Prof. Dr.-Ing. habil. H. Tudeshki
Mining Technology Consulting**

| Inhaltsverzeichnis | | Seite |
|---------------------------|--|--------------|
| 1 | Einleitung und Aufgabenstellung | 3 |
| 2 | Datengrundlage und Vorgehensweise | 4 |
| 3 | Auswahl der repräsentativen Profile | 4 |
| 4 | Geomechanische Berechnungen | 5 |
| 5 | Fazit..... | 7 |

| Anlagen | Seite |
|--|--------------|
| Anlage 1: Lage der ausgewählten Profile | 8 |
| Anlage 2: Profil 1 | 9 |
| Anlage 3: Profil 1 – Modell (Wasserstand: 435 m ü. NN) | 10 |
| Anlage 4: Profil 1 – Vermaschung | 12 |
| Anlage 5: Profil 1 – Scherspannung | 13 |
| Anlage 6: Profil 1 – Standsicherheitsbeiwert | 14 |
| Anlage 7: Profil 2 | 15 |
| Anlage 8: Profil 2 – Modell..... | 16 |
| Anlage 9: 2 – Scherspannung: | 17 |
| Anlage 10: Profil 2 – Standsicherheitsbeiwert: | 18 |
| Anlage 11: Profil 3 | 19 |
| Anlage 12: Profil 3 – Modell..... | 20 |
| Anlage 13: Profil 3 – Scherspannung: | 21 |
| Anlage 14: Profil 3 – Standsicherheitsbeiwert: | 22 |
| Anlage 15: Profil 4 | 23 |
| Anlage 16: Profil 4 – Modell..... | 24 |
| Anlage 17: Profil 4 – Scherspannung: | 25 |
| Anlage 18: Profil 4 – Standsicherheitsbeiwert: | 26 |

| Tabellenverzeichnis | Seite |
|--|--------------|
| Tabelle 4-1: Materialkennwerte zur Ermittlung der Böschungstabilität | 5 |

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Firma Basalt Actien-Gesellschaft (Südwestdeutsche Hartsteinwerke) beabsichtigt zur Aufrechterhaltung der Produktion des Tagebaus Ellenberg eine Tagebauerweiterung (Abbaufeld Gollenberg) vorzunehmen. Die im Rahmen des bergrechtlichen Raumordnungsverfahrens einzubringenden Unterlagen und Planungen erfordern einen Stabilitätsnachweis der zu erstellenden Böschungen bzw. Böschungssysteme. Hierzu sind sowohl die gewachsenen Tagebauböschungen als auch die Böschungen der Innenkippe hinsichtlich ihrer Stabilität zu beurteilen.

Der Wasserspiegel wird in den ersten 30 Jahren nach Beendigung der Gesteinsgewinnung auf etwa 425 m ü. NN ansteigen. Nach etwa 60 Jahren erreicht das Niveau 435 m ü. NN und es erfolgt ein Überlauf am tiefsten Punkt des umgebenden Geländes. Dieser liegt derzeit in Richtung Molkenbach westlich des Abbaufeldes Gollenberg.

Den Berechnungen der Böschungstabilität für den Endzustand wurde der Wasserspiegel mit dem Niveau 435 m ü. NN zugrunde gelegt.

Gegenstand des vorliegenden Gutachtens ist, die Untersuchung und Beurteilung der Böschungen.

Es ist darauf hinzuweisen, dass zum Zeitpunkt der Berechnungen keine Ergebnisse aus Labor- bzw. Felduntersuchungen vorlagen.

2 Datengrundlage und Vorgehensweise

Die Grundlage der geomechanischen Berechnungen bilden eigene Geländebegehung zur visuellen Einschätzung des Gebirgsaufbaus sowie die Ergebnisse der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Erkundungsbohrungen von 2007.

Darauf basierend und unter Berücksichtigung der geologischen und petrographischen Beschreibung der Gesteinsarten wurden repräsentative geomechanische Parameter aus der Literatur entnommen und durch eigene Erfahrung ergänzt. Die Übernahme und Einarbeitung der aktuellen Vermessungsdaten, der Abbauplanung und die daraus erstellte dreidimensionale Modellierung bilden die Voraussetzungen zur Erstellung von repräsentativen Profilschnitten. Die Simulation der jeweiligen Profile in einem zweidimensionalen geomechanischen Modell erlaubt die Beurteilung des Spannungs- und Verschiebungsverhaltens der Böschungen entlang des jeweiligen Profilschnittes.

3 Auswahl der repräsentativen Profile

Nach Aufnahme und Einarbeitung der Abbauplanung und der bereits erstellten dreidimensionalen Lagerstättenmodellierung wurden vier repräsentative Profile ausgewählt. Die Lage der jeweiligen Profile gehen aus der Anlage 1 hervor.

Die Standfestigkeitsberechnungen konzentrieren sich auf die gewachsenen und gekippten Endböschungssysteme des Abbaufeldes Gollenberg.

4 Geomechanische Berechnungen

Zur Ermittlung der Böschungstabilität entlang der K 7 wurde das gewachsene Böschungssystem simuliert (Anlage 2 – Profil 1). Ebenfalls wurden den geomechanischen Berechnungen zwei weitere repräsentative Profile des gewachsenen Randböschungssystems (Profil 2 und Profil 3) sowie einem Profil der Innenkippe des Abbaufeldes Gollenberg im Endabbaustand (Profil 4) zugrunde gelegt. Der geologische Aufbau des Gebirges entspricht den Ergebnissen der erstellten dreidimensionalen Lagerstättenmodellierung.

Die Festigkeitskennwerte des Verkippungsmaterials wurden in Anlehnung an Literaturangaben sowie eigenen Erfahrungen gewählt. In der Tabelle 4-1 sind die Materialkennwerte der vorhandenen Gesteinsarten aufgeführt. Zur Vermeidung einer Überschätzung der Kohäsion des Verkippungsmaterials wurde der Kohäsionswert stark herabgesetzt. Dabei wurde für die Kohäsion ein Wert von 5 kN/m² und für den Reibungswinkel ein Wert von 32° angesetzt.

| Geomechanische Kennwerte | Diabas | Abraum und Verwitterungsmaterial | Liegendes | Verkippungsmaterial |
|----------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Reibungswinkel φ : | 40° | 37° | 37° | 32° |
| Kohäsion c: | 600 kN/m ² | 300 kN/m ² | 500 kN/m ² | 5 kN/m ² |
| E-Modul: | 6.000 MPa | 3.500 MPa | 3.400 MPa | 150 MPa |
| Permeabilität K_f : | 5 x E -8 m/s | 5 x E -8 m/s | 1 x E -9 m/s | 1 x E -6 m/s |

Tabelle 4-1: Materialkennwerte zur Ermittlung der Böschungstabilität

Die gebirgsmechanischen Berechnungen basieren auf einem Finite-Elemente-Modell unter Zugrundelegung des Stoffgesetzes von Mohr-Coulomb. Für die Berechnungen wurde zunächst das geometrische Modell der Böschung im derzeitigen Zustand rechnergestützt nachgebildet. Für die Erzeugung der finiten Elemente wurde anschließend eine Vermaschung des Modells vorgenommen. Die Lasten und Verschiebungen werden im Modell an den Knoten der finiten Elemente berechnet. Die Spannungen und Dehnungen werden an den gaußschen Integrationspunkten ermittelt. Nach Aufbau und Vermaschung des Modells wurden die Materialkennwerte für das gewachsene Material und die Kippe eingegeben. Die Berechnung der Standsicherheit des Böschungssystems erfolgt durch das anerkannte numerische Verfahren der C- φ -Reduktion. Die gewählten Berechnungen erlauben eine gute Visualisierung des Spannungs- und Verschiebungsverhaltens des Gebirges einschließlich der Form und Lage eines Böschungsbruches. Darüber hinaus können die rutschungsverursachenden Scher- und

Verschiebungskräfte vektoriell dargestellt werden. In den Anlagen sind die simulierten Böschungsmodelle bei der vorgesehenen Abbauentwicklung, die Vermaschung sowie die Form des Rutschkörpers im Falle eines Böschungsversagens und das Ergebnis der Standfestigkeitsermittlung (Stand sicherheitsbeiwert) dargestellt.

Da das Berechnungsmodell das Maß der Sicherheit einer Böschung durch Reduktion der vorhandenen Scherfestigkeit des Gebirges bis zum Bruch und deren Verhältnis zur Anfangsfestigkeit ermittelt, ergibt sich stets als Ergebnis der Berechnung das Bild eines Bruchkörpers bzw. die Zone der maximalen Schubspannungen (shear strain). Zur Beurteilung der Stabilität wird zusätzlich der zugehörige Sicherheitsbeiwert herangezogen.

Für die Böschungstabilität kommt dem Profil 1 aufgrund der geographischen Lage (Böschungssystem entlang der K 7) eine entscheidende Bedeutung zu. Für das simulierte gewachsene Böschungssystem entlang der K 7 (Profil 1) unter Berücksichtigung eines Wasserspiegelniveaus von 435 m ü. NN ergibt sich ein rechnerischer Stand sicherheitsbeiwert von 5,15. Das Böschungssystem ist somit als dauerhaft standsicher einzuschätzen und verfügt über ein ausreichendes Stand sicherheitspotential. Die Ergebnisse der Simulation und der Berechnung dieses Profils sind in den Anlagen 3 bis 6 abgebildet.

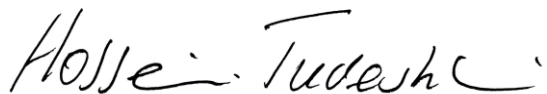
Zur Ermittlung der Böschungstabilität an der östlichen sowie nördlichen Grenze des Abbaufeldes wurde ebenfalls das gewachsene Böschungssystem im Endabbaustand unter Berücksichtigung eines Wasserspiegelniveaus von 435 m ü. NN simuliert (Profil 2 und 3). Die Berechnungen für das Profil 2 weisen eine höhere Sicherheit auf. Der errechnete Stand sicherheitsbeiwert beträgt 5,2 für das Profil 2 und 3,27 für das Profil 3. Somit verfügt das Böschungssystem über ein ausreichendes Stand sicherheitspotential und ist als sicher einzustufen (Anlage 7 bis Anlage 14).

Für das simulierte Böschungssystem der Innenkippe im Abbaufeld Gollenberg unter Berücksichtigung eines Wasserspiegelniveaus von 435 m ü. NN (Profil 4) ergibt sich ein rechnerischer Stand sicherheitsbeiwert von 2,8. Das Böschungssystem ist somit dauerhaft standsicher und verfügt über ein Sicherheitspotential von ca. 180%. Die Ergebnisse der Simulation und der Berechnung des Böschungssystems der Innenkippe sind in den Anlagen 15 bis 18 dargestellt.

5 Fazit

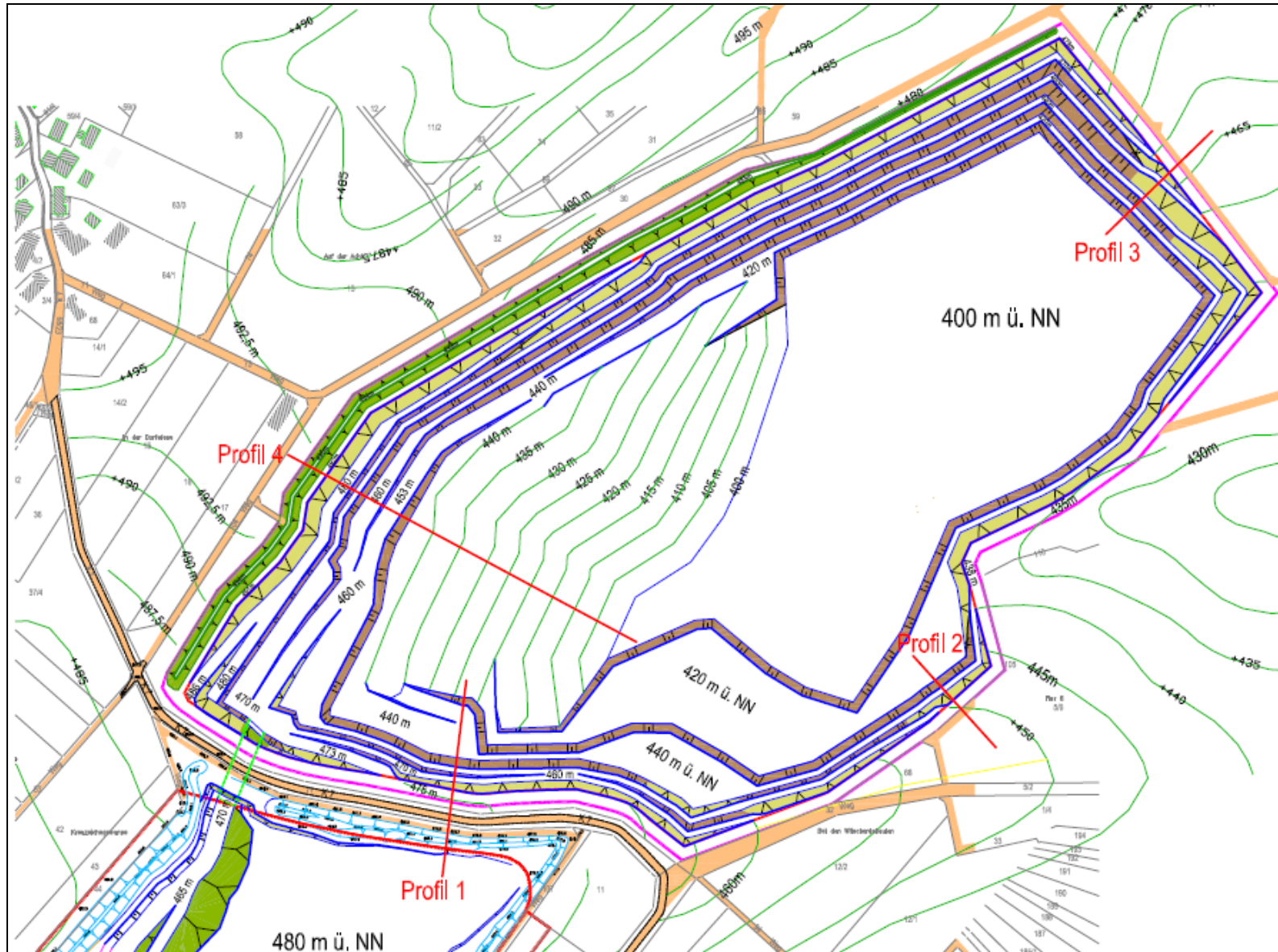
Die geplanten Böschungen im gewachsenen Gebirge des Abbaufeldes Gollenberg sowie auf der geplanten Innenkippe sind gemäß den Stabilitätsberechnungen als sicher einzustufen. Zur Gewährleistung der Stabilität der Böschungen wird empfohlen, die bei der Planung vorgesehenen Einzelböschungsneigungen nicht zu überschreiten. Diese geplante Abbauentwicklung ist gemäß der vorliegenden Unterlagen und betrieblicher Aussagen realisierbar.

Clausthal-Zellerfeld, den 15.09.2010

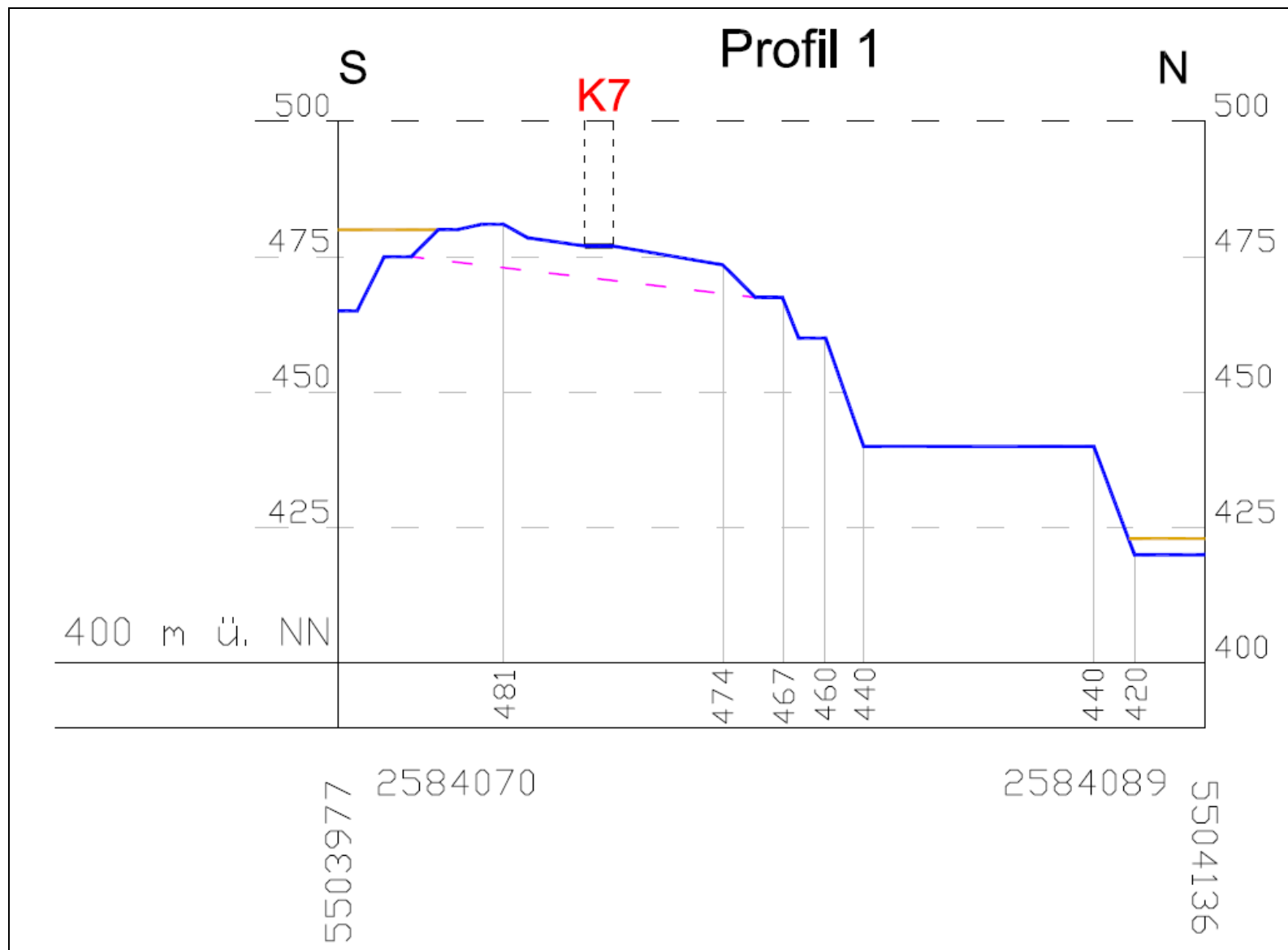


Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. H. Tudeshki

Anlage 1: Lage der ausgewählten Profile

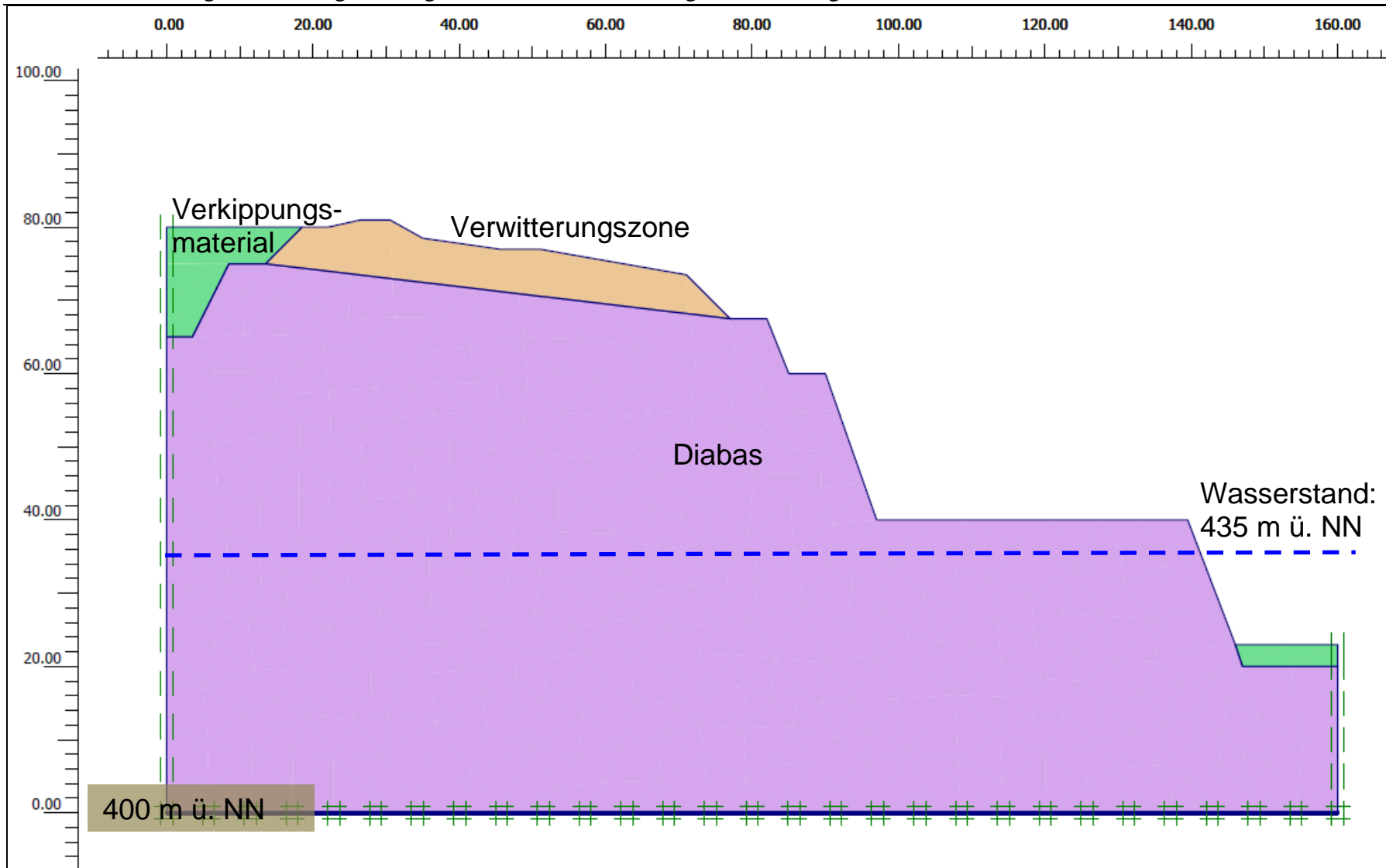


Anlage 2: Profil 1

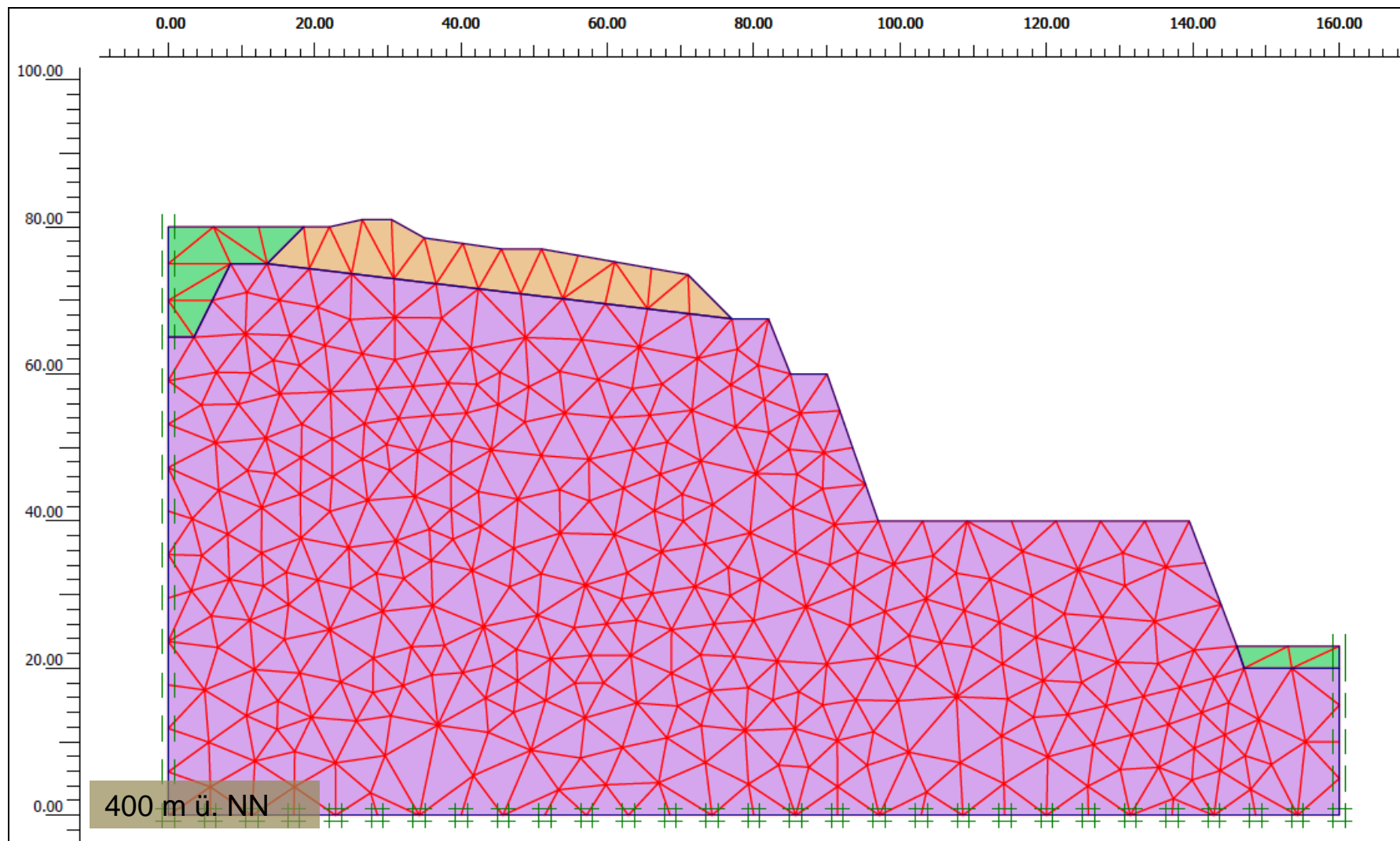


Anlage 3: Profil 1 – Modell (Wasserstand: 435 m ü. NN)

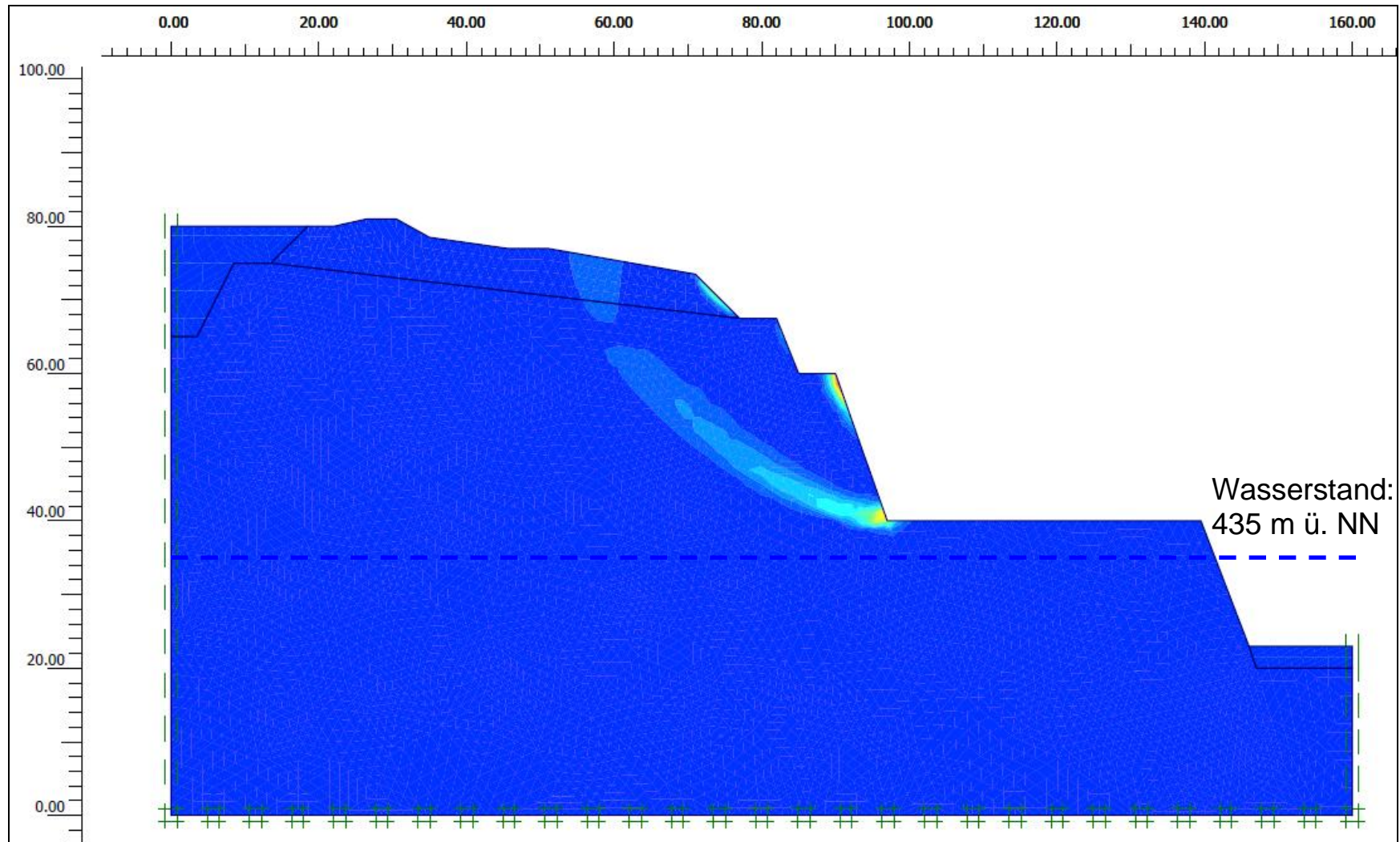
Steinbruch Ellenberg / Gollenberg - Gebirgsmechanische Beurteilung der Böschungen



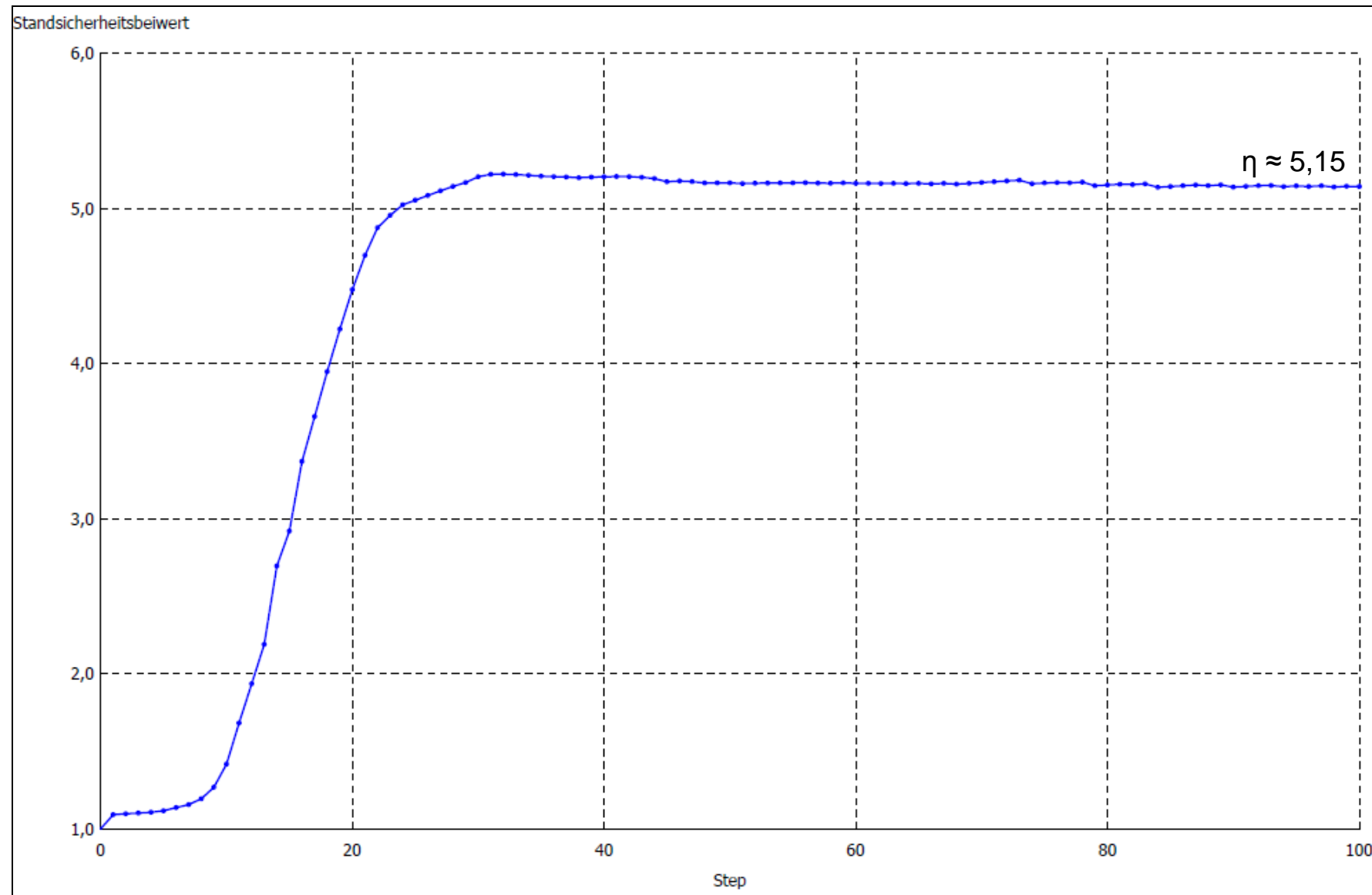
Anlage 4: Profil 1 – Vermaschung



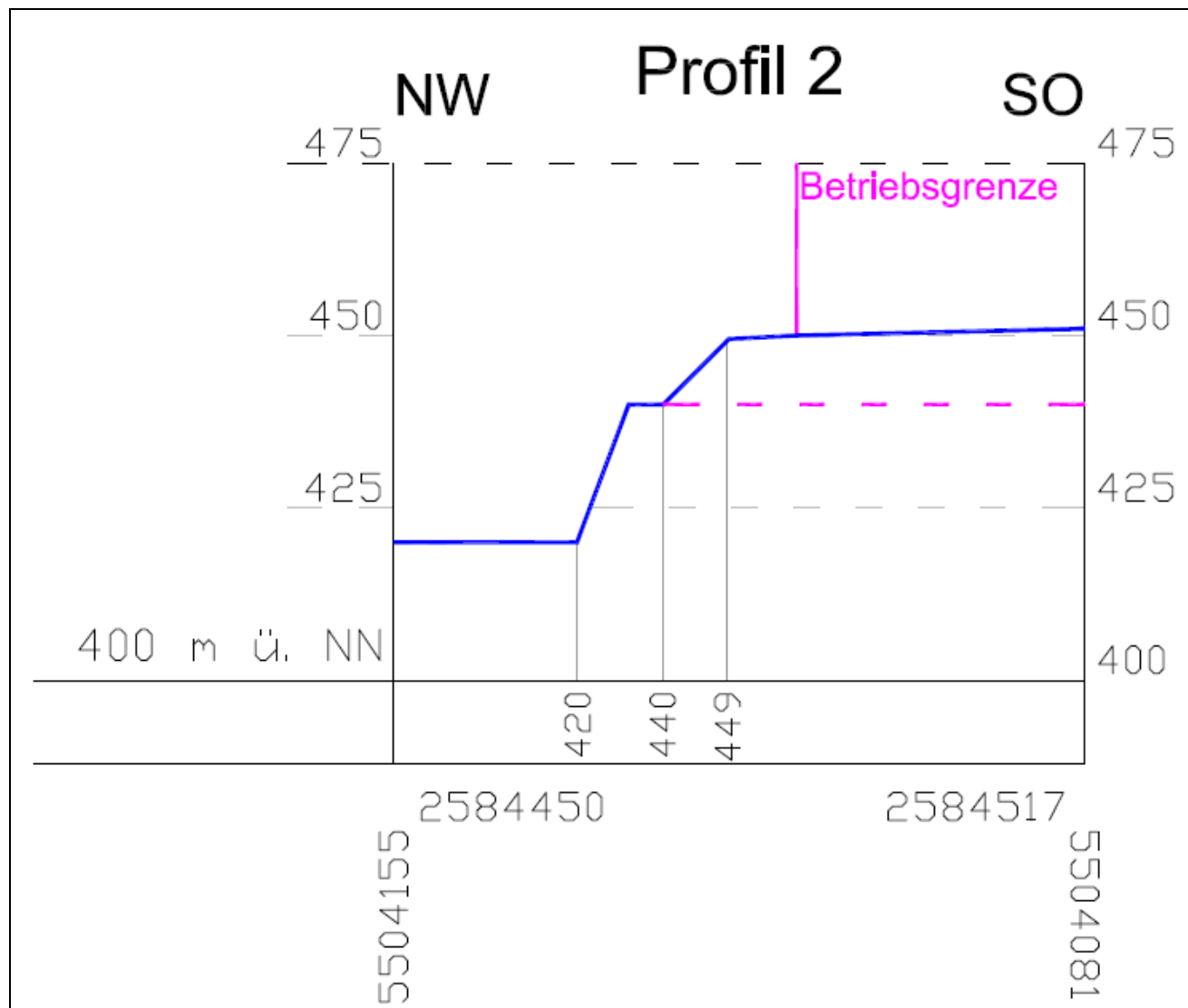
Anlage 5: Profil 1 – Scherspannung



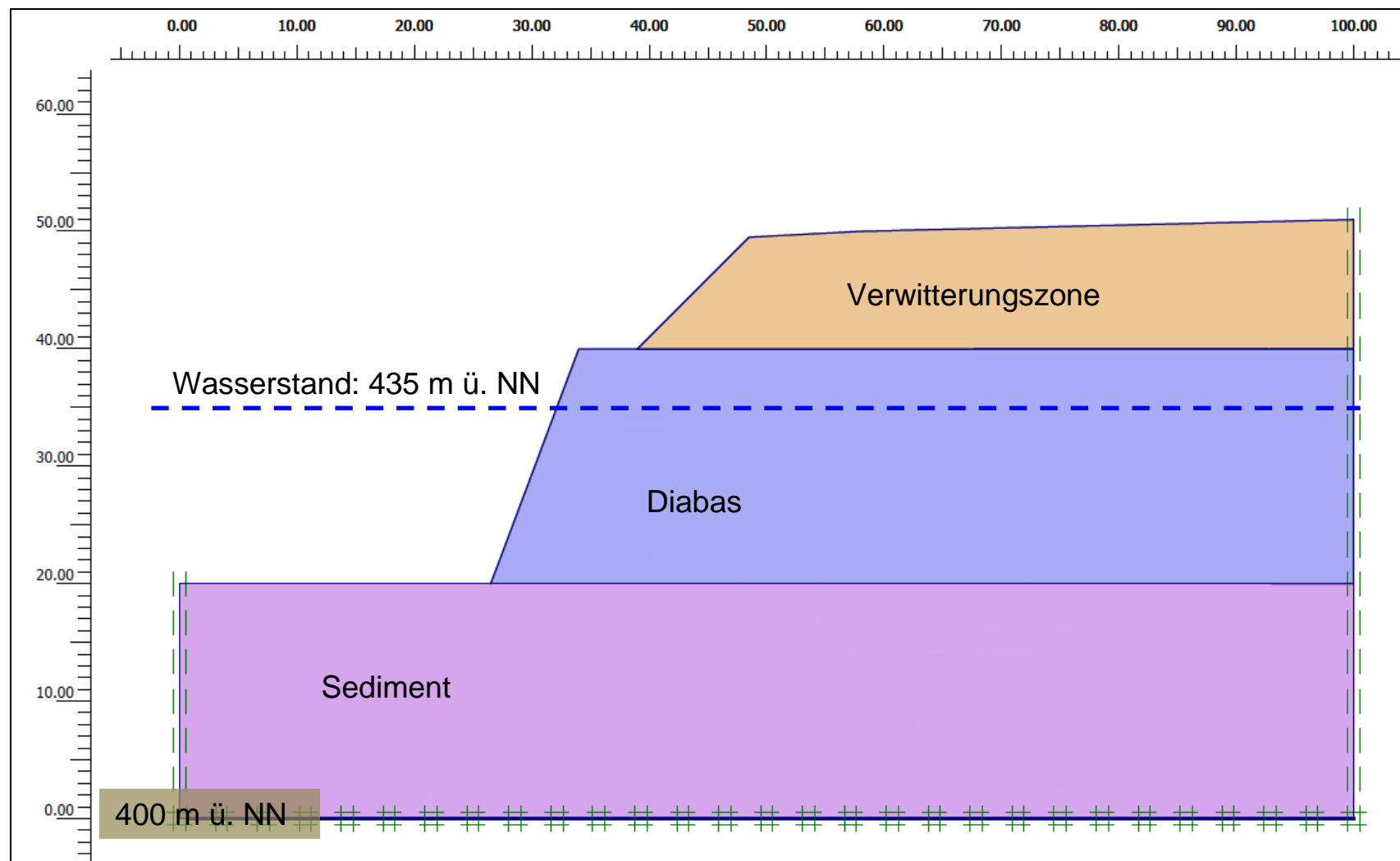
Anlage 6: Profil 1 – Standsicherheitsbeiwert



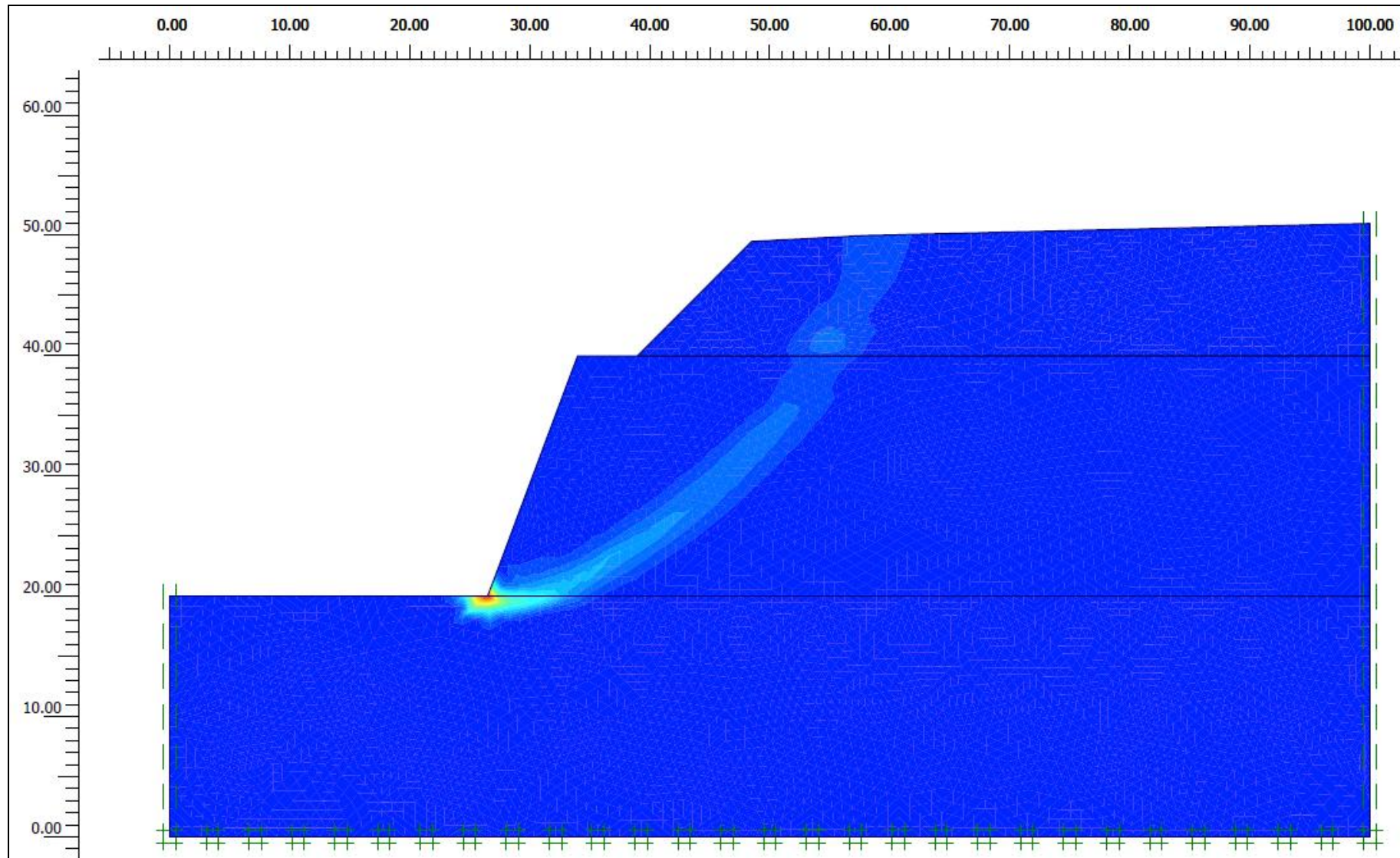
Anlage 7: Profil 2



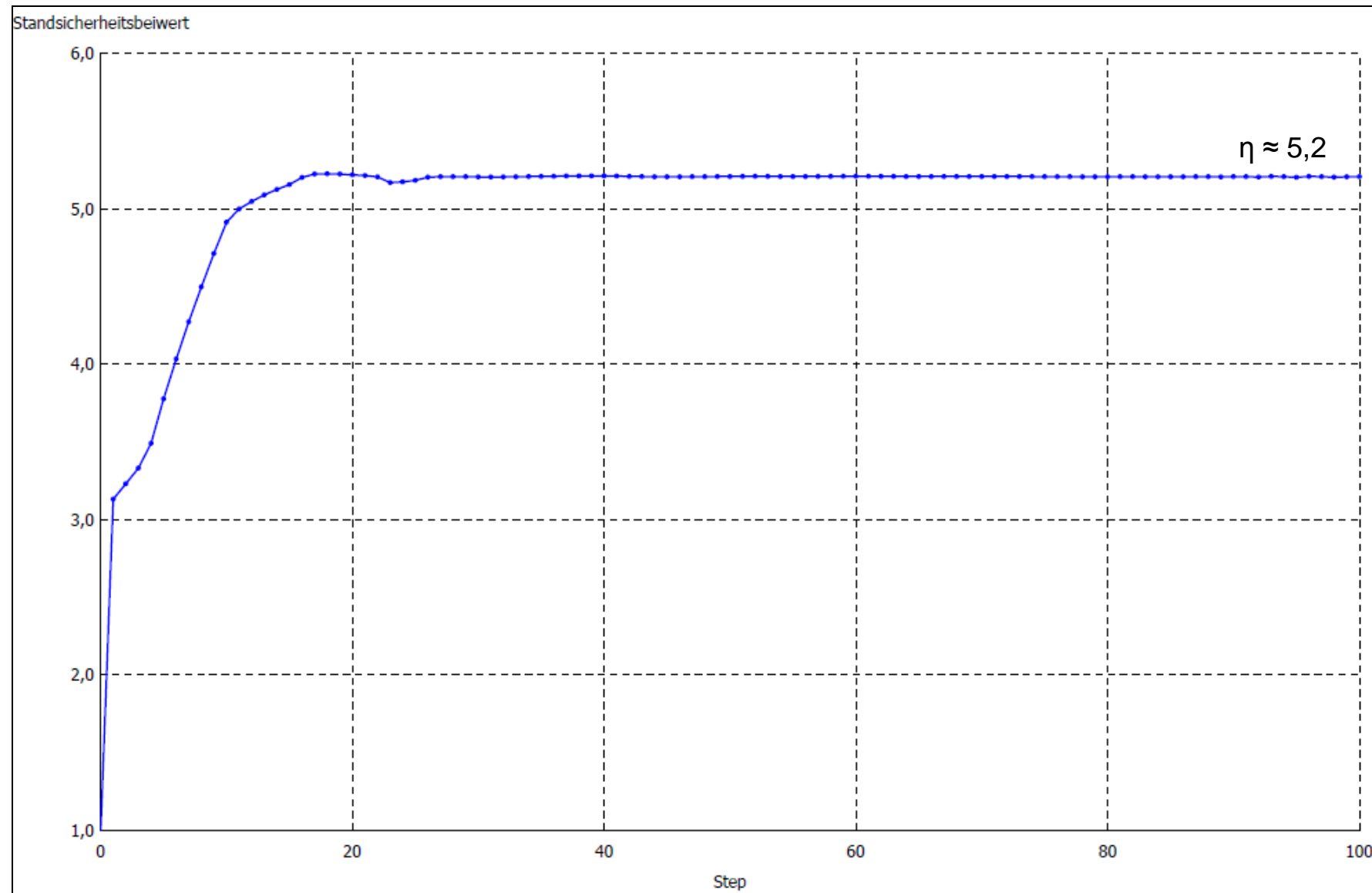
Anlage 8: Profil 2 – Modell



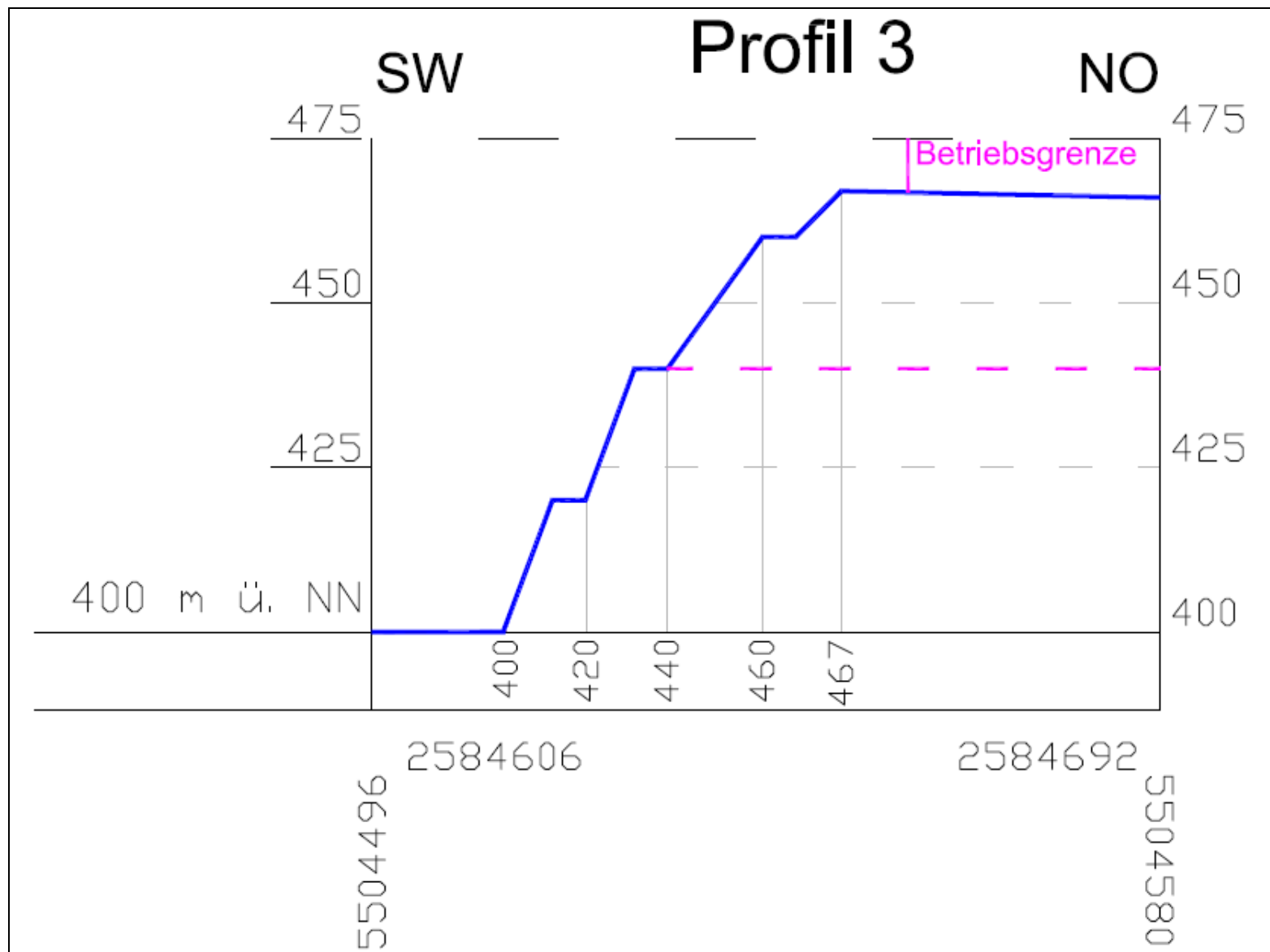
Anlage 9: Profil 2 – Scherspannung:



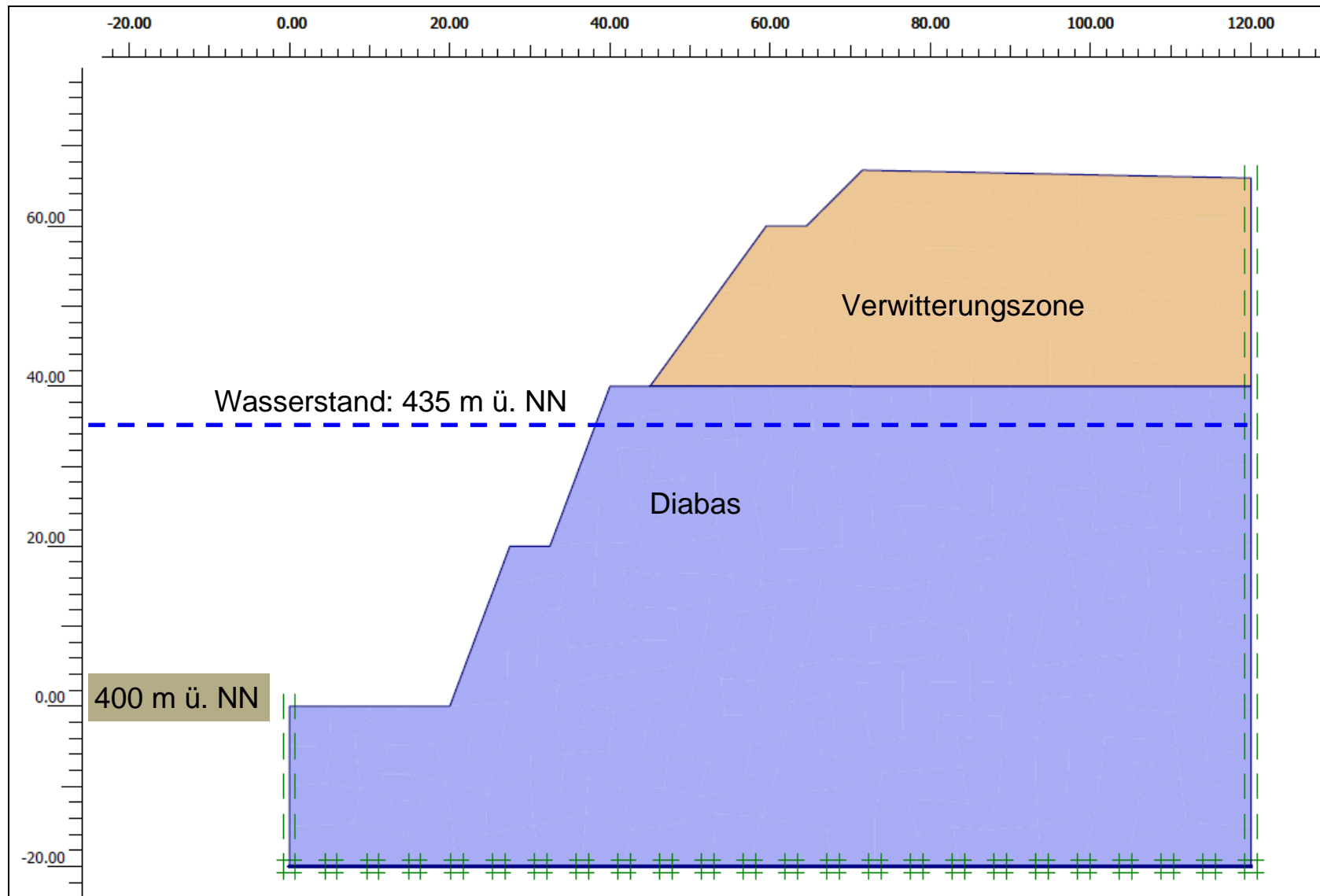
Anlage 10: Profil 2 – Standsicherheitsbeiwert:



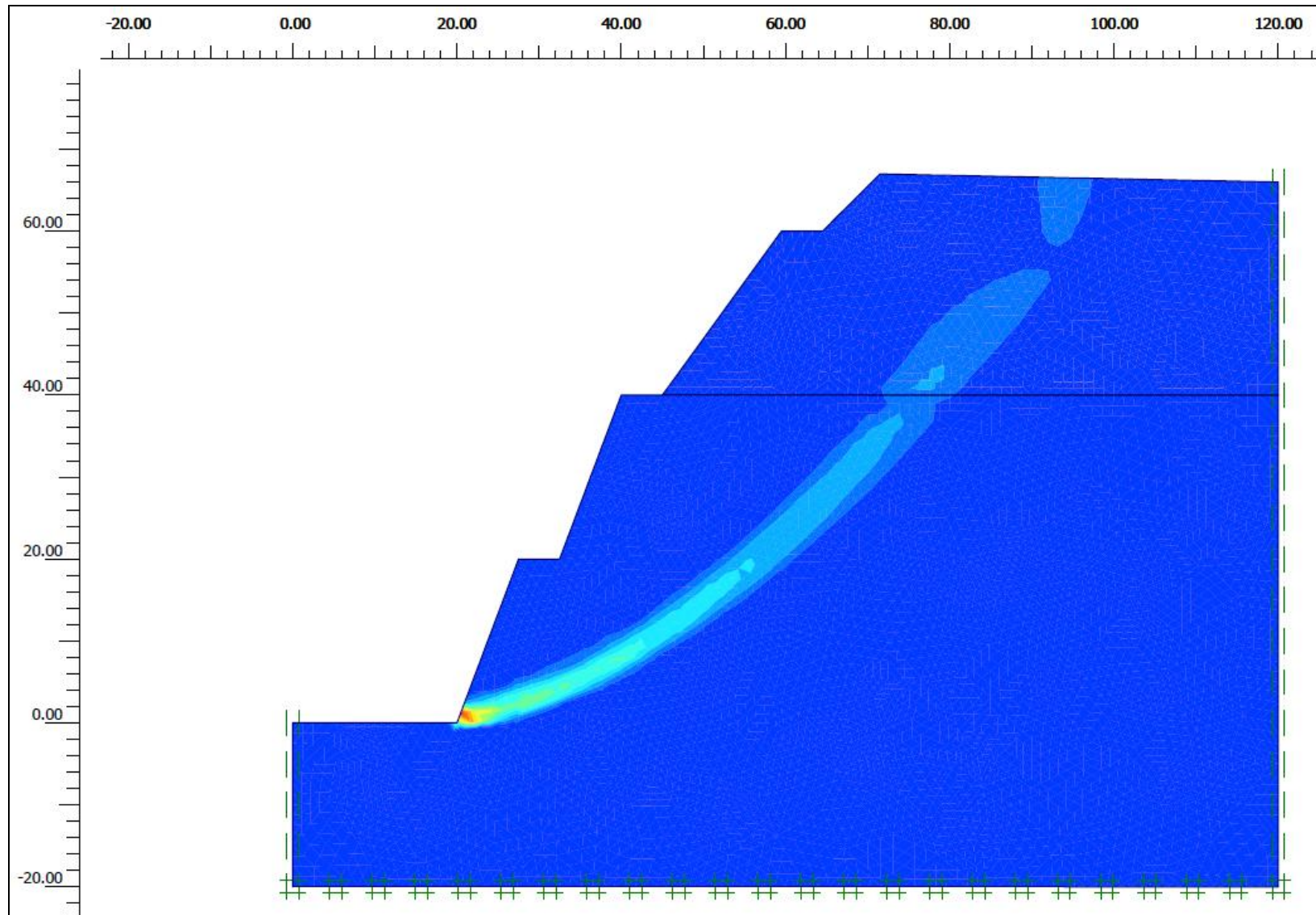
Anlage 11: Profil 3



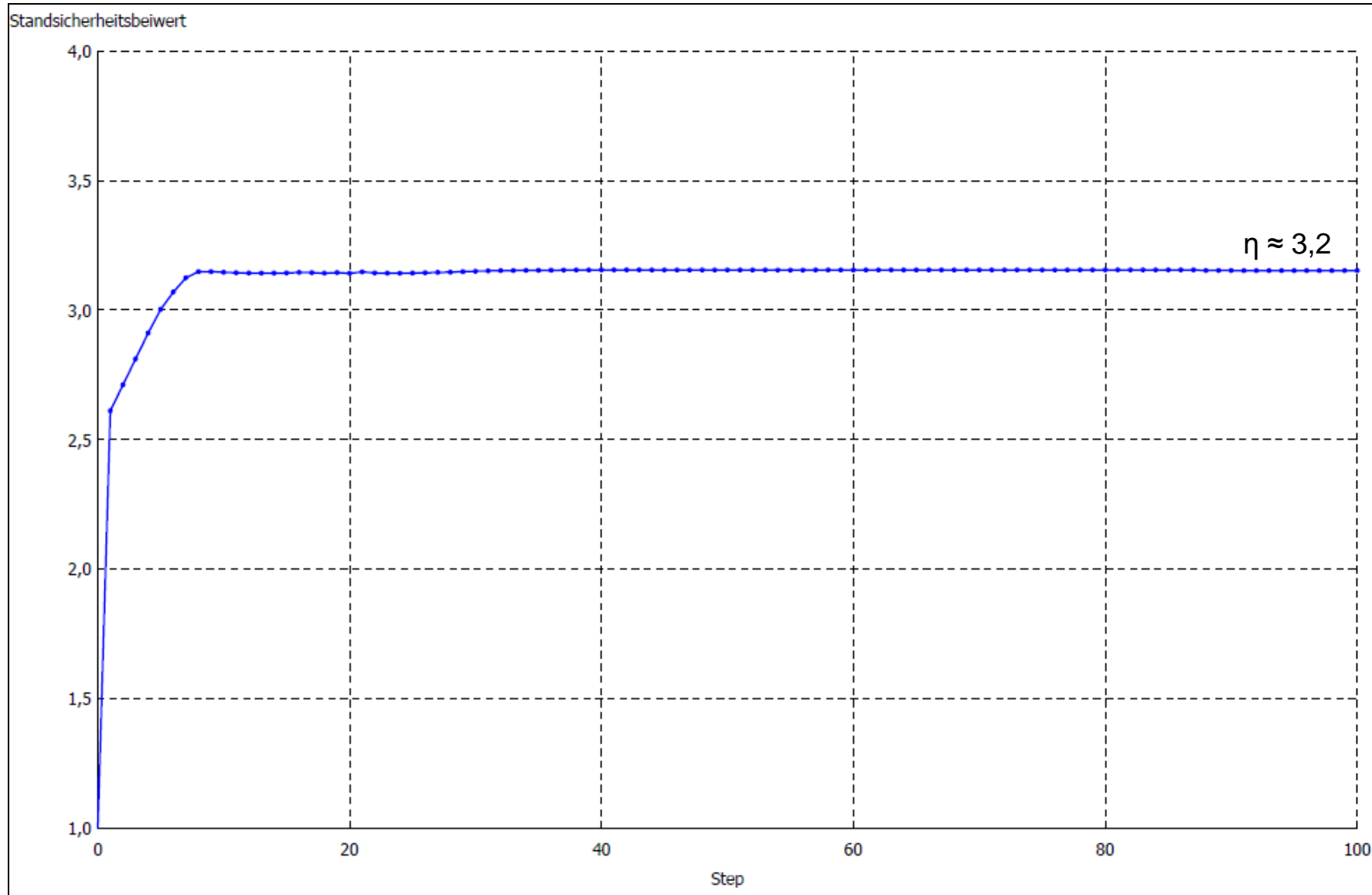
Anlage 12: Profil 3 – Modell



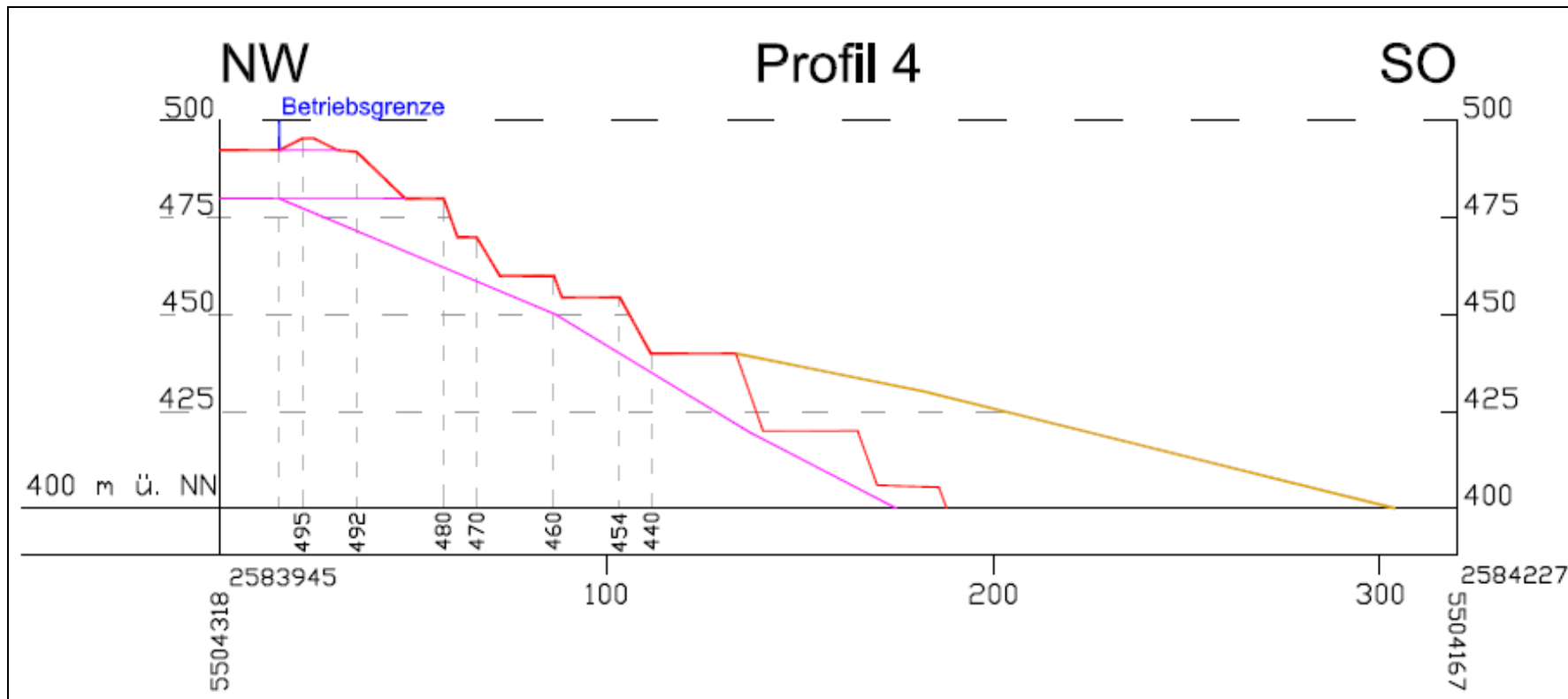
Anlage 13: Profil 3 – Scherspannung:



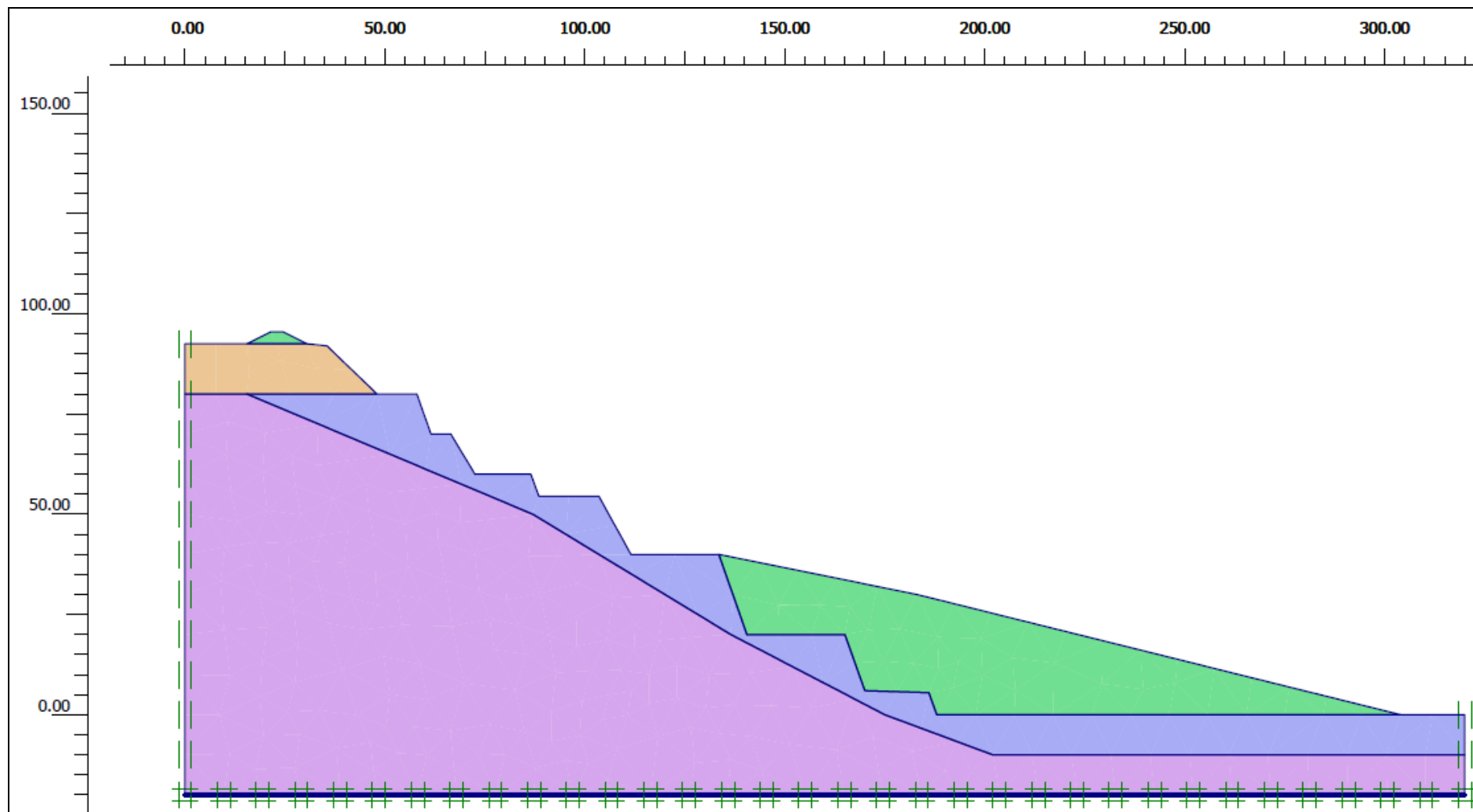
Anlage 14: Profil 3 – Standsicherheitsbeiwert:



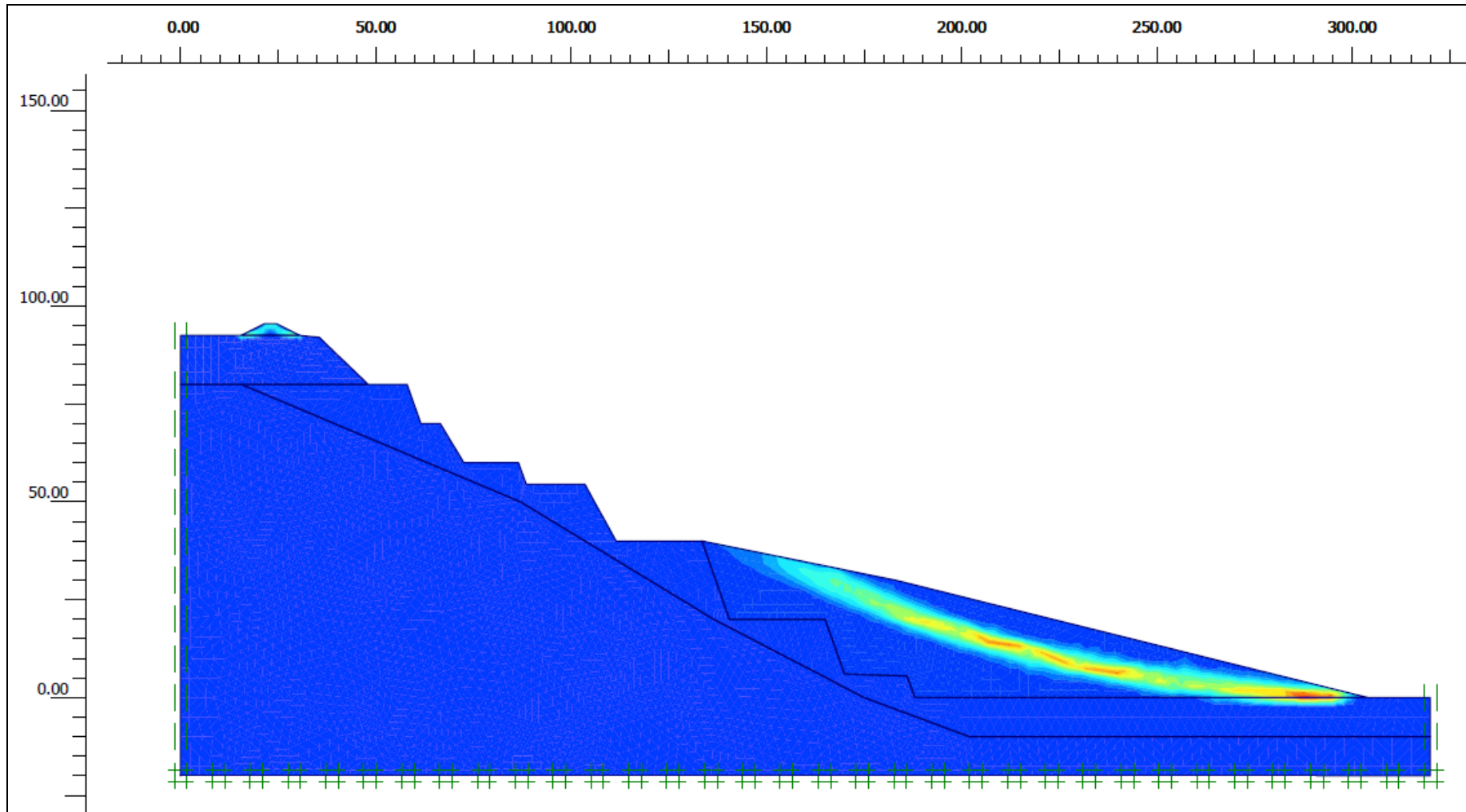
Anlage 15: Profil 4



Anlage 16: Profil 4 – Modell



Anlage 17: Profil 4 – Scherspannung:



Anlage 18: Profil 4 – Standsicherheitsbeiwert:

