



Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner
Ingenieuresellschaft mbH



Ingenieurbüro Gell & Partner GbR

Hansmannstraße 19, 52080 Aachen Tel.: (0241) 955 94 80

**Stellungnahme zur Böschungsstandsicherheit
Kalksteinbruch Steltenberg (Hagen) der
Hohenlimburger Kalkwerke GmbH**

Auftraggeber:	Hohenlimburger Kalkwerke GmbH
Auftrag-Nr.:	2136611
Bearbeiter:	Jana Schneider, M.Sc. (SST) Dipl.-Ing. Jürgen Knops (IB Gell & Partner GbR)
Stand der Bearbeitung:	12.10.2022

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Inhalt

1	Vorgang	2
2	Unterlagen	3
3	Geologische Situation	4
4	Dokumentation der Ortsbegehung am 11.03.2022	9
5	Standsicherheit der Böschungen	25
6	Zusammenfassung	33

Anlagen

Anlage 1	Topographische Übersicht i.M. 1:20.000
Anlage 2	Lageplan mit Schnittlinien i.M. 1:2.250
Anlage 3	Lage der Messpunkte i.M. 1:2.000
Anlage 4	Geologische Karte i.M. 1:4.000
Anlage 5	Lageplan Tagebauendstand mit Schnittlinien i.M. 1:2.250
Anlage 6	Schnitte 1 – 5
	Anlage 6.1 Schnitt 1-1'
	Anlage 6.2 Schnitt 2-2'
	Anlage 6.3 Schnitt 3-3'
	Anlage 6.4 Schnitt 4-4'
	Anlage 6.5 Schnitt 5-5'
Anlage 7	Tabellarische Zusammenstellung der Gefügemessungen am 11.03.2022

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

1 Vorgang

Der Steinbruch Steltenberg wird von der Hohenlimburger Kalkwerke GmbH betrieben, die beim Amtsgericht Hagen im Handelsregister unter der Nr. HRB 478 eingetragen ist. Das Unternehmen wird vertreten durch die Geschäftsführer Dr.-Ing. Christian Lange und Dr. Matthias A. Lange. Der Kalksteinbruch liegt auf dem Gebiet der Stadt Hagen in Hohenlimburg-Oege (Anlage 1). Der dort gewonnene Kalkstein spielt als hochwertiger Rohstoff trotz Berücksichtigung von Recycling-Baustoffen auch zukünftig eine außerordentlich wichtige Rolle bei der Versorgung der heimischen Baustoffindustrie.

Um den Produktionsstandort langfristig zu erhalten, ist die Erschließung neuer Abbaubereiche notwendig. Auf Grund der Erfahrungen aus dem letzten Änderungsverfahren und der aktuell noch gegebenen Randbedingungen kommt zur Vergrößerung der Vorräte derzeit nur eine Vertiefung des Tagebaus in Betracht, ohne die Tagebaugrenzen lateral zu verändern.

Im Bereich des Klärteichs im Westen beträgt die genehmigte Abbautiefe 99 m NHN, im östlich angrenzenden Steinbruch 123 m NHN (Anlage 2). Im Steinbruch ist eine Vertiefung von heute 165 m NHN bis 140 m NHN auf 15 m NHN geplant. Im Rahmen der Erstellung der Antragsunterlagen für die geplante Vertiefung des Tagebaus ist die Erarbeitung eines Standsicherheitsgutachtens notwendig.

Die Hohenlimburger Kalkwerke GmbH hat die SST Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner Ingenieurgesellschaft mbH (SST) mit der entsprechenden Standsicherheitseinschätzung der im Einzelbereich bis zu 230 m hohen geplanten Böschungen des Kalksteinbruchs Steltenberg (Hohenlimburg) beauftragt. In der vorliegenden Stellungnahme werden in kurzer Form die geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet beschrieben und die Ergebnisse der Ortsbegehung am 11.04.2022 vorgestellt. Abschließend wird die Standsicherheit der Böschungen bewertet.

Die Begutachtung vor Ort und die Ausarbeitung der vorliegenden Stellungnahme erfolgen gemeinsam durch die SST Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner Ingenieurgesellschaft mbH (SST) und das Ingenieurbüro Gell & Partner GbR, Aachen (G+P).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

2 Unterlagen

Zur Bearbeitung der vorliegenden Stellungnahme wurden die folgenden Unterlagen ausgewertet:

- [U01] Pederson, C., Mueller, M., Lippert, K., Igbokwe, O. A., Riechelmann, S., Lersch, S., Benger, P., Verdecchia, A. & Immenhauser, A. (2021). Impact of a regional fault zone on the properties of a deep geothermal carbonate reservoir unit (Devonian of NRW). *Journal of Applied and Regional Geology. Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, 172(3), 339-364.
- [U02] Ribbert, K.-H., Wrede, V., Oesterreich, B., Baumgarten, H., Gawlik, A., Heuser, H., Piecha, M., Roth, R., Thünker, M., Baales, M., Cichy, E., Zeiler, M. (2017). *Geologie im Rheinischen Schiefergebirge, Teil 3: Sauer- und Siegerland*. Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen-Landesbetrieb, 245 S., Krefeld.
- [U03] Götte, T. (2004). *Petrographische und geochemische Untersuchungen zu den postvariszischen Mineralisationen im devonischen Massenkalk des nordwestlichen Rechtsrheinischen Schiefergebirges unter besonderer Berücksichtigung der Kathodolumineszenz*. Dissertation Universität Bochum (186 pp.).
- [U04] Oncken, O. (1988). Aspects of the reconstruction of the stress history of a fold and thrust belt (Rheinisch Massif, Federal Republic of Germany). *Tectonophysics*, 152 (1-2), 10-40.
- [U05] *Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Blatt 4611 Hagen-Hohenlimburg mit Erläuterungen*, 1:50 000, Geologischer Dienst NRW.

3 Geologische Situation

Geologische Strukturen

Die geologischen Verhältnisse im Umfeld des Steinbruchs Steltenberg sind vereinfacht auf Abbildung 1 dargestellt. Der Steinbruch Steltenberg liegt regionalgeologisch innerhalb der variszisch gefalteten Schichten im devonischen Massenkalk des Rheinischen Schiefergebirges. Der Massenkalkzug verläuft hier etwa in West-Ost Richtung (Streichrichtung etwa 80°) mit einer Ausstrichbreite von etwa 600 bis 1000 m und ist überwiegend massig, untergeordnet auch bankig ausgebildet. Die Mächtigkeit beträgt etwa 700 m.

Der Kalkzug (Abbildung 1) wird nördlich im Hangenden von oberdevonischen Tonschiefern abgegrenzt, in die geringmächtige Kalksteinlagen eingeschaltet sind (Flinzschiefer). Im Liegenden, südlich des Steinbruches, bilden mergelige Tonschiefer der Oegerschichten die Abgrenzung des Massenkalks, welche Einlagerungen von feinkörnigem, tonigem Sand- und Kalkstein aufweisen.

Der Massenkalk und die nördlich und südlich angrenzenden Festgesteinsschichten werden von Querstörungen durchzogen, die zumeist etwa NNW-SSE verlaufen und an denen die Schichtenfolge um mehrere 10er Meter bis zu mehr als 100 m versetzt ist.

Die Lenne und das Lennetal queren im Westen und im Osten des Steinbruches jeweils den Massenkalk. Der Massenkalk wird im Bereich des Lennetales von etwa 5 bis 10 m mächtigen quartären Lockersedimenten überlagert. Es handelt sich dabei um die Niederterrasse der Lenne, die überwiegend aus Kiesen und Sanden besteht, denen toniger bis feinsandiger Schluff beigemischt ist. Die Talfüllungen sind gekennzeichnet durch einen fortwährenden Wechsel von Abrasion und Sedimentation. Im Bereich der Gleithänge sind die Talflankenböden mit Auelehm bedeckt.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

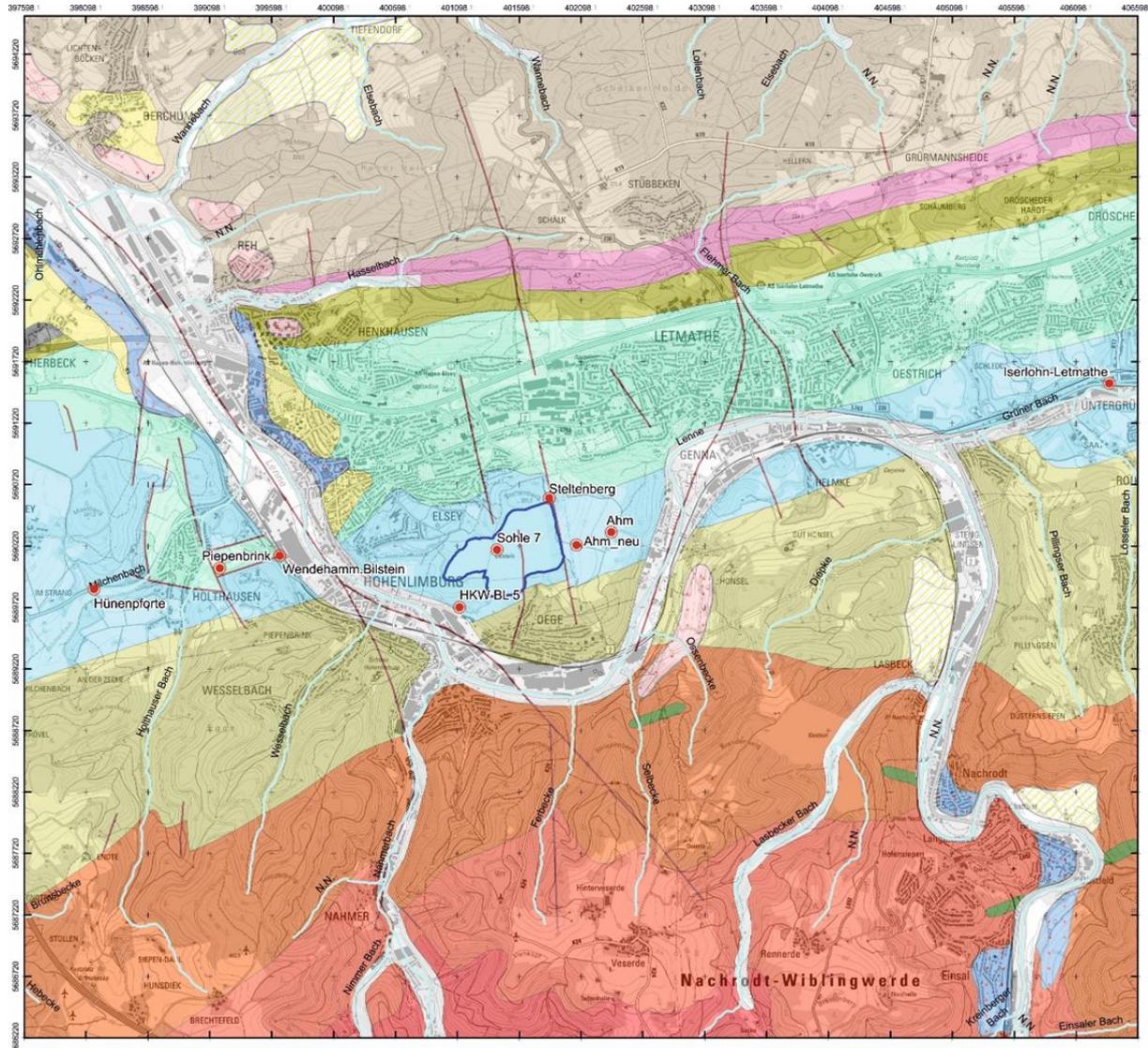


Abbildung 1: Geologische Verhältnisse im Bereich um den Steinbruch Steltenberg, der Kalkzug ist in hellblau dargestellt (verändert nach [U05]).

Gesteine und Tektonik in der Gewinnungsstätte

Im Rheinischen Schiefergebirge, das während des Devons in Küstennähe oder auf dem Schelf lag, wurde im Unter- und Mitteldevon eine über 6.000 m mächtige Abfolge flachmariner und deltischer, siliziklastisch dominierter Sedimente abgelagert, deren Liefergebiet im nördlichen Old-Red-Kontinent zu suchen ist. Während des späten Mitteldevons entwickelten sich

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

hauptsächlich Karbonatriffe entlang der Schelfkante. Diese Carbonate bilden den massigen Kalkstein der „Massenkalk“-Einheit. Die devonischen Kalke werden in drei Hauptfaziestypen unterteilt: Schwelm-, Dorp- und Iberg-Fazies [U03].

Die Schwelm-Fazies setzt sich aus dickbankigen, dunkelblaugrauen bis grauschwarzen Kalksteinen zusammen, in die besonders im tieferen Teil der Schichtenfolge mergelige Zwischenlagen und flaserige Kalke eingelagert sind. Die Kalksteine der Schwelm-Fazies sind in der Regel deutlich geschichtet und erreichen eine Bankmächtigkeit von einigen Dezimetern bis drei Metern. Die Kalksteine in der Schwelm-Fazies sind überwiegend fossilienreich. Neben riff- und gesteinsbildenden, kugeligen, lagigen oder dendroiden Stromatoporen sind insbesondere Korallen am Gesteinsaufbau beteiligt [U03].

Während die Riffe der Schwelm-Fazies mehr in der Fläche wuchsen, ist bei den Biohermen der Dorp-Fazies das vertikale Wachstum, das bei gleichzeitiger Absenkung des Meeresbodens zum Tragen kommt, von Bedeutung. Die Riffkörper der Dorp-Fazies haben aufgrund ihrer Atoll- oder auch Wallform in Bezug auf das angrenzende Meer eine Vorder- und eine Rückseite. Dazwischen liegt die Wachstumszone des Riffs, der sogenannte Riffkern. Auf der Riffvorderseite, die dem Wellengang stärker ausgesetzt ist, sammelt sich der Detritus abgestorbener Riffbewohner. Auf der Rückseite der Lagune ist im Schutz des Riffkerns der Wellengang geringer und es werden Kalkschlämme und nur wenig Biodetritus abgelagert. Alle Zonen des Korallenriffs haben spezifische Ablagerungen, die durch die Untersuchung der Karbonat-Mikrofazies rekonstruiert werden können [U02].

Die Iberg-Fazies besteht aus grauem Crinoiden-Brachiopodenkalk und ist typisch für das „Kappen-Stadium“ der ehemaligen Riffe. Hier fehlen die typischen devonischen riffbildenden Organismen, wie Stromatoporidae. Die Iberg-Fazies wurde im späten Devon einhergehend mit Absenkungsprozessen in einer niedrigerenergetischen Ablagerungsumgebung unterhalb der Wellenschlagzone gebildet [U01].

Die karbonatische Ablagerung endete im frühen Spätdevon, danach dominierte wieder die siliklastische Sedimentation.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Im Karbon führte die variszische Orogenese zu weitreichender Faltung und Störung des Gebietes, infolge hydrothermalen Mineralisation fand zudem eine intensive Dolomitisation im Gebiet des Rheinischen Schiefergebirges stattgefunden hat [U01].

Zeitgleich mit dem Ausklingen der variszischen Orogenese im obersten Karbon begann bereits der Zerfall des entstandenen Gebirgsgürtels. Vom späten Paläozoikum bis heute ist die postvariszische Entwicklung geprägt von wechselnden Orientierungen der Hauptspannungsrichtungen, wobei unter bestimmten Voraussetzungen Gefügeelemente mehrfach reaktiviert wurden.

Die aufgeschlossenen Einheiten im Steinbruch Steltenberg umfassen vor allem die Massenkalken des oberen Mitteldevons mit unterschiedlichen Graden der Dolomitisation. Zwei Hauptstörungszone haben in der Region zur Überprägung der devonischen Einheiten geführt (Abbildung 2).

Die erste Hauptstörungszone streicht WSW-ENE, dazu gehört zum Beispiel die Ennepe-Verschiebung, die zwar nicht im Steinbruch aufgeschlossen ist, deren Nebenverwerfungen aber teilweise für die Zerklüftung des Massenkalks im Steinbruch Steltenberg verantwortlich sind [U01].

Die zweite Hauptstörungszone streicht NNW-SSE und besteht aus einem System postvarizischer Störungen. Dazu gehören der „Großholthausener Sprung“ oder auch der „Rüdinghausener Sprung“. Diese Verschiebungen repräsentieren reaktivierte Dehnungsstrukturen, die sich senkrecht zum Streichen des Faltengürtels Ende des Paläozoikums gebildet haben [U04]. Die Schichtenfolge zeigt an diesen Störungen deutliche Versatzbeträge von mehreren 10er Metern bis zu mehr als 100 m. Östlich neben dem Steinbruch durchzieht eine Störung vermutlich den gesamten Massenkalkzug mit einem deutlichen Versatz der Schichten (Anlage 4). Eine weitere größere NNW-SSE verlaufende Störung ist im Osten des Steinbruchs aufgeschlossen (Abbildung 3).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

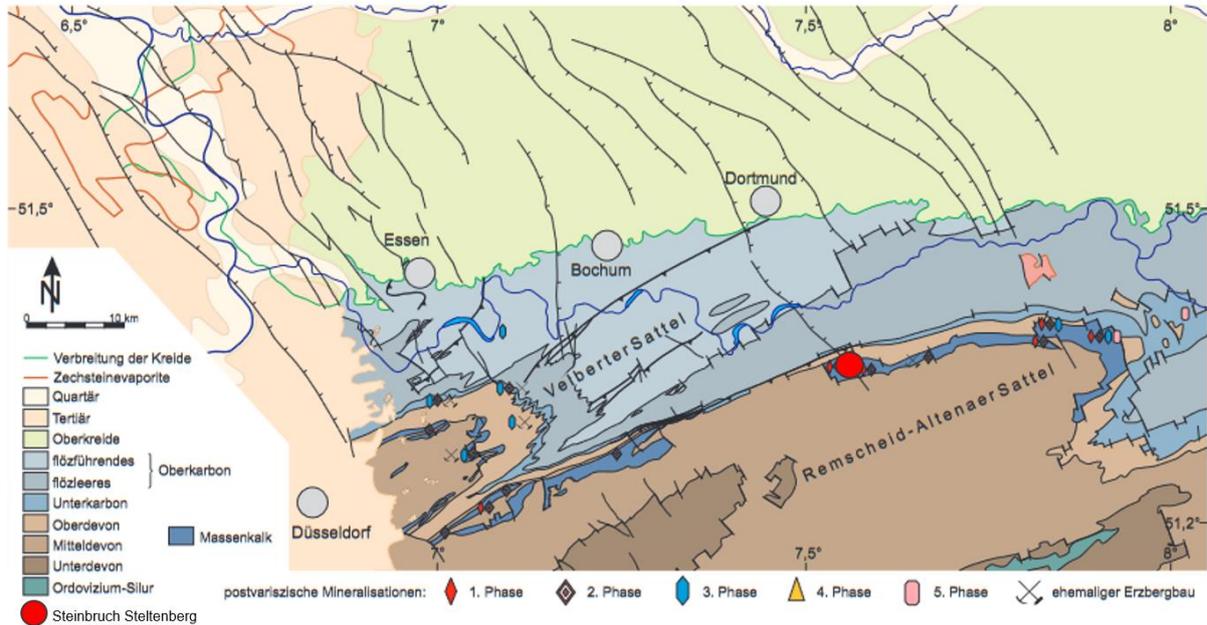


Abbildung 2: Geologische Karte des nördlichen Rheinischen Schiefergebirges. Der rote Kreis markiert den Kalksteinbruch Steltenberg, verändert nach [U03].



Abbildung 3: Postvariszische NNW-SSE verlaufende Störungszone (grün), hier: aufgeschlossen im nördlichen Bereich des Steinbruchs. Böschungskanten sind schwarz gekennzeichnet.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

4 Dokumentation der Ortsbegehung am 11.03.2022

Zur Einschätzung der Standsicherheit wurden Gefügemessungen entlang der Böschungen im Steinbruch Steltenberg vorgenommen. Die einzelnen Messpunkte können Anlage 3 entnommen werden. Maßgebend für die Standsicherheit der Steinbruchwände ist die Raumstellung der Trennflächen. Auf Feldskala zeigen sich an den Aufschlüssen unterschiedliche Hauptkluftrichtungen. Neben der W-E streichenden Schichtung (S) konnten vier weitere dominante Kluftscharen identifiziert werden, die nach NNE-SSW streichende seiger zur Schichtung stehende Querklüftung (Q), die WSW-ENE streichende Längsklüftung (L) sowie die Diagonalklüfte mit Streichrichtung NW-SE (D_1) und NE-SW (D_2). Abbildung 4 zeigt die Gesamtheit der aufgenommenen Gefügemessungen im Steinbruch Steltenberg.

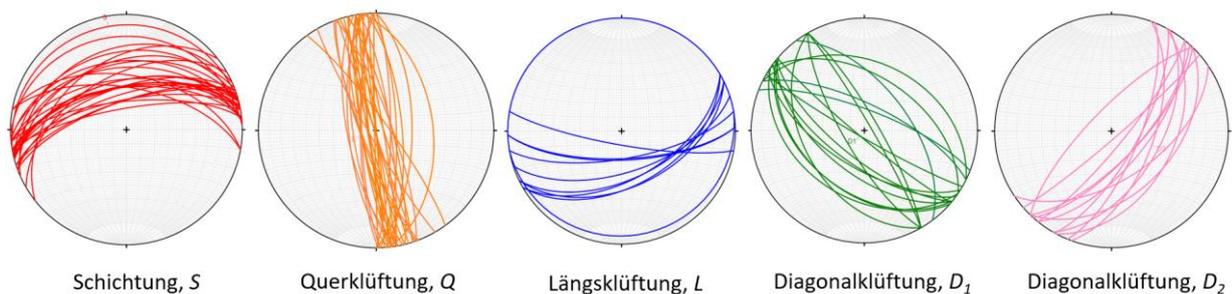


Abbildung 4: Gefügemessungen der Ortsbegehung im Steinbruch Steltenberg vom 11.04.2022.

Schichtung

Trennfläche S beschreibt die Schichtung. Es überwiegt hier ein Einfallen nach NNE ($348,53^\circ\text{N}$) mit Einfallswinkeln von 0° bis 75° . Von Süden nach Norden hin wird das Einfallen flacher. (Abbildung 5). Die Mächtigkeit der Schichtbänke reicht von wenigen Zentimetern bis zwei Metern.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

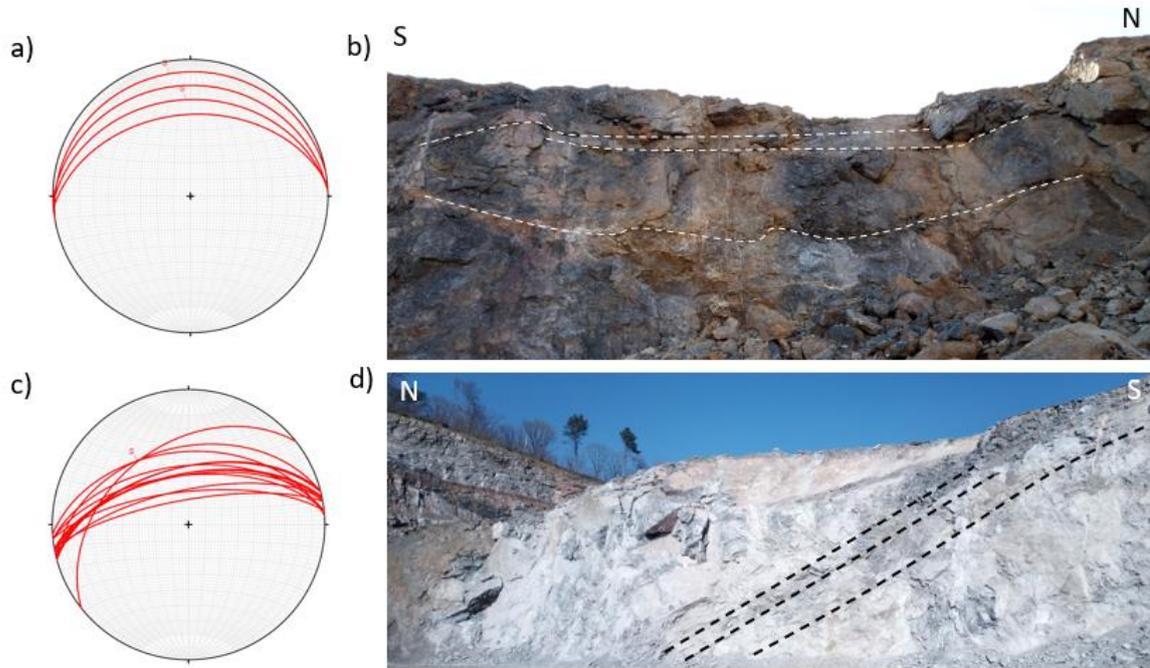


Abbildung 5: Schichtung im Steinbruch, a) stereographische Projektion der eingemessenen Schichtung mit flachem Einfallswinkel b) zeigt exemplarisch das flache Einfallen der Schichtung an Messpunkt 1 (Anlage 3), c) stereographische Projektion der eingemessenen Schichten mit steilerem Einfallswinkel und d) Aufschluss an Messpunkt 35 mit eingezeichneten Schichteinfall nach N.

Klüftung

Bei den Klüftflächen werden Längsklüfte (L), Querklüfte (Q) sowie Diagonalklüfte (D_1 und D_2) unterschieden. Die Längs- und Querklüfte bilden im Rheinischen Schiefergebirge zusammen mit der Schichtung ein orthogonales Trennflächensystem, d.h., die Quer- und Längsklüfte stehen näherungsweise senkrecht auf den Schichtflächen. Während die Längsklüfte parallel zur Schichtung streichen, verläuft die Streichrichtung der Querklüfte ungefähr senkrecht zur Schichtung und zu den Längsklüften.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Gefügemessungen entlang der unterschiedlichen Böschungen

Sohle 9

Aktuell ist Sohle 9 die tiefste Sohle. Die aufgeschlossenen Massenkalk zeigt hier im südlichen Bereich der Sohle eine relativ starke Zerklüftung mit Kluftabständen von 0,1 bis 0,5 m, Kluftlängen können bis zu mehrere Meter betragen. Die Klüfte sind größtenteils mit Calcit verfüllt. Die Kluftkonnektivität ist als mäßig einzustufen. Klüfte weisen eine Weite von 0,1 m - 0,5 m auf, die meisten sind mit Calcit oder mit überliegenden feinsandigem Schluff verfüllt. Aufgrund von Calcitlösungsprozessen haben sich Hohlräume mit einem Durchmesser von 0,05 – 0,5 m im Kalkstein ausgebildet. Die Schichtung (S) ist vor allem in den oberen 2 bis 3 Metern der Sohle erkennbar (Abbildung 5 b).

Die Schichtmächtigkeiten betragen 1 m bis 2 m. Das Schichteinfallen nach NNE (354°) fällt mit durchschnittlich 23° flach ein.

Die eingemessenen Längsklüfte (L) fallen folgerichtig unter 50° bis 90° nach S bis N ein (Einfallrichtung 165° bzw. 358°). Die Querklüfte (Q) stehen fast senkrecht auf der Schichtung. Mit einer Einfallrichtung 258° nach W bzw. 78° E bestätigt sie das orthogonale Trennflächensystem (Abbildung 6).

Die Diagonalklüfte streichen NW-SE (220°) (D_1) und NE-SW (115°) (D_2). Die Einfallrichtung beträgt ca. 72° bzw. 58° .

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

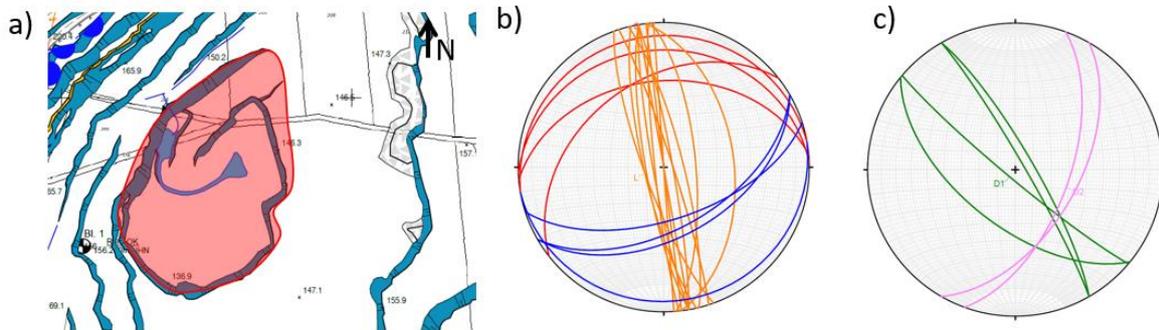


Abbildung 6: a) Bereich der Gefügemessungen auf Sohle 9 (rot), b) stereographische Projektion der Schichtung (rot) und der beiden Hauptkluftrichtungen Q (blau) und L (orange), c) eingemessene Diagonalklüfte D_1 (grün) und D_2 (lila).

Sohle 8

Auf Sohle 8 wurde vor allem die Böschung im südlichen Bereich eingemessen (Abbildung 7 a). Die Schichtflächen fallen weiterhin nach NNW (349°) bis NNE (9°) ein. Jedoch ist der Einfallswinkel im Vergleich zur Sohle 9 steiler (64°). Die Mächtigkeit der Schichten liegt bei 0,1 bis 0,5 m. Die Kalkbänke sind weiterhin sehr massiv, Klüfte sind mehrere Meter lang (1 bis 10 m) (Abbildung 7 c). Im Vergleich zu den Aufschlüssen auf Sohle 9 treten Klüftfüllungen seltener auf. Der Abstand zwischen einzelnen Klüften liegt bei etwa 0,5 m, die Klüftweiten sind variabel (0,001 bis 0,1 m). An den Aufschlüssen konnten die Klüftscharen L, D_1 und D_2 eingemessen werden (Abbildung 7 b & d). Die Einfallrichtung von L wechselt zwischen 161° bis 182° S mit einem Einfallswinkel von ca. 70° . D_1 fällt mit 68° nach NNE (33°) und D_2 mit 78° nach SE (129°) ein.

Auffallend ist, dass der Winkel der Längsklüfte in einem kleineren Winkel als 90° zu den Schichtflächen stehen, dies ist auch auf den Sohlen 2 - 7 gültig.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

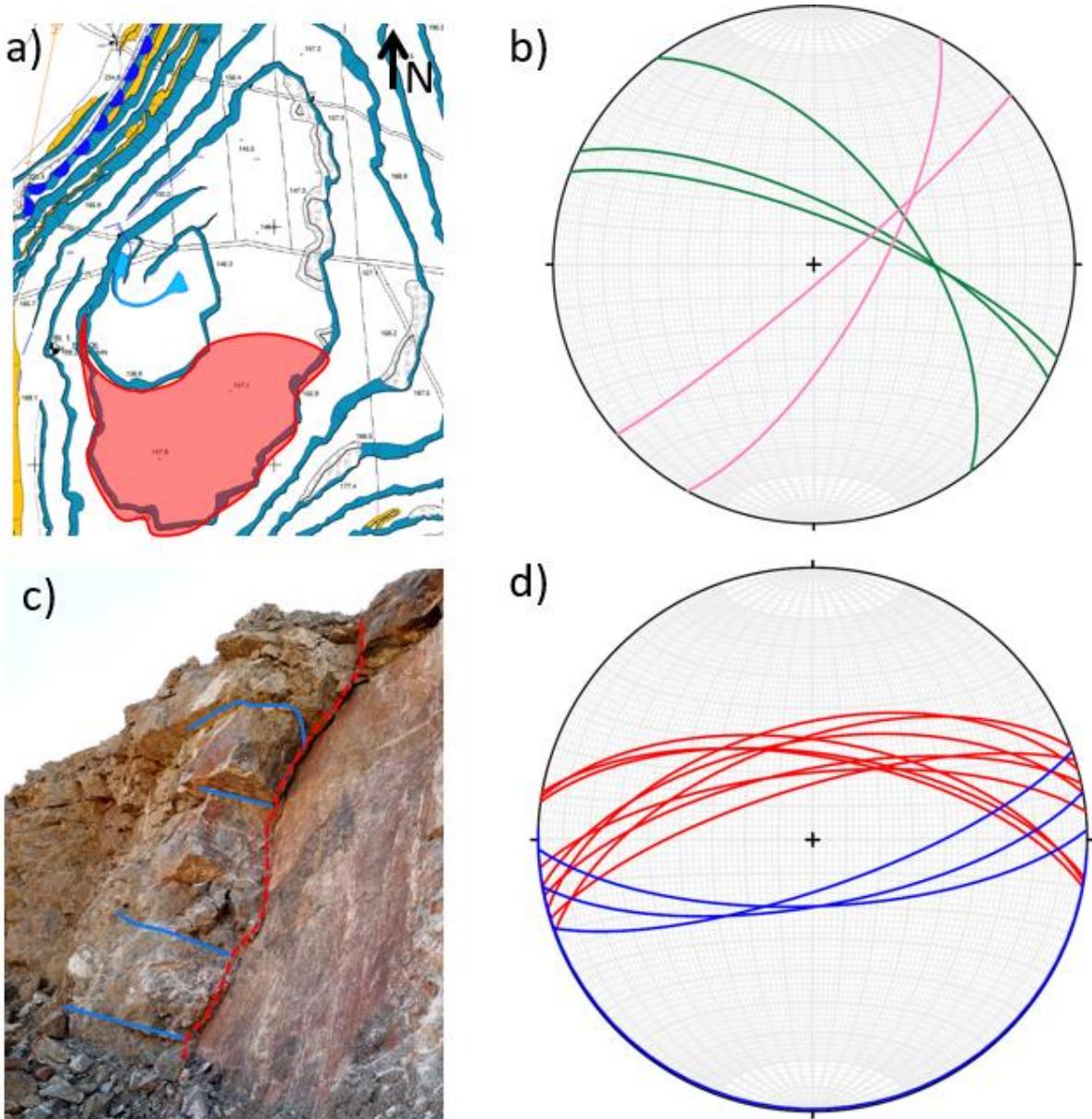


Abbildung 7: a) Bereich der Kluftrichtungen auf Sohle 8 (rot), b) stereographische Projektion der eingemessenen Diagonalklüfte D₁ (grün) und D₂ (lila), c) Aufschluss auf Sohle 7 mit eingezeichneter Schichtung (rot) und Längsklüftung (blau), d) stereographische Projektion der Schichtung (rot) und der Hauptkluftrichtungen L (blau).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Sohle 7

Auf Sohle 7 verändert sich das Einfallen der Schichtung vom südlichen hin zum nördlichen Bereich. Während S im Süden mit bis zu 65° nach NNW (333°) einfällt, wurden im Norden Einfallwinkel von 29° nach NNW (331°) eingemessen. Richtung Norden werden die Kalkbänke mächtiger (0,5 m bis 1 m).

Im Süden ist der Kalkstein stark zerklüftet (Abbildung 8 c), Schichtabstände betragen 0,1 m bis 0,2 m. Kluftabstände variieren je nach Aufschluss zwischen 0,1 und 0,5 m, die Klüfte sind zum Großteil nicht verfüllt, die Konnektivität zwischen den Klüften ist hoch. Der Kalkstein ist teilweise stark tektonisch beansprucht. Klüftöffnungen sind 0,01 bis 0,1 m breit. Die Klüfte erstrecken sich entlang der Nordwand über mehrere Böschungen (Abbildung 9).

Die Querklüfte fallen nach wie vor steil unter 70° bis 80° nach E (Einfallrichtung 70° bis 90°) oder W (Einfallrichtung 259° bis 269°) ein. Die Einfallrichtung der Längsklüfte beträgt 129° bis 132° nach SSE bei Einfallwinkeln von ca. 45° bis 70° (Abbildung 8 b).

Die Diagonalklüfte D_1 und D_2 wurden an insgesamt drei Messpunkten (13,15,16) überprüft, die Einfallrichtung ist jeweils 30° nach NNE, der Einfallwinkel ist 39° bis 51° (D_1) bzw. 131° nach SE bei einem Einfallwinkel von 65° bis 70° (D_2).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

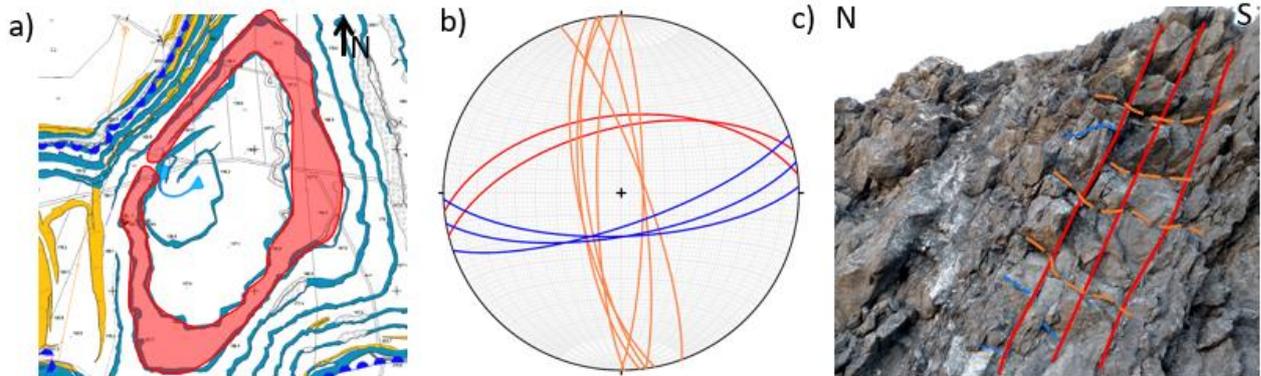


Abbildung 8: a) Bereich der Kluftmessungen auf Sohle 7 (rot), b) stereographische Projektion der Schichtung (rot) und der beider Hauptklufttrichtungen L (blau) und Q (orange), c) Aufschluss im südlichen Bereich der Sohle 7 mit eingezeichneter Schichtung (rot), Querklüftung (orange) und Längsklüftung (blau), die Querklüftung fällt hier nach E in die Abbildung hinein.



Abbildung 9: Nordböschung, links: gestrichelte Linien markieren Kluftöffnungen, rechts: gestrichelte Linie markieren Klüfte, die sich über die ganze Nordwand erstrecken.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Sohle 6

Im Süden der Sohle 6 ist der aufgeschlossene Massenkalk sehr dunkel, eine Schichtung ist kaum erkennbar. Mit Ausnahme vom südwestlichen Bereich ist der anstehende Kalkstein gering zerklüftet. Im nördlichen Bereich wird der Kalkstein zunehmend heller und fossilienführend. Es sind teilweise Hohlräume aufgrund von Calcitlösung im Kalkstein vorhanden. Klüfte sind unverfüllt.

Die Schichtflächen sind wie zuvor nach Süden hin aufgestellt. Im Norden von Sohle 6 fällt die Schichtung entlang der Böschung flacher ein. Schichtbänke weisen eine Mächtigkeit von 0,1 bis 0,5 m auf. Im Süden kann die Mächtigkeit der Schichten bis auf 1,0 m zunehmen. Die Einfallwinkel variieren auf der gesamten Sohle zwischen 33° im nördlichen und 68° im südlichen Bereich. Die Einfallrichtung der Schichtflächen wechselt zwischen 340° bis 350° nach N (Abbildung 10).

Die Längsklüfte fallen nach SE (154°) ein, der Einfallwinkel liegt bei 52° .

Die Querklüfte fallen nach wie vor steil unter 80° bis 89° nach Osten oder Westen (Einfallrichtung 240° bis 268°) ein. Die Einfallrichtung der Diagonalklüfte D_1 beträgt 63° bis 90° nach SW (ca. 212°), während D_2 mit 45° bis 70° nach SE (ca. 133°) einfällt (Abbildung 10).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

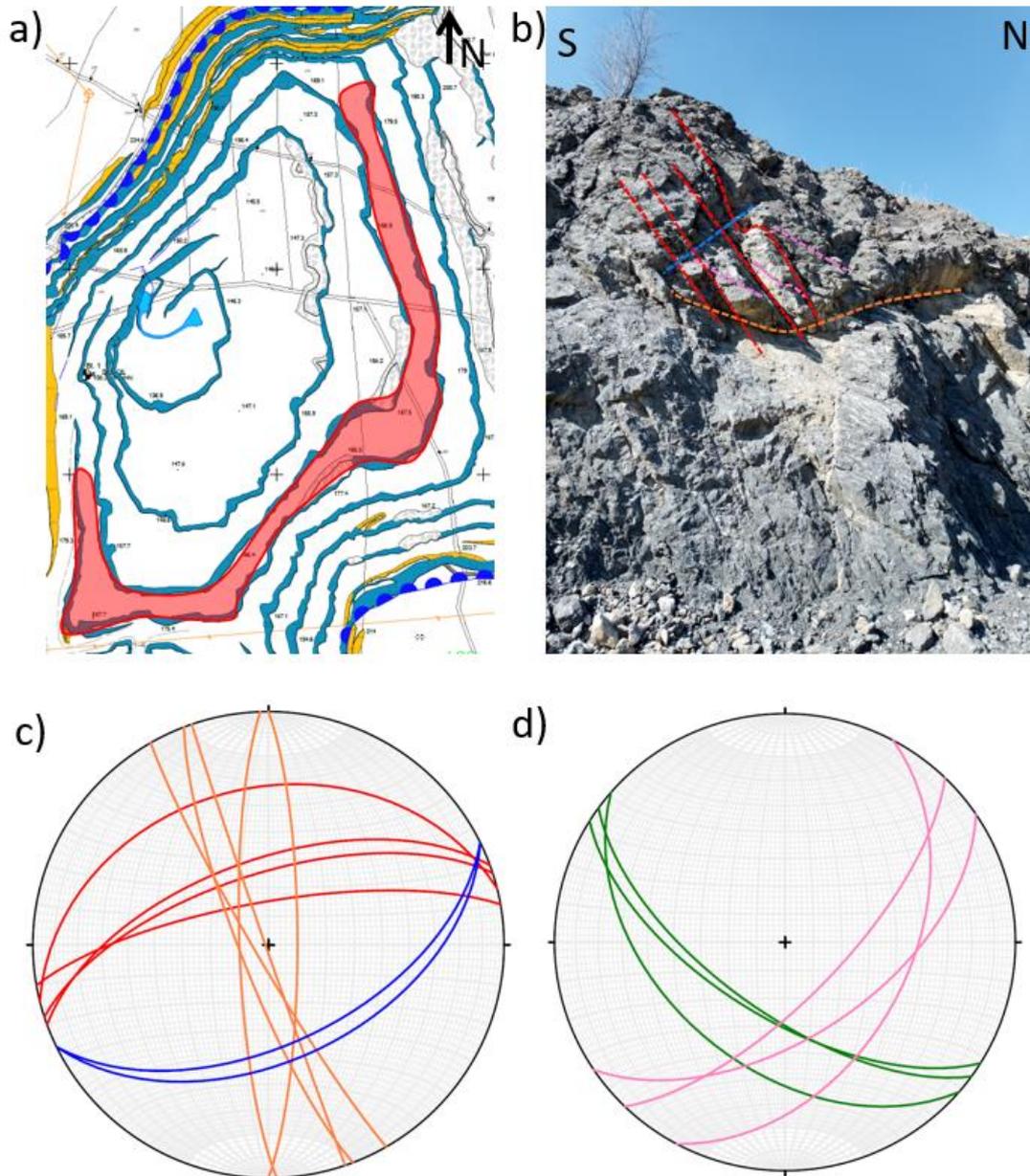


Abbildung 10: a) Bereich der Kluftrmessungen auf Sohle 6 (rot), b) Aufschluss an Messpunkt 17, eingezeichnet sind Schichtung (rot), Längsklüftung (blau), Querklüftung (orange) und Diagonalklüftung D_2 (lila) c) stereographische Projektion der Schichtung (rot) und der beiden Hauptkluftrichtungen Q (blau) und L (orange), d) stereographische Projektion der Diagonalklüfte D_1 (grün) und D_2 (lila)

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Sohle 5

Wie auf den tieferen Sohlen fällt die aufgeschlossene Schichtung im südlicheren Bereich mit 59° bis 70° nach N (345°) steiler ein als im nördlichen Bereich (30° bis 40° nach N (338°)). Schichtbänke erreichen Mächtigkeiten bis zu 1,0 m.

Die Kluftabstände variieren zwischen 0,1 m bis 0,2 m, die Konnektivität zwischen den Klüften ist sehr gering. Klüfte sind mit tonig-mergeligem Material oder Calcit gefüllt. Die aufgenommenen Klüfte sind 0,01 m bis 0,1 m, teilweise 0,5 m weit (Abbildung 11 b). Kluftlängen reichen von 1 bis 15 m.

Die gemessene Längskluft an Messpunkt 23 liegt fast horizontal (Einfallen: 1° nach Norden (350°)). Die Querklüfte stehen fast senkrecht, mit einem Einfallen von 85° nach SW (ca. 252°) oder 74° nach NE (ca. 77°).

Die Diagonalklüfte D_1 fallen nach SW mit 231° und einem Einfallwinkel von 40° bis 75° ein. Die Einfallrichtung der Diagonalkluft D_2 an Messpunkt 23 beträgt 75° nach E; der Einfallwinkel liegt bei 75° bis 65° .

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

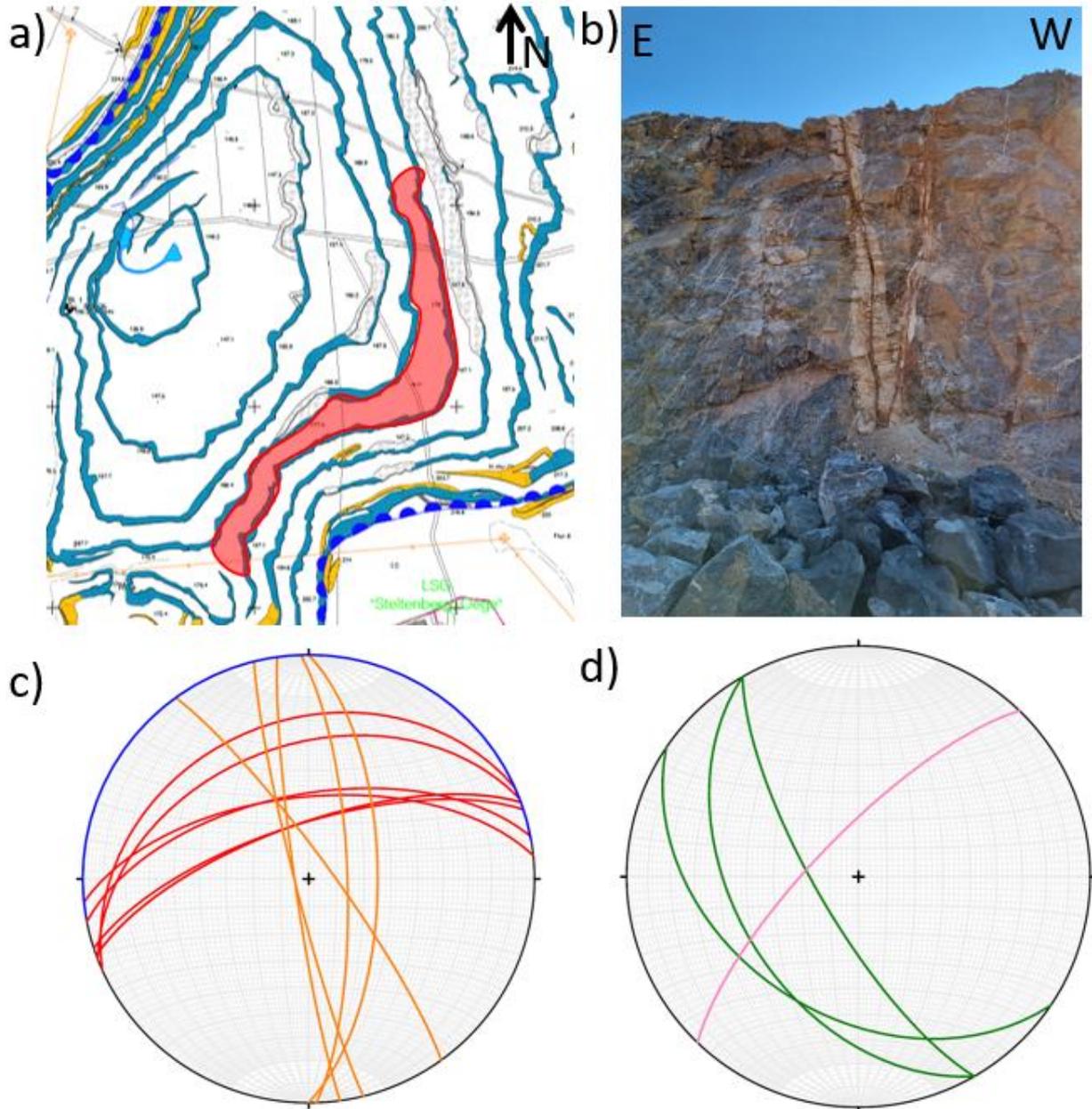


Abbildung 11: a) Bereich der Kluftrichtungen auf Sohle 5 (rot), b) Aufschluss an Messpunkt 23, Kluft mit Calcitfüllung, c) stereographische Projektion der Schichtung (rot) und der beider Hauptkluftrichtungen Q (orange) und L (blau), d) stereographische Projektion der Diagonalklüfte D₁ (grün) und D₂ (lila).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Sohle 4

Auf Sohle 4 wurden Messungen entlang der südöstlichen Böschung aufgenommen (Abbildung 12 a). Die Schichtung fällt an Messpunkt 30 weiterhin nach N (348°) mit 59° ein. Böschungswinkel und Schichteinfallen sind an dieser Stelle identisch (Abbildung 12 c). Vorhandene Klüfte sind meist mit tonig-feinsandigem Schluff gefüllt. Kluftweiten variieren zwischen 0,01 m und 0,1 m. Das anstehende Gestein ist kaum zerklüftet, Kluftabstände reichen von 0,3 bis 2 m. Die eingemessene Längskluft an Messpunkt 30 fällt nach S (178°) mit 69° ein. Die Querklüfte stehen mit Winkeln von 80 bis 89° saiger, die Einfallrichtung variiert dabei zwischen E (80°) und W (254° bis 262°).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

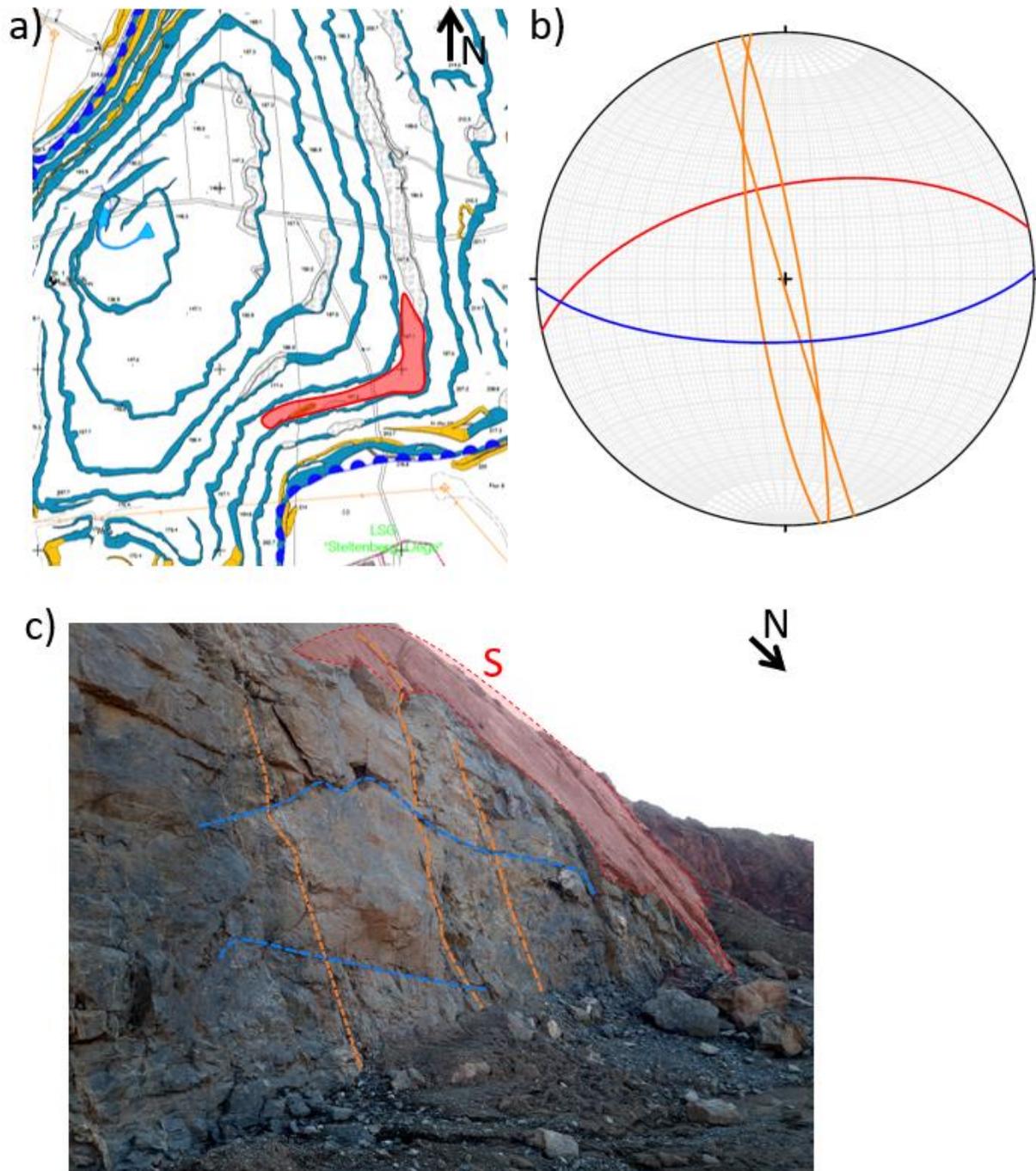


Abbildung 12: a) Bereich der Kluftrichtungen auf Sohle 4 (rot), b) stereographische Projektion der Schichtung (rot) und der beider Hauptkluftrichtungen Q (orange) und L (blau), c) Aufschluss an Messpunkt 30, eingezeichnet sind Schichtfläche (rot), Längsklüftung (blau) und Querklüftung (orange).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Sohle 3

Auch auf Sohle 3 (Messpunkte 31 bis 35) wird das Einfallen der Schichten nach Norden hin flacher. Während die Schichten an Messpunkt 33 (südlicher Bereich) mit 55° nach N (346°) einfallen, fallen sie an Messpunkt 35 mit 45° nach N (356°) ein. Die Schichten sind zwischen 0,2 und 0,5 m mächtig. Der Kalkstein ist nur mäßig geklüftet, Klüfte weisen eine maximale Breite von 0,01 m bis 0,02 m auf. Kluftabstände variieren zwischen 0,2 m und 1 m.

Die an Messpunkt 32 eingemessene Längsklüftung fällt nach Süden (190°) mit einem Winkel von 80° ein. Die Querklüfte fallen nach wie vor steil unter 85° bis 89° nach W (289°) oder E (79°) ein.

Die Diagonalkluft D_1 (Messpunkt 32) streicht NW-SE mit einem Einfallen nach SW (210°) von 85° . Die eingemessene Diagonalkluft D_2 streicht entsprechend NE-SW mit einem Einfallen nach SE (129°) und einem Einfallswinkel von 80° (Abbildung 13).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

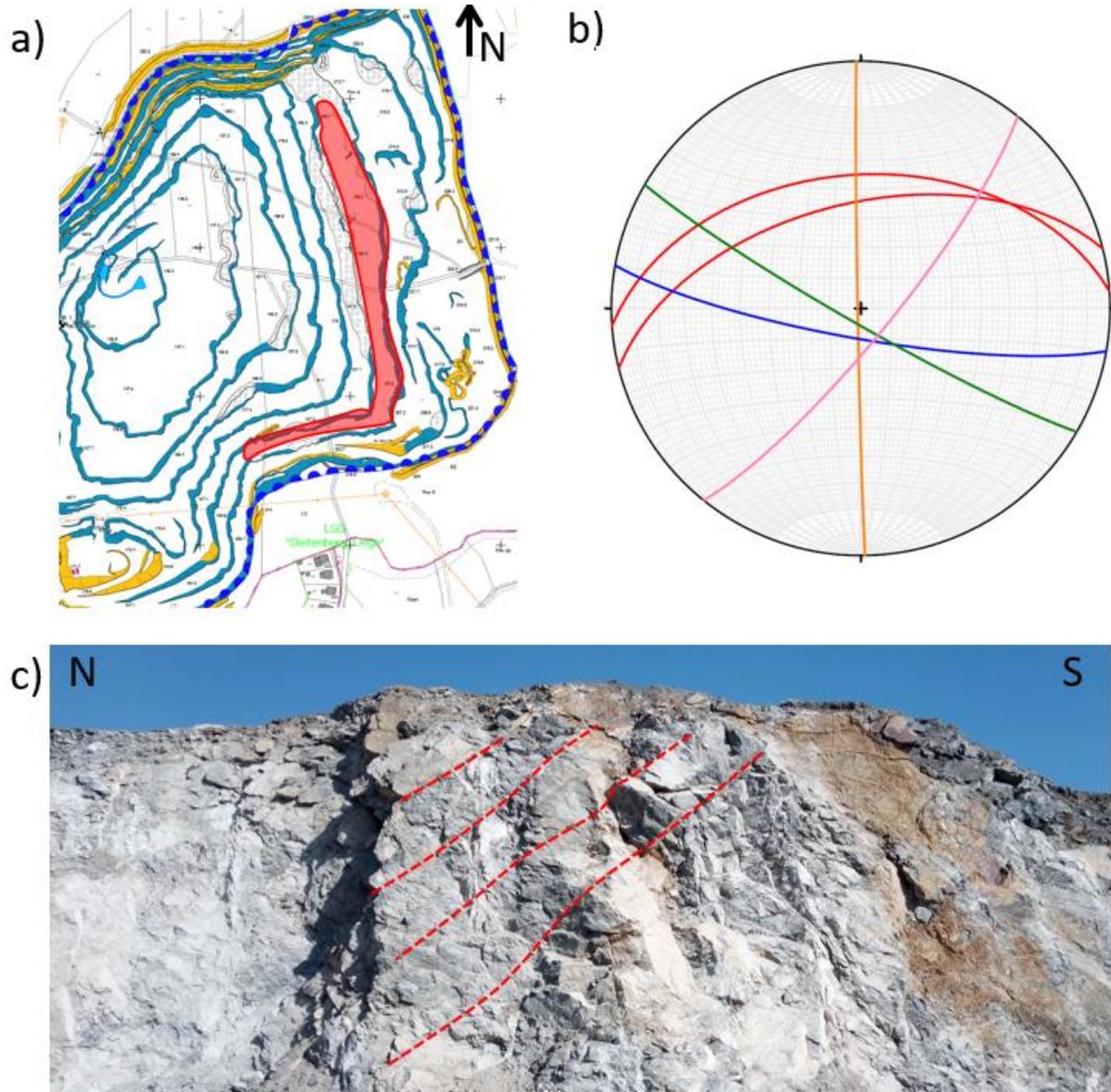


Abbildung 13: Bereich der Kluftrichtungen auf Sohle 3 (rot), b) stereographische Projektion der Schichtung (rot), der beiden Hauptkluftrichtungen Q (orange) und L (blau), sowie der Diagonalklüfte D₁ (grün) und D₂ (lila), c) Aufschluss an Messpunkt 35, eingezeichnet sind die Schichtflächen (rot).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Sohle 2

Die Kluftscharen von Sohle 2 wurden vor allem im nördlichen Bereich der Sohle eingemessen, im Südlichen Bereich stehen bereits die Deckschichten aus locker Sedimenten an. Die Schichtflächen des Kalksteins fallen mit 51° nach N (354°) ein (Abbildung 14). Die Schichtmächtigkeiten reichen von 0,5 m bis 0,7 m. Die Kluftabstände variieren zwischen 0,2 m und 1 m. Es sind größtenteils Kluftfüllungen erkennbar. Die an Punkt 36 eingemessene Diagonalklüftung D_2 fällt mit 70° nach SE (112°) ein. Dem Kluftsystem entsprechen fällt D_2 mit 58° nach SW (219°) ein.

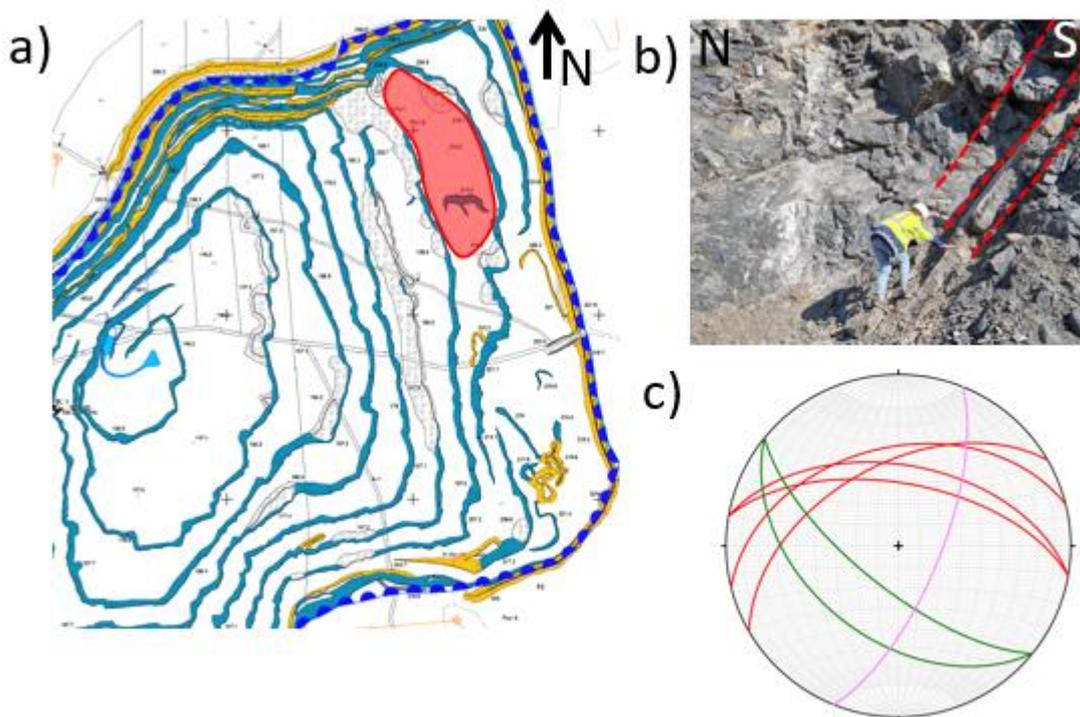


Abbildung 14: Bereich der Kluftrichtungen auf Sohle 1, b) Aufschluss an Messpunkt 35, eingezeichnet sind Schichtfläche (rot), Längsklüftung (blau), Querklüftung (orange), c) stereographische Projektion der Schichtung (rot), der beiden Hauptklüftrichtungen Q (blau) und L (orange), sowie der Diagonalklüfte D_1 (grün) und D_2 (lila)

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

5 Standsicherheit der Böschungen

Allgemeines

Der Lageplan in Anlage 2 zeigt den Tagebau Steltenberg zum Zeitpunkt der letzten Überfliegung. Die tiefste Abbausohle befand sich im April 2022 auf ungefähr +137 mNHN und damit fast 120 m unter dem höchsten Geländepunkt auf der Nordseite. Gut zu erkennen ist das Sedimentationsbecken im westlichen Teil des Steinbruchs, das durch einen Erddamm vom Tagebau abgetrennt wird.

Der geplante Endzustand wird in Anlage 5 dargestellt. Dort sind auch die fünf Schnittlinien durch die Endböschungen im Süden, im Osten, im Norden sowie im Westen zum Sedimentationsbecken enthalten. Die Schnittlinien wurden in Anlage 2 übertragen.

Die Tiefsohle im geplanten Tagebauendstand befindet sich auf +15 mNHN. Die Endwände werden im Norden bis zu 240 m hoch. Auf der Westseite vor dem Damm des Sedimentationsbeckens wird die Höhe der Felswand etwa 155 – 170 m betragen, und die Höhe der Dammschüttung variiert im Schnitt 5-5' zwischen ca. 14 m und ca. 21 m. Das höchste Stauziel im Becken beträgt derzeit ca. $Z_H = +146$ mNHN. Die Beckensohle liegt auf etwa +99 mNHN. Darüber lagern rd. 30 Sediment aus der Kalksteinwäsche und dichten den Beckenraum gegen das Grundgebirge ab.

Die 12 m hohen Einzelböschungen des Tagebaus sollen gemäß den Schnittzeichnungen in Anlage 6 mit einer Regelneigung von $\beta = \text{ca. } 65^\circ$ bzw. $1:n = 1:0,47$ (2,15:1) hergestellt werden. Die Breite der Bermen beträgt 5,0 m. Daraus errechnet sich die Generalneigung der Steinbruchwände unter Außerachtlassung der breiten Zufahrtsrampe und örtlichen Abweichungen von der Regelbauweise zu $\beta = 48,5^\circ$ bzw. $1:n = 1:0,88$ (1,13:1).

Die breite Rampe in den Tagebau beginnt in der Südwestecke und besitzt ein Längsgefälle von 10 %. Im Endzustand erreicht die Zufahrt nach 1,5 Umrundungen in der Nordostecke die Tagebausohle (siehe Anlage 5).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Felsböschungen – Grundlagen

Grundlage für die Einschätzung der Standsicherheit der Tagebauböschungen im Fels bildet die ingenieurgeologische Kartierung vom 11.04.2022, deren Ergebnisse im vorstehenden Kapitel 4 ausführlich beschrieben werden. Die tiefste Sohle befand sich zu diesem Zeitpunkt auf etwa +137 mNHN, also ca. 122 m über der Sohle der geplanten Vertiefung. Eine regelmäßige Begutachtung der zukünftigen Abbau- und Endböschungen ist also zwingend erforderlich.

Die Beurteilung der Standsicherheit der Felswände erfolgt mit Hilfe der Blockgleitmethode. D.h., es wird überprüft, ob ebene Felskeile oder große Klufkörper auf einer oder mehreren Trennflächen abrutschen oder aus dem Verband herausbrechen bzw. aus der Wand herauskippen können. Eine Steinschlaggefahr besteht grundsätzlich immer.

Zur Ermittlung der maßgebenden Rutschkörper werden die Trennflächenscharen mit ihren (mittleren) Streich- und Einfallrichtungen herangezogen. Die Größe der Felskeile oder der Klufkörper bzw. der Rutschmassen hängt ab von der Raumstellung der zu begutachtenden Böschung, von der Raumstellung der Trennflächen und den Trennflächenabständen sowie vom Durchtrennungsgrad bzw. von der Erstreckung der Trennflächen.

Die Einfallrichtungen der Tagebauböschungen werden aus Anlage 5 abgegriffen. Sie betragen

- auf der Nordseite ca. 177°,
- auf der Ostseite ca. 250°,
- auf der Südseite ca. 350° im östlichen Abschnitt, ca. 335° im mittleren Abschnitt und ca. 360° im westlichen Abschnitt,
- auf der Nordwestseite ca. 130°,
- auf der Westseite unterhalb des Sedimentationsbeckens ca. 85°.

Die Lage der Messpunkte am 11.04.2022 geht aus Anlage 3 hervor. Dort wird auch jeweils die mittlere Raumstellung der Schichtung, der Längs- und Querklüfte sowie der Diagonalklüfte angegeben. Alle Messwerte werden in Abbildung 15 in einem Schmidt'schen Netz dargestellt.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Deutlich zu erkennen sind in dem Netz die Schichtflächen und die Querklüfte sowie die Längsklüfte. Diagonalklüfte treten dagegen zurück. Die Einfallrichtung der Haupttrennflächen beträgt danach:

- Schichtung = ca. $330^\circ - 15^\circ$, i.M. 348° (nach NNW)
- Querklüfte = ca. $245^\circ - 270^\circ$, i.M. 260° (nach WSW) bzw.
ca. $60^\circ - 90^\circ$, i.M. 80° (nach ENE)
- Längsklüfte = ca. $115^\circ - 170^\circ$, i.M. 150° (nach SE)

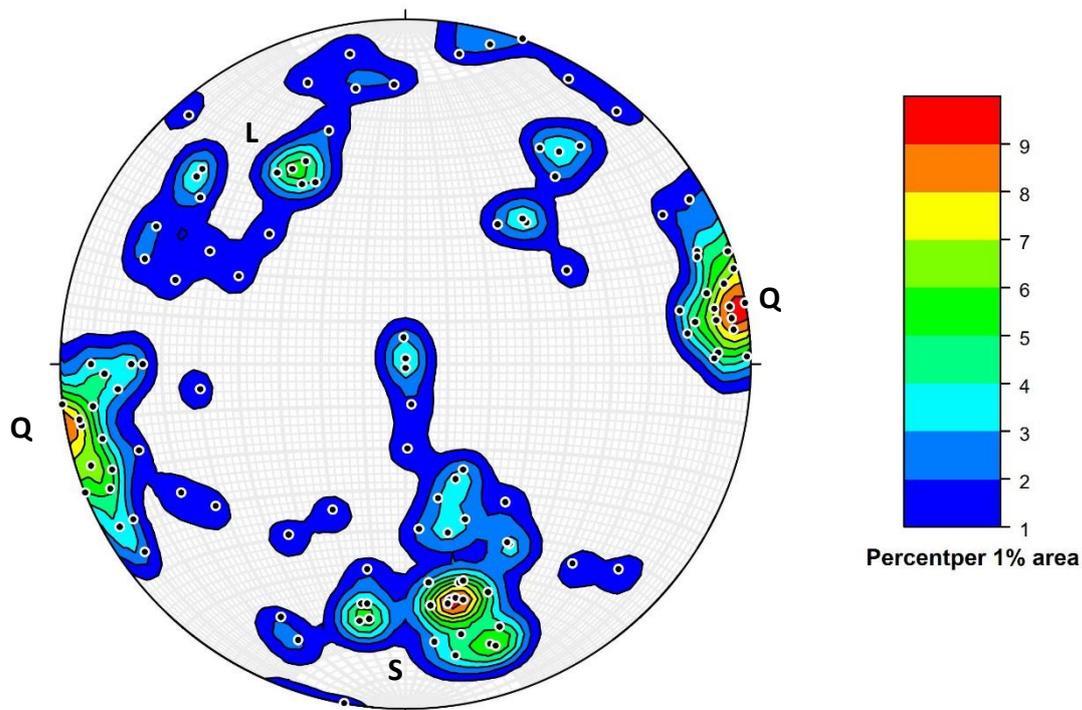


Abbildung 15: Raumstellung der Trennflächenscharen im Schmidt'schen Netz

Abweichungen von den vg. Einfallrichtungen und die Einfallwinkel sowie die Abstände, die Erstreckungen und die Ausbildung der Trennflächen werden nachfolgend bei der Einschätzung der Standsicherheit der fünf Felswände diskutiert.

Die beiden ungefähr NNW – SSE streichenden Störungen stehen steil (siehe Anlage 4). Der Massenkalk ist hier nicht zerrütet bzw. entfestigt. **Die Standsicherheit der Böschungen wird nach derzeitigem Kenntnisstand nicht durch die Störungen beeinträchtigt.**

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Lockergesteinsböschungen – Grundlagen

Abschnitte, in denen der anstehende Massenkalk zersetzt bis vollständig verwittert oder sehr gut durchtrennt und engständig geklüftet ist, mithin Lockergesteinscharakter besitzt, wurden bei der ingenieurgeologischen Kartierung nicht festgestellt. Das gilt auch für die Felsbereiche entlang der den Steinbruch etwa mittig von Norden nach Süden kreuzenden Störung und entlang der parallel zum östlichen Steinbruchrand verlaufenden Störungszone (siehe auch Anlage 4).

Der ungefähr 14 – 21 m hohe Damm des Sedimentationsbeckens auf der Westseite des Tagebaus besitzt im Schnitt 5-5' eine ca. 43 m breite Krone auf ungefähr +180,0 mNHN (siehe auch Anlage 6.5). Die Böschungsneigungen betragen auf der Wasserseite ca. 32° und auf der Luftseite ca. 30°. Der Dammkörper besteht größtenteils aus der Vorabsiebung, der hier eine Wichte $\gamma_k / \gamma_k' = 19/9$ kN/m³ und eine Scherfestigkeit $\phi_k' = 30^\circ$ und $c_k' = 2,5$ kN/m² zugewiesen wird.

In den nachfolgenden Berechnungen wird auf der sicheren Seite liegend angenommen, dass das Becken im ungünstigsten Fall bis auf OK Krone eingestaut werden kann und sich eine lineare Sickerlinie zwischen der beckenseitigen Dammschulter und dem steinbruchseitigen Dammfuß einstellt. Die Standsicherheitsbetrachtungen beschränken sich vorerst auf den Nachweis zur Sicherheit gegen Böschungsbruch auf der Luft- = Steinbruchseite bei Kronenstau mit Berücksichtigung der Einwirkungen aus Sprengen. Ausführliche Nachweise zur Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Damms auf der Grundlage von DIN 19700 und der Merkblätter DWA-M 542 und ATV-DVWK-M 503 können bei Bedarf nachgereicht werden.

Die Böschungen im Abraum sollen nicht steiler als 1:n = 1:1,5 hergestellt werden. Es erfolgt eine gesonderte Begutachtung.

Die steile und hohe vorhandene Kopfböschung z.B. im Schnitt 2-2' wird im Zuge der nächsten Planungsphase abgeflacht.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Standsicherheit der Südböschung im Fels

Die Einfallrichtung der Südböschung variiert zwischen 335° und 360° (NNW bis N). Die Schichtung mit einer mittleren Einfallrichtung von 348° (330° bis 15°) streicht demzufolge näherungsweise parallel zur südlichen Felswand, und die Schichtflächen fallen ungünstig in den Steinbruch hinein ein (siehe Abbildung 15 und Anlage 4).

Auf der Südseite befinden sich die Messpunkte 8 – 11, 13 + 14, 17 + 18, 22 – 24 und 28 – 34 (insgesamt 18 Stück). An 11 Punkten wurden hier für die Schichtung mittlere Einfallwinkel zwischen 41° und 72° gemessen. Der Mittelwert errechnet sich zu $58,2^\circ$. Acht von elf Einfallwinkeln sind flacher als die Neigung der Einzelböschungen. D.h., die Schichtflächen werden in den unter 65° geneigten Böschungen zwischen zwei Bermen häufig unterschritten. An den Punkten 8 und 18 ist der Einfallwinkel der Schichtung mit 41° bzw. 45° sogar flacher als die Generalneigung der Böschung ($\beta = 48,5^\circ$).

Die Schichtflächen sind häufig glatt bzw. vergleichsweise eben und über weite Strecken zu 100 % durchtrennt. Sie stellen also gute Rutschflächen dar. Durch die Längs- und Querklüfte entstehen kleine und große Rutschkörper.

Die für die Standsicherheit maßgebenden weil parallel zur Südwand streichenden Schichtflächen besitzen z.T. eine sehr große Erstreckung und werden häufig von den unter 65° geneigten Endböschungen zwischen zwei Bermen unterschritten. In Einzelfällen ist der Einfallwinkel der Schichtung sogar flacher als die Generalneigung der Südböschung. Es wird empfohlen, die Generalneigung von $\beta = 48,5^\circ$ auf $\beta = 40^\circ$ ($1:n = 1:1,19$) und die Einzelböschungen von 65° auf 52° ($1:n = 1:0,78 = 1,28:1$) abzuflachen.

Standsicherheit der Ostböschung im Fels

Die Einfallrichtung der Ostböschung beträgt rd. 250° (WSW). Die Schichtflächen streichen näherungsweise senkrecht zur östlichen Felswand und sind mit Blick auf die Standsicherheit von untergeordneter Bedeutung. Zu überprüfen sind hier die i.d.R. steil stehenden Querklüfte mit einer Einfallrichtung von 260° (245° bis 270°).

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Folgende Messpunkte werden zur Ostseite gezählt: 14 + 15, 18 – 22, 25 – 27, 35 – 37 (insgesamt 13 Stück). Allerdings konnten lediglich an sieben Punkten Querklüfte eingemessen werden:

- Punkte 14, 15, 25, 27 mit Einfallwinkeln von 55° bis 76° nach ENE bis ESE in den Berg
- Punkte 20, 21, 26 mit Einfallwinkeln von 80° bis 85° nach WSW bis W in den Steinbruch

Die Querklüfte zeigten sich ebenfalls häufig als glatt bzw. eben und großflächig aushaltend.

Die nach WSW parallel zur Ostwand einfallenden Querklüfte sind gemäß den vorliegenden Erkundungsergebnissen durchweg steiler geneigt als die Einzelböschungen und somit auch steiler als die Gesamtböschung. Ein Versagen ganzer Böschungsbereiche über mehrere Sohlen ist deswegen eher unwahrscheinlich.

Standsicherheit der Nordböschung im Fels

Die Einfallrichtung der Nordböschung beträgt ca. 177° (S). Die Schnittflächen streichen zwar parallel zur nördlichen Tagebauwand, fallen aber durchweg nach NNW bis N in den Berg hinein ein (335° bis 360°) und sind deswegen mit Blick auf die Standsicherheit von untergeordneter Bedeutung. Abbildung 15 zeigt, dass die in etwa parallel zur Schichtung streichenden Längsklüfte auf der Nordseite in den Steinbruch hinein einfallen: 115° bis 170° . Die mittlere Einfallrichtung beträgt rd. 150° nach Südost.

Zur Nordseite werden die Messpunkte 16, 20 + 21, 27, 35 – 37 gezählt (insgesamt 7 Stück). Der Einfallwinkel konnte hier allerdings nur am Punkt 20 zu 49° eingemessen werden. Gemäß Abbildung 15 und Anlage 3 beträgt der Einfallwinkel im Steinbruch zumeist ca. 50° bis 70° und ist demzufolge häufig flacher als die Neigung der Einzelböschungen, aber immer steiler als die Generalneigung.

Die häufig glatten bzw. vergleichsweise ebenen Längsklüfte können sich wie die Schichtung und die Querklüfte über mehrere Sohlen erstrecken.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Die für die Standsicherheit maßgebenden weil parallel bis spitzwinklig zur Nordwand streichenden Längsklüfte besitzen z.T. eine sehr große Erstreckung und werden örtlich von den unter 65° geneigten Endböschungen zwischen zwei Bermen unterschritten. Hier können kleine Rutschkeile zwischen zwei Sohlen abrutschen. Die Rutschkörper dürften sich schon beim Sprengen herauslösen. Der Einfallwinkel der Längsklüfte ist aber steiler als die Generalneigung.

Standsicherheit der Nordwestböschung im Fels

Die Einfallrichtung der Nordwestböschung beträgt etwa 130° nach SE. Auch hier sind die Längsklüfte als möglicherweise kritisch anzusehen. Im Bereich der nordwestlichen Felswand wurden keine Gefügemessungen durchgeführt.

Die Standsicherheit wird ähnlich eingeschätzt wie die Standsicherheit der Nordwand.

Standsicherheit der Westböschung im Fels

Die westliche Felsböschung unterhalb des Damms des Sedimentationsbeckens besitzt eine Einfallrichtung von 85° (E). Wie schon im Abschnitt für die Ostseite beschrieben, ist die fast senkrecht bzw. allenfalls in einem stumpfen Winkel zur Westböschung schneidende Schichtung für die Einschätzung der Standsicherheit von untergeordneter Bedeutung. Näher zu betrachten ist vielmehr die Querklüftung mit einer Einfallrichtung von i.M. 80° ($60^\circ - 90^\circ$).

Folgende Messpunkte werden der Westböschung zugerechnet: 1 – 13, 17 (insgesamt 14 Stück).

Wie im Osten liegen nur für die Hälfte der Messpunkte Raumstellungen vor:

- Punkte 1, 4, 13 mit Einfallwinkeln von 72° bis 85° nach W in den Berg
- Punkte 2, 3, 5, 17 mit Einfallwinkeln von 72° bis 87° nach E in den Steinbruch

Die Querklüfte zeigten sich ebenfalls häufig als glatt bzw. vergleichsweise eben und großflächig aushaltend.

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Die nach E bis ENE in den Steinbruch hinein einfallenden Querklüfte sind gemäß den vorliegenden Erkundungsergebnissen durchweg steiler geneigt als die unter 65° geneigten Einzelböschungen und damit auch steiler als die Gesamtböschung. Ein Versagen ganzer Böschungsbereiche über mehrere Sohlen ist deswegen eher unwahrscheinlich.

Standsicherheit der Dammböschung

Der Ausnutzungsgrad der Sicherheit gegen Böschungsbruch für die Dammböschung auf der Steinbruchseite errechnet sich mit den o.a. Randbedingungen und mit einer angenommenen Horizontalbeschleunigung infolge Sprengens von $0,50 \text{ m/s}^2$ zu $\mu = 0,86 \leq 1,0 = \text{zul. } \mu$ (siehe Abbildung 16). Die tatsächlichen Einwirkungen aus Sprengen sollen noch in einem gesonderten Gutachten abgeschätzt werden.

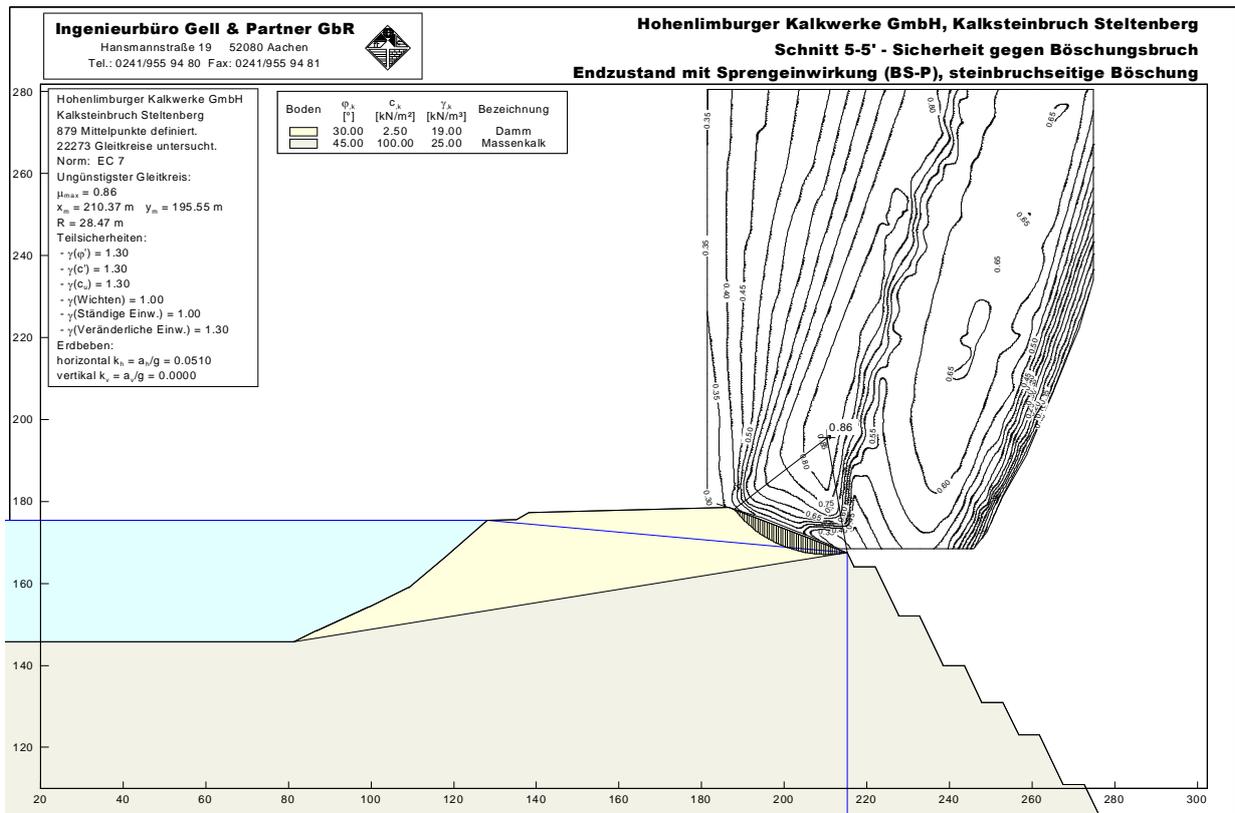


Abbildung 16: Maßgebender Gleitkreis

Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

6 Zusammenfassung

Der Steinbruch Steltenberg der Hohenlimburger Kalkwerke GmbH soll bis auf +15 mNHN vertieft werden, um den Produktionsstandort und damit die Versorgungssicherheit langfristig zu erhalten. Mit den Antragsunterlagen ist auch ein Standsicherheitsgutachten vorzulegen. Der Betreiber hat die SST Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner GmbH mit einer entsprechenden Einschätzung zur Standsicherheit der tiefen Endböschungen beauftragt. Grundlage für die Bearbeitung bildet die ingenieurgeologische Kartierung der vorhandenen Steinbruchwände vom 11.04.2022.

Die Ergebnisse der Feldarbeiten und hier insbesondere die Gefügemessungen werden im vorliegenden Bericht vorgestellt und ausgewertet. Danach wurde das für das Rheinische Schiefergebirge typische orthogonale Trennflächensystem bestehend aus Schichtung, Quer- und Längsklüftung festgestellt. Die Schichtflächen und die Längsklüfte streichen ungefähr parallel zur Süd- und zur Nordböschung, die Querklüfte demzufolge parallel zur Ost- und zur Westböschung. Während die Hauptklüfte steil einfallen und i.d.R. nicht durch die unter 65° geneigten Einzelböschungen auf der West-, der Nord- und der Ostseite unterschritten werden, besitzt die für die Standsicherheit der Südwand maßgebende Schichtung teilweise auch Einfallwinkel von ca. $40^\circ - 45^\circ$. Deswegen wird empfohlen, die Generalneigung der Südböschung von $48,5^\circ$ auf $\beta = 40^\circ$ abzuflachen. Die Einzelböschungen können hier dann unter 52° geneigt werden, wenn die Breite der Sohlen von 5,0 m beibehalten wird.

Sofern sie nicht bereits bei der Sprengung gelöst werden, können zwischen zwei Sohlen Felsblöcke nachrutschen, und zwar im Süden auf den Schichtflächen und im Norden auf den Längsklüftflächen. Deswegen sind grundsätzlich alle Abbauwände nach einer Sprengung in Augenschein zu nehmen.

Auf das grundsätzlich bestehende Risiko von Steinschlägen sei besonders hingewiesen.

Die beiden NNW – SSE streichenden Störungen beeinträchtigen gemäß den vorliegenden Erkundungsergebnissen nicht die Standsicherheit der Endböschungen.

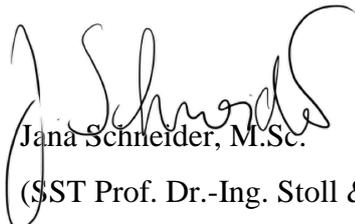


Kalksteinbruch Steltenberg, Stellungnahme zur Standsicherheit der Böschungen

Die Abraumböschungen sollen unter $1:n = 1:1,5$ hergestellt werden. Die ca. 14 m hohe steinbruchseitige Böschung des Damms des Sedimentationsbeckens besitzt eine ausreichende Standsicherheit. Die Einwirkungen infolge Sprengens sollen noch einmal unabhängig überprüft werden.

Die Vertiefung des Steinbruchs soll gutachterlich begleitet werden. Dazu ist in regelmäßigen Abständen insbesondere die Raumstellung und Ausbildung der Trennflächen zu überprüfen und mit der dieser Stellungnahme zugrundeliegenden Kartierung vom 11.04.2022 abzugleichen.

Aachen, den 12.10.2022



Jana Schneider, M.Sc.
(SST Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner
Ingenieurgesellschaft mbH)



Dipl.-Ing. Jürgen Knops
(Ingenieurbüro Gell & Partner GbR)