

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

**Erläuterungen zu Rückfragen des
Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und
Bergbau aus der Email vom 21.12.2018
zum Gutachten zu Fragen der
Hangstabilität am Plettenberg**

Februar 2019

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

Lfd. Nr. 21 und 22: Zu den Anmerkungen des LGRBs, Ref. 95 hat der Gutachter am 23.11.2018 in einer „Ergänzung zum Gutachten zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg“ Stellung genommen. Zum Nachweis der Aussagen sind die Ergebnisse ergänzender Standsicherheitsberechnungen enthalten. Die Anmerkungen des LGRBs, Ref. 95 wurden in der „Ergänzung zum Gutachten ...“ aufgegriffen und beantwortet.

Keine weiteren Anmerkungen

Lfd. Nr. 29: Nach DIN 4084 müssen „für die Sicherheitsnachweise alle infrage kommenden Bruchmechanismen in Betracht genommen werden“. Insbesondere wenn Bruchflächen geologisch vorbestimmt sind, z. B. bei Vorhandensein eines geschichteten Untergrunds wie am Plettenberg und/oder einem deutlich ausgeprägtem Trennflächengefüge (nach dem „Fachgutachten Hydrogeologie und Ingenieurgeologie“ von Pommerening et al. wurden im Steinbruch Plettenberg vier Großkluftsysteme ermittelt), ist es nicht ausreichend, nur kreisförmige Gleitflächen zu betrachten. Nach Auffassung des LGRB bilden die in Abb. C-37 des überarbeiteten „Gutachtens zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg“ vom 20.11.2018 dargestellten Standsicherheitsberechnungen nach dem Blockgleitverfahren nicht den ungünstigsten Fall im Ist-Zustand ab. Zur Vollständigkeit hält das LGRB hier weitere Standsicherheitsberechnungen nach dem Blockgleitverfahren nach Absprache mit dem LGRB für erforderlich.

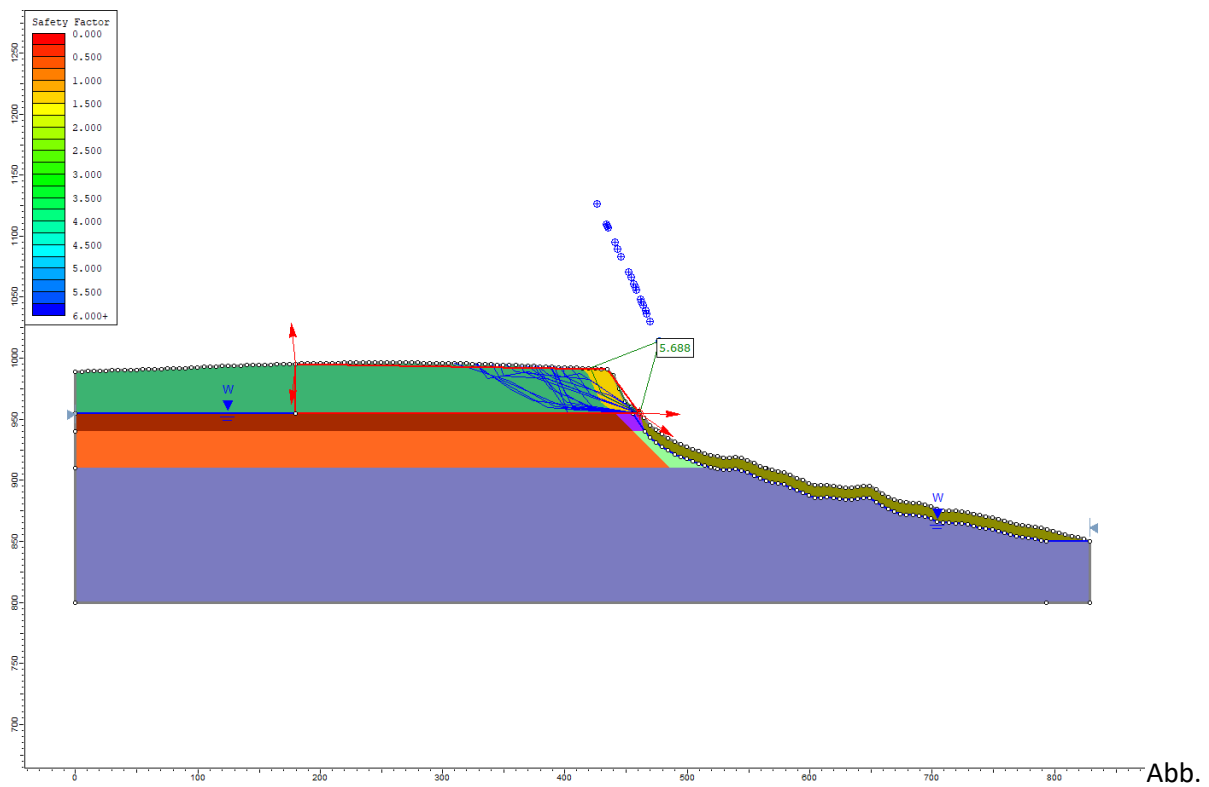
Auf Seite 30 des Gutachtens wird kurz darauf eingegangen, dass aufgrund des Trennflächengefüges prinzipiell eine freie Spannungsausbreitung mit dann meist gekrümmten Gleitflächen möglich ist. Das entspricht dem ungünstigsten Fall, da in diesem Fall alle Kräfte ohne Einschränkungen voll auf die potentielle Gleitfläche einwirken können. Aus den Untersuchungen im Gutachten kann auch darauf geschlossen werden, da die großen im Verlauf eher flach einfallenden Gleitkreise eine erheblich höhere Standsicherheit aufweisen. Dies entspricht auch den Ergebnissen für die flachen ebenen Gleitbahnen, welche hohe Standsicherheiten aufweisen. Entsprechend sollten für Gleitkörper auf diesen Gleitbahnen, die durch steilstehende, langanhaltende Trennflächen abgetrennt werden und so gegliederte Gleitbahnen ausbilden, die Standsicherheitswerte im Bereich zwischen für kreisförmige bzw. gebogene und den langanhaltenden ebenen Gleitbahnen liegen.

Ergänzend sind Simulationen mit gegliederten Gleitflächen für das Südwestliche Untersuchungsprofil am Plettenkeller durchgeführt worden. Im Hydrogeologischen Gutachten von Pommerening et al. (2018) und im Gutachten Fernandez-Steeger et. al. (2018) werden steilstehende Trennflächen mit einem mittleren Einfallen von $80^\circ \pm 10^\circ$ mit sehr vereinzelt Flächen bis 55° , sowie flache Trennflächen (im wesentlichen Schichtflächen) mit einem sehr geringen einfallen $< 5^\circ$ und vereinzelt Aufsteigungen von bis zu 35° beschrieben.

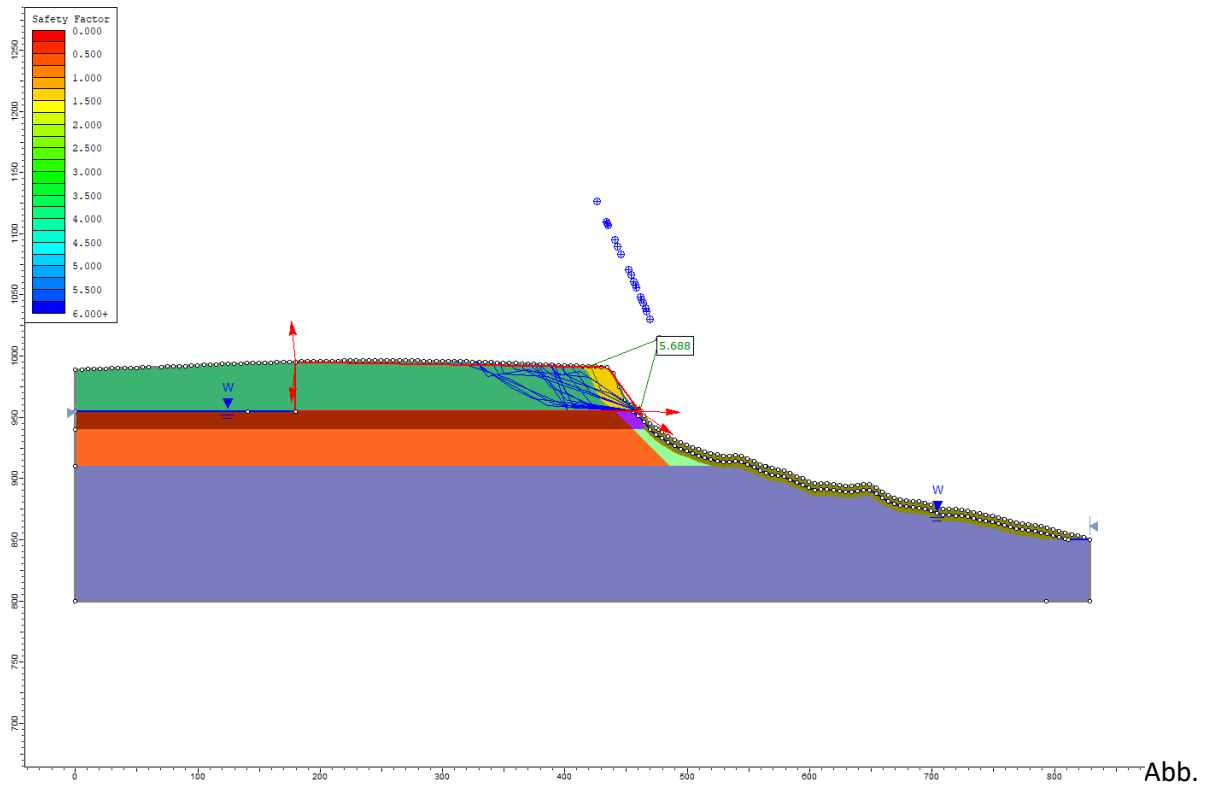
Zudem wurden noch, um den Einfluss potentieller Schwächezonen auf den ebenen Versagensfall zu zeigen (z.B. durch eine Verwitterungszone oder mergeligere Ausprägung der Schichten) entsprechende Simulationen hinzugefügt. Hierbei wurden exemplarisch einzelne Schwächezonen in das Modell eingefügt, deren Festigkeitseigenschaften mit denen der Ornatenton-Formation gleichgesetzt wurden (s. Tab 7-5 im Gutachten von Fernandez-Steeger et al. 2018).

Zusammenfassend bestätigen diese ergänzenden Simulationen die im Gutachten Fernandez-Steeger et. al. (2018) festgestellte und beschriebene Situation. Die Standsicherheitsbeiwerte liegen im Bereich zwischen den geringsten für die Felsböschungen am Plettenkeller mit der Gleitkreismethode ermittelten Werten und denen für lange ebene Gleitflächen. In der Tendenz zeigt sich ein mit den bisherigen Beobachtungen konsistentes Bild, das für steile Gleitflächen oder Gleitkreise in Böschungsnähe die niedrigsten Sicherheiten ausweist. Die Konzentration auf diesen Bereich ergibt sich, wie im Gutachten auch erwähnt, aus der Tatsache, dass aus morphologischen / geometrischen Gründen der Bereich in dem steile Trennflächen die Böschung unterschneiden können (was eine Voraussetzung für das kinematische Versagen ist) begrenzt ist. Bei flachen Trennflächen hingegen nehmen die Standsicherheiten aufgrund der Spannungssituation zu. Weiterhin ist der Bereich der freiliegenden Böschungen gezielt durch den hoch gewählten Auflockerungsfaktor und eine konservativ angesetzte Auflockerungstiefe mechanisch geschwächt worden. Auch nach der neuesten Fassung des Hoek-Brown Modells und der Anwendung des GSI ist dieser Ansatz konservativer als die dort dargestellten Empfehlungen (Hoek & Brown 2018).

Hoek, E. & Brown, E.T., 2018. The Hoek–Brown failure criterion and GSI – 2018 edition. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 1-19, DOI: 10.1016/j.jrmge.2018.08.001.



2-1: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) im heutigen Zustand für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop



2-2: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) im heutigen Zustand bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop.

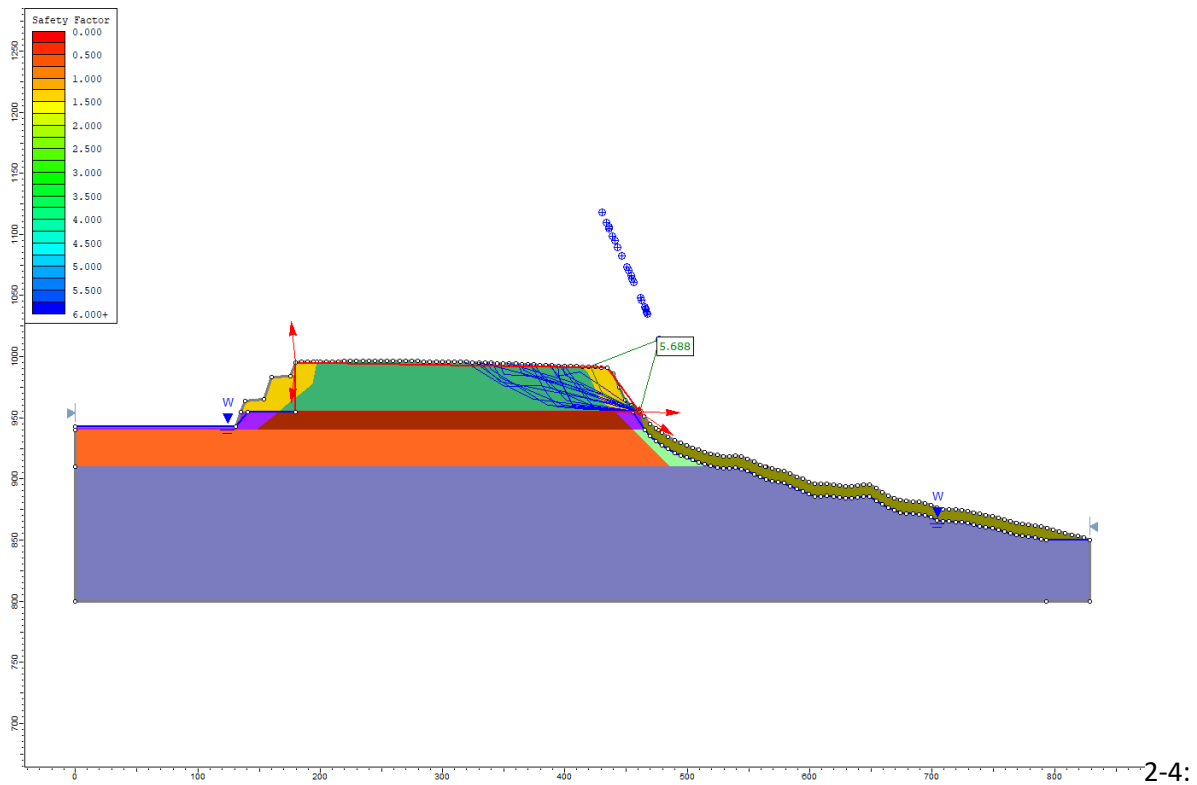


Abb. 2-3: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet Zustand für das Normalmodell. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop.

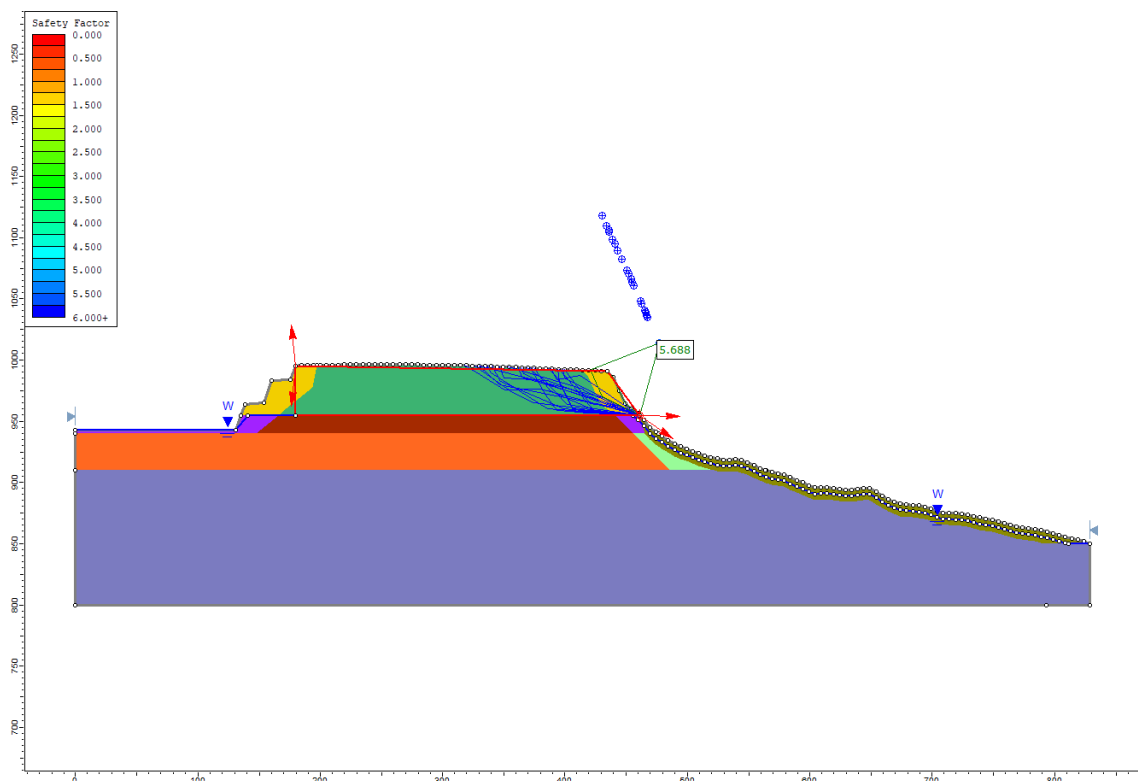


Abb. 2-4: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop.

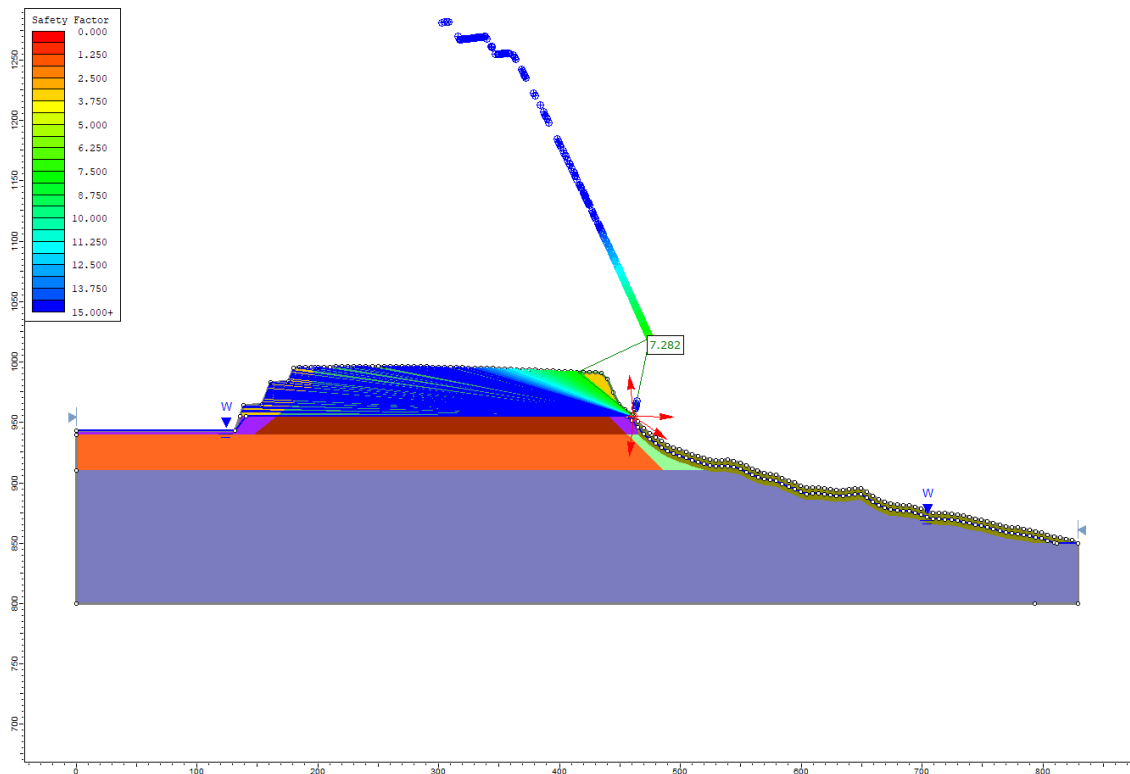


Abb. 2-5: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop bei unterschiedlichen Neigungen der ebenen Gleitfläche.

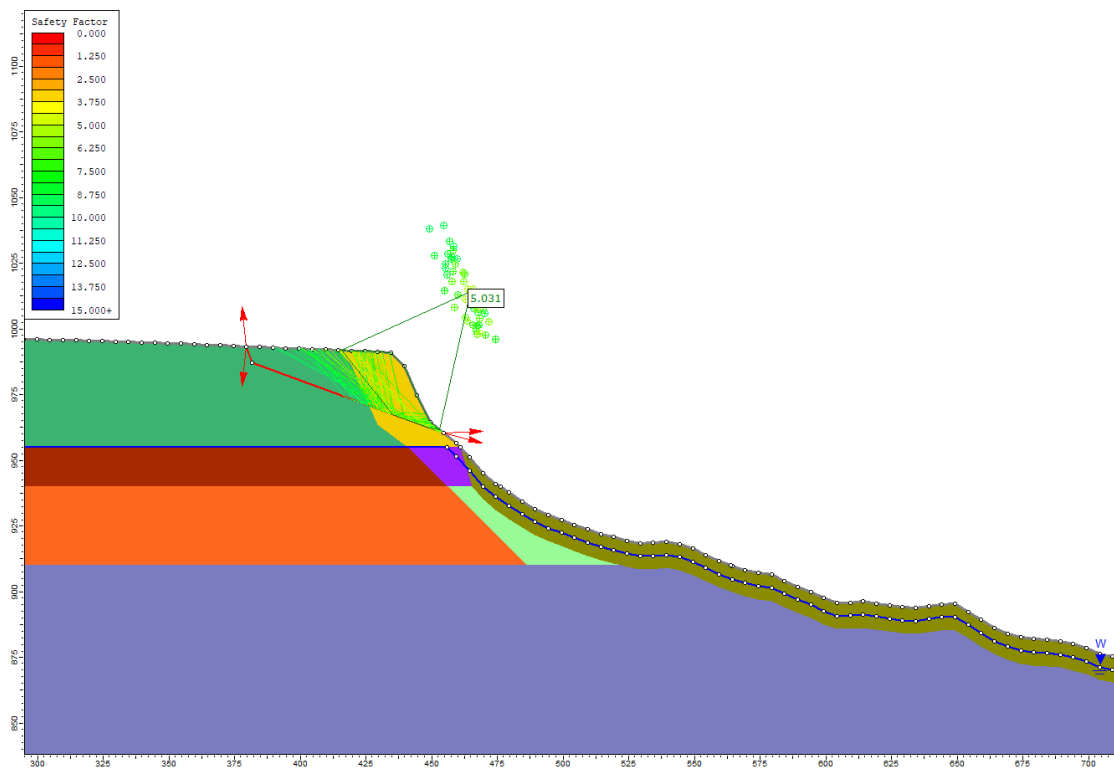


Abb. 2-6: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop bei unterschiedlichen Neigungen und Blockgrößen (Detailabbildung).

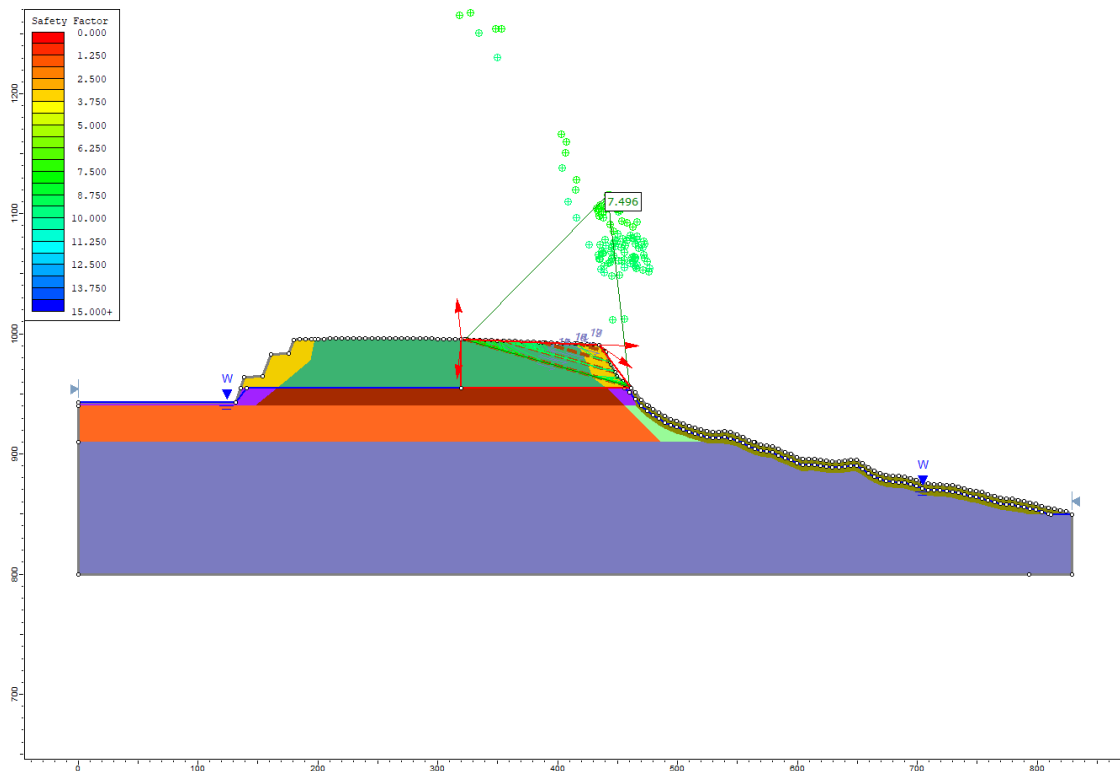


Abb. 2-7: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop bei Schwächezonen (Festigkeit Ornatenton-Formation) mit 15° Neigung.

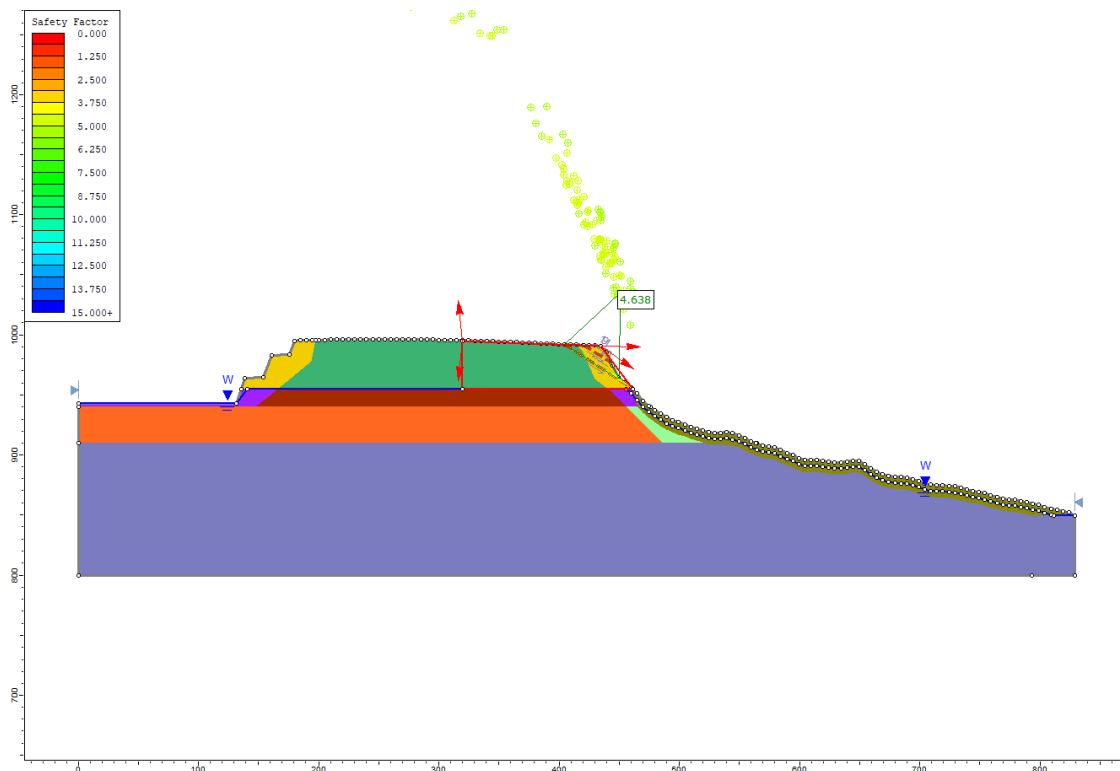


Abb. 2-8: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop bei Schwächezonen (Festigkeit Ornatenton-Formation) mit 25° Neigung.

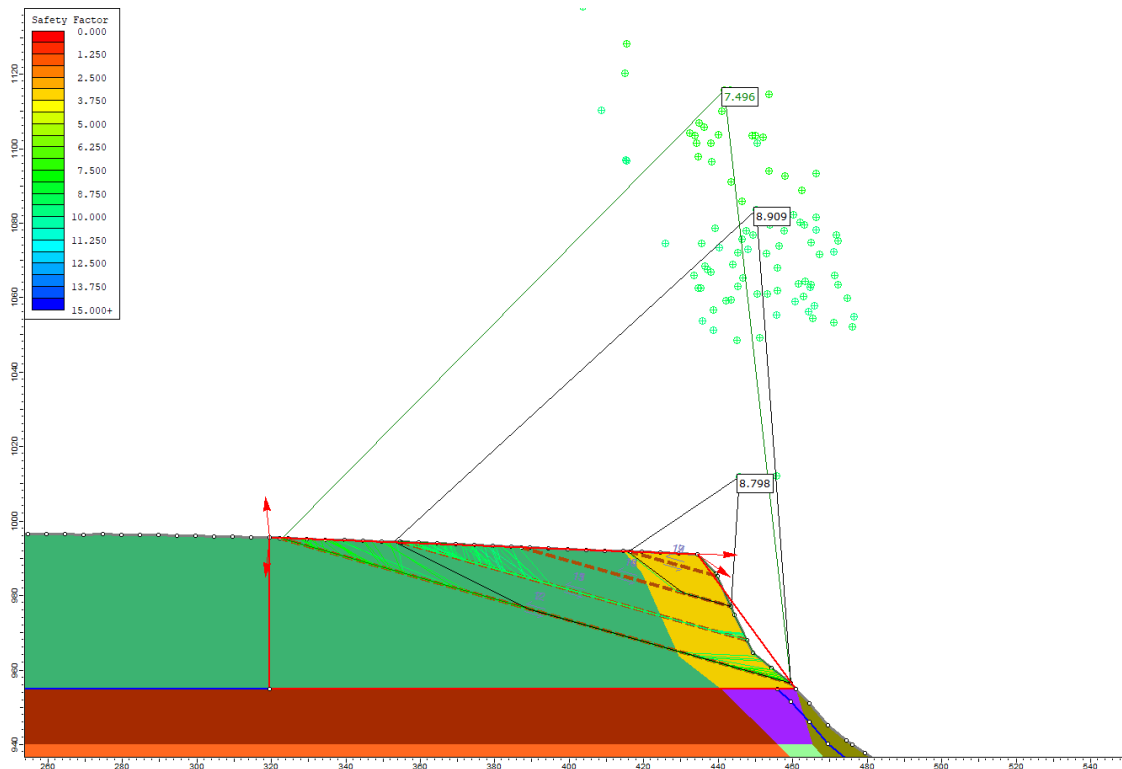


Abb. 2-9: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop bei Schwäche­zonen (Festigkeit Ornatenton-Formation) mit 15° Neigung (Detailabbildung 2-7).

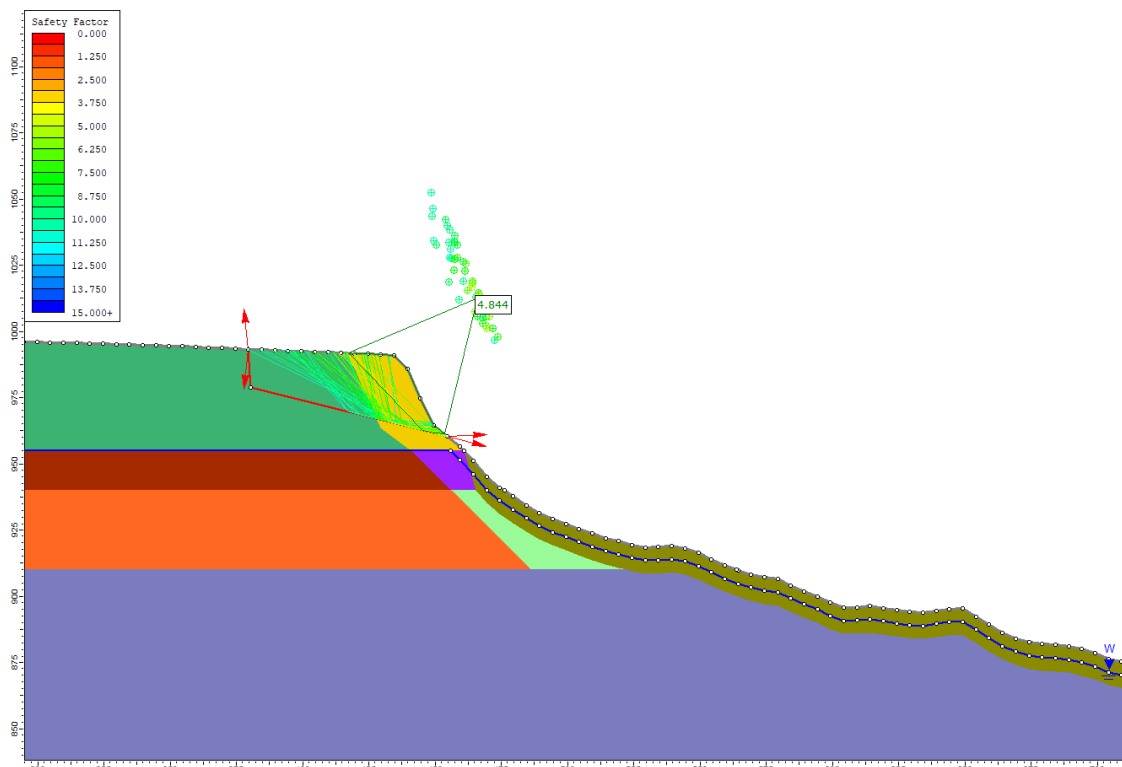


Abb. 2-10: Profil des SW Hangs (Plettenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit bei ebenem Versagen / Blockgleiten an der Außenböschung nach Bishop bei Schwäche­zonen (Festigkeit Ornatenton-Formation) mit 25° Neigung (Detailabbildung 2-8).

Lfd. Nr. 36: Die in Tabelle 7-7 des überarbeiteten „Gutachten zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg“ vom 20.11.2018 angegebenen Newmark-displacement-Werte bzw. Standsicherheitsfaktoren unterscheiden sich teilweise von den Werten in Tabelle 7-7 des „Gutachtens zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg“ vom 26.04.2018. Der Gutachter sollte hierzu Stellung nehmen und dies begründen.

Die Unterschiede lassen sich durch Abweichungen in der Einstellung der Suchbereiche zur Prüfung der gültigen Gleitkreise am Unterhang und auf einen Übertragungsfehler zurückführen. Diese traten auf, da die Daten bei der Überarbeitung nochmals alle verglichen und aufgrund eines Versionswechsels der Software nochmals simuliert wurden. In allen Fällen ändern diese nichts an der grundsätzlichen Aussage, dass die Änderung der Topographie in keinem der untersuchten Fälle, unabhängig von den Rahmenbedingungen und den Iterationseinstellungen zu einer Änderung der ermittelten Sicherheiten führt.

Im Folgenden werden die Unterschiede und Ursache kurz dargestellt bzw. dokumentiert.

Tabelle 3-1: Unterschied zwischen dem Dokument April 2018 und November 2018. Die umrandeten Unterschiede werden entsprechend der Nummern im Folgenden beschrieben.

Profil/ Szenario		Gutachten	Festgestein heute	Endzustand	Gesamt heute	Endzustand
Erdbeben Hang Südwest (Plettenkeller)	Innenböschung	April 18				
		November 18	1	0,55 cm (*) 0,91 (*)		0,55 cm (*) 0,91 (*)
	Außenhang	April 18	5,33 cm (#)	5,33 cm (#)	18 cm (*)	18 cm (*)
		November 18	5,33 cm (#)	5,33 cm (#)	18 cm (*)	18 cm (*)
Hohes GW Hangfuß (+ 5 m) Hang Südwest (Plettenkeller)	Innenböschung	April 18				
		November 18		2,69 (#) 2,69 (#)		2,69 (#) 2,69 (#)
	Außenhang	April 18	1,94 (#)	2	1,94 (#)	1,23 (*)
		November 18	1,802 (#)	1,802 (#)	1,23 (*)	1,23 (*)
Erdbeben + Hohes GW (+ 5 m) Hang Südwest (Plettenkeller)	Innenböschung	April 18				
		November 18		0,91 cm (*) 0,91 cm (*)		0,91 cm (*) 0,91 cm (*)
	Außenhang	April 18	6,16 cm (*)	3	6,16 cm (*)	24,5 cm (*)
		November 18	7,44 cm (*)	7,44 cm (*)	30,74 cm (*)	30,74 cm (*)

(*) = Janbu, (#) = Bishop

Im Fall 1 ist der im Gutachten aus November 2018 dargestellte Wert die Newmark-Verschiebung nach Bishop (s.a. Gutachten Abbildung c-23) und nicht wie zuvor nach Janbu (s.a. Gutachten Abbildung c-24). Zum Vergleich siehe auch hier Abbildung 3-1 und 3-2.

Die Unterschiede aus den Fällen 2, 3 und 4 (Abbildungen 3-3 bis 3-8) ergeben sich durch eine Abweichung der Suchgrenzen für die Gleitkreise. Diese legen fest in welchem Bereich die Gleitkreise liegen dürfen, damit diese als gültig gewertet werden.

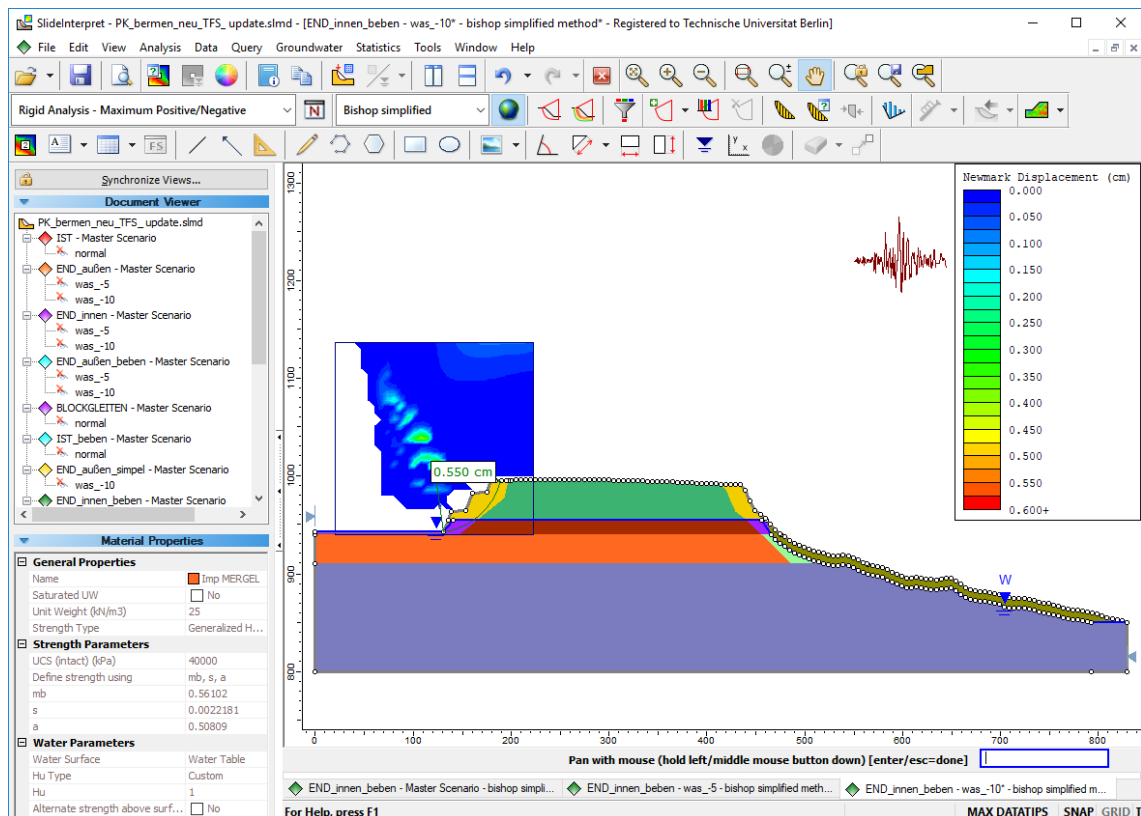


Abb. 3-1: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet unter seismischer Belastung. Untersuchung der Standsicherheit der Innenböschung nach Bishop.

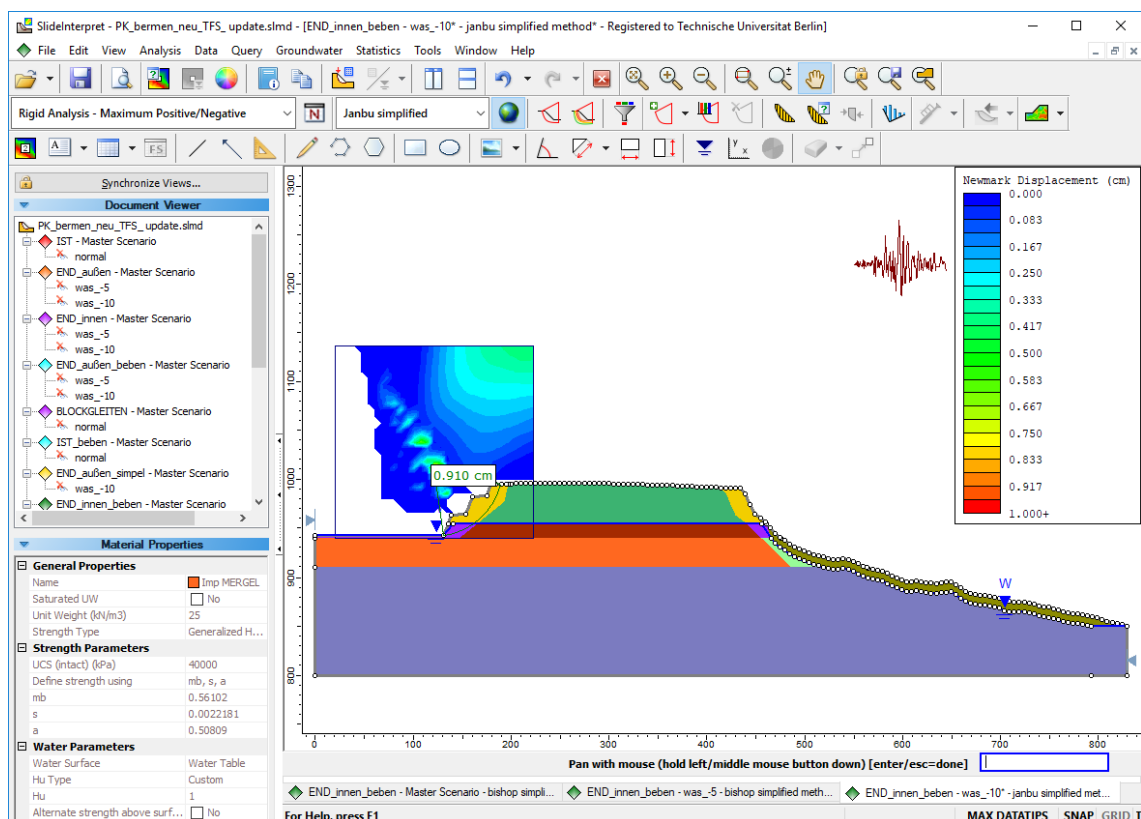


Abb. 3-2: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet unter seismischer Belastung. Untersuchung der Standsicherheit der Innenböschung nach Janbu.

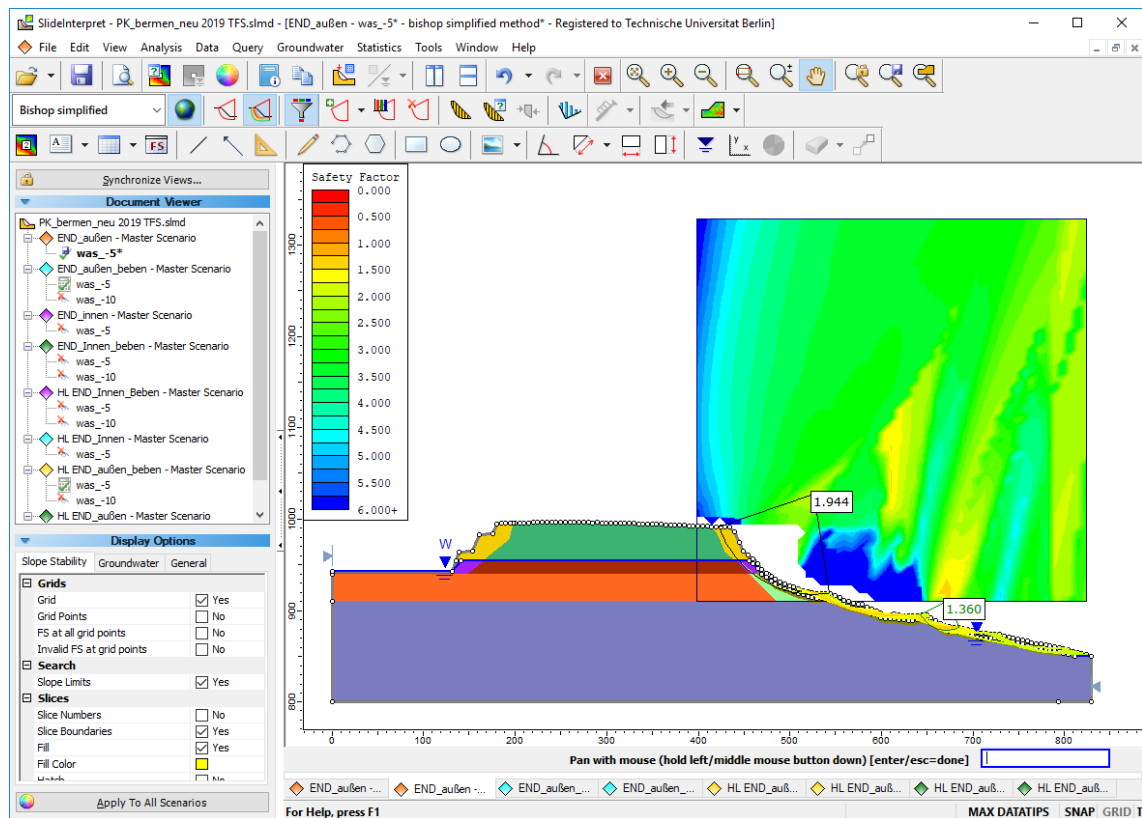


Abb. 3-3: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit der Außenböschung nach Bishop bei tief liegender rechter Suchgrenze.

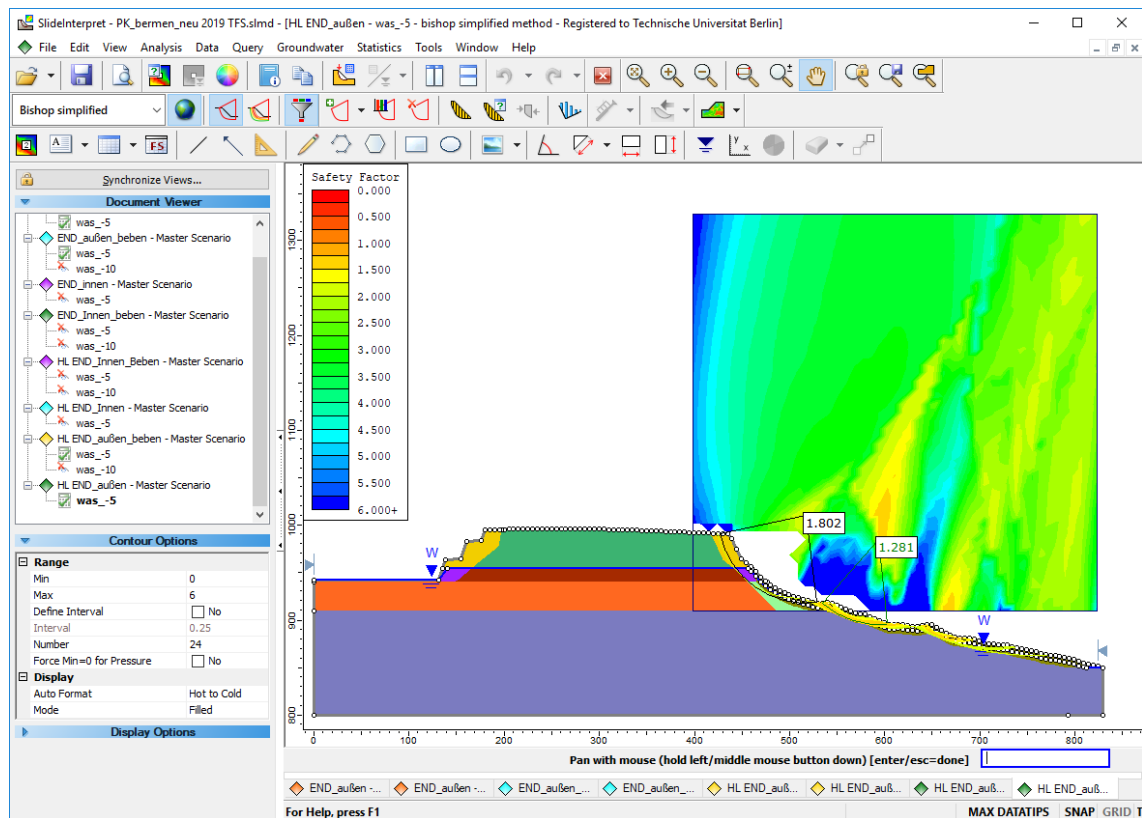


Abb. 3-4: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs. Untersuchung der Standsicherheit der Außenböschung nach Bishop bei hoch liegender rechter Suchgrenze.

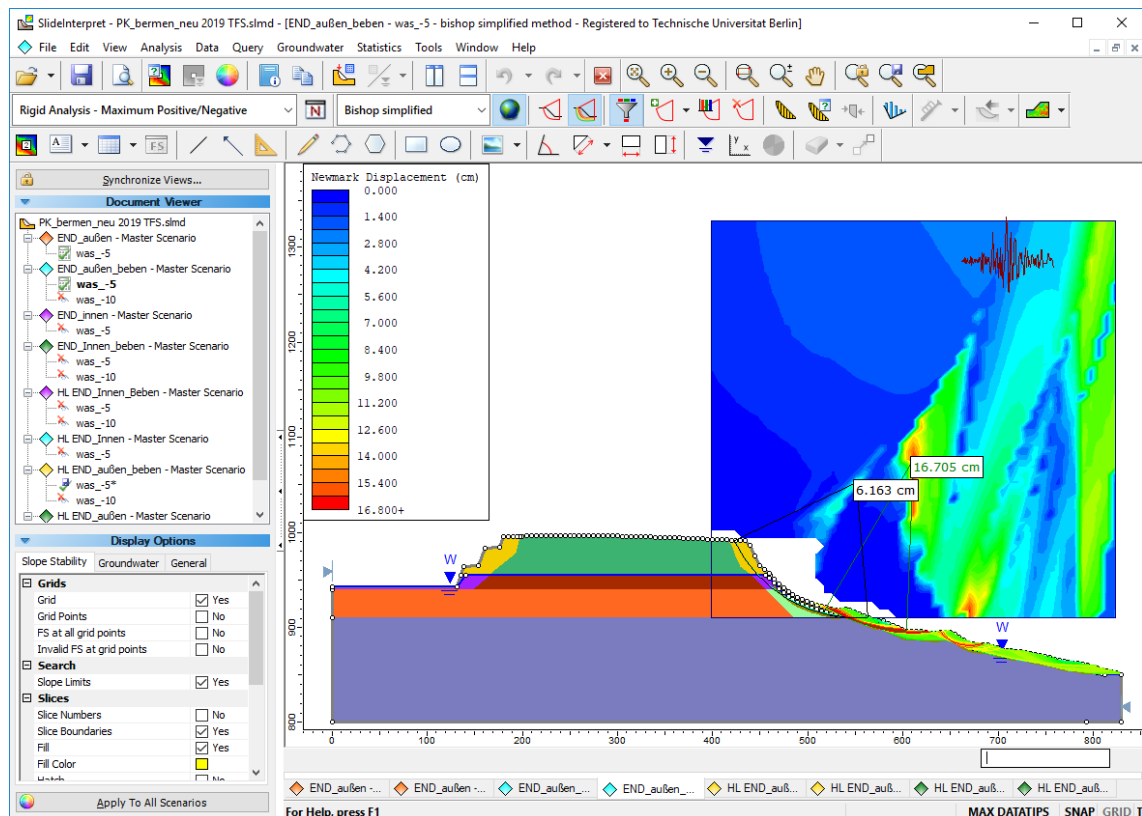


Abb. 3-5: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs und seismischer Belastung. Untersuchung der Standsicherheit der Außenböschung im Festgestein nach Bishop bei tiefliegender rechter Suchgrenze.

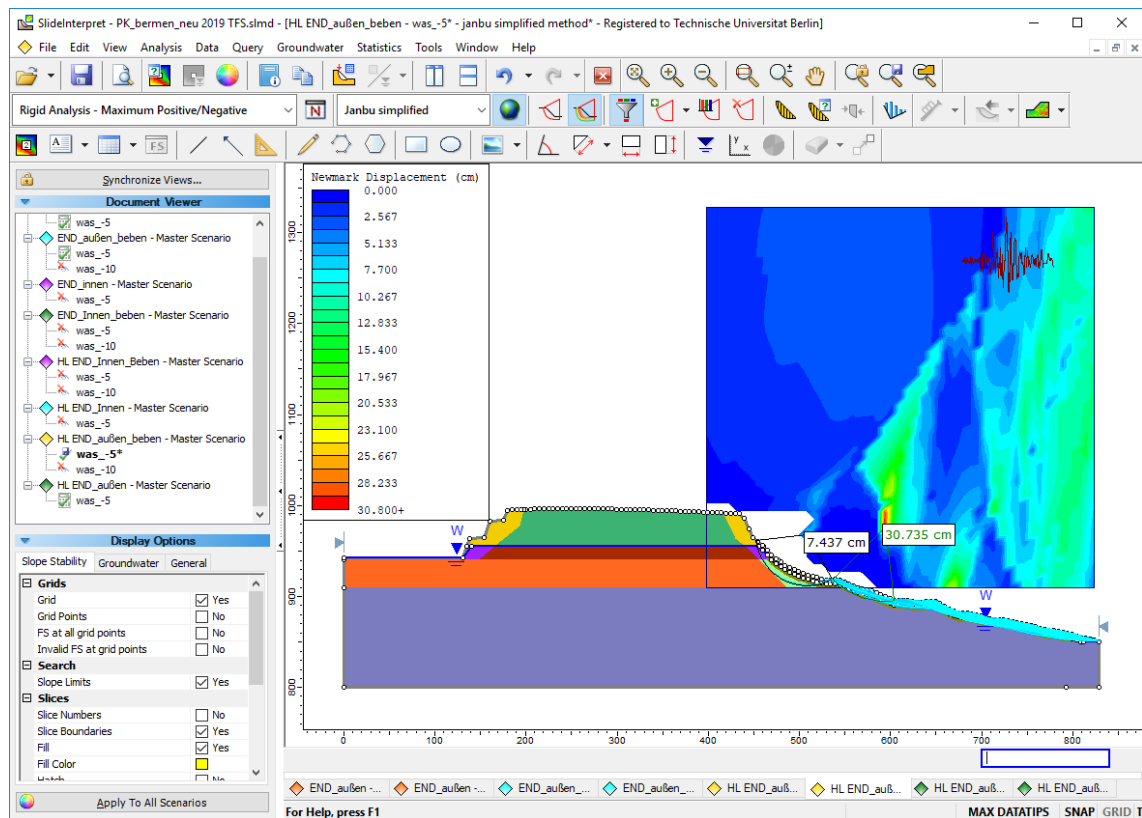


Abb. 3-6: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs und seismischer Belastung. Untersuchung der Standsicherheit der Außenböschung nach Janbu im Festgestein bei hochliegender rechter Suchgrenze.

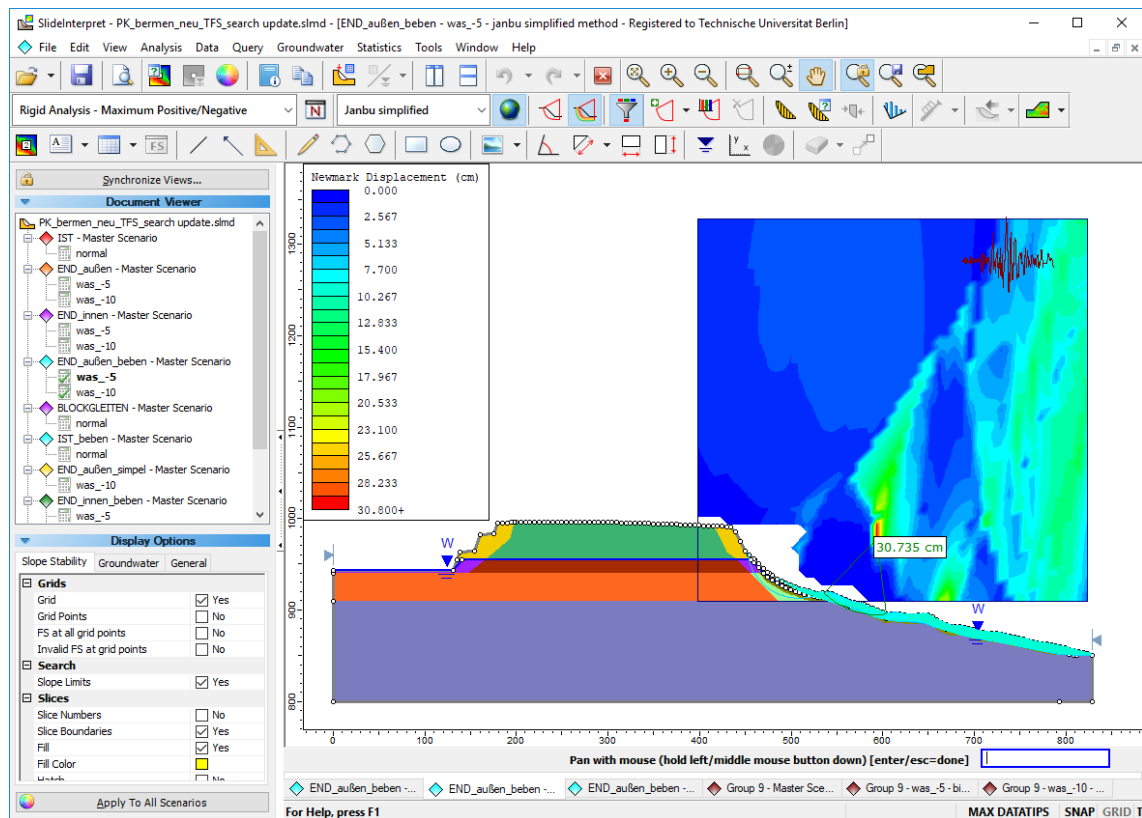


Abb. 3-7: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs und Seite 13 von 16 Belastung. Untersuchung der Standsicherheit der Außenböschung im Lockergestein nach Janbu bei hochliegender rechter Suchgrenze.

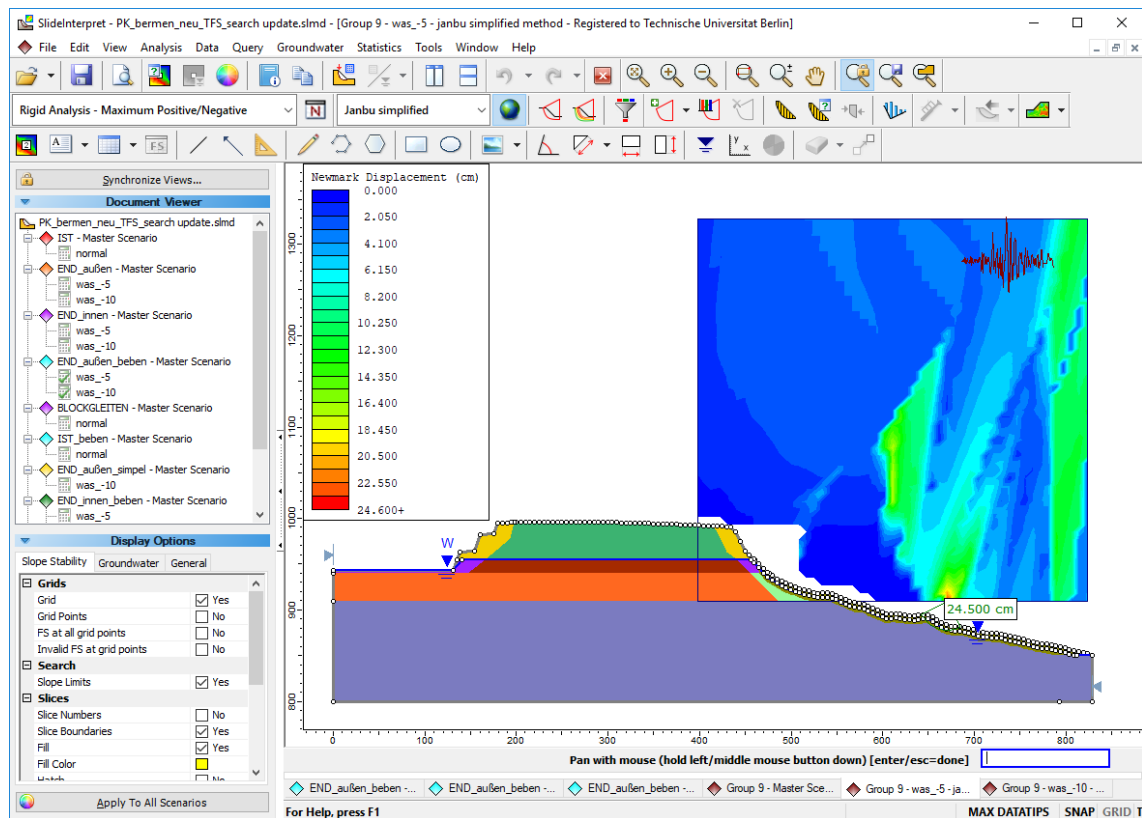


Abb. 3-8: Profil des SW Hangs (Plattenkeller) zum Ende des Abbaus im geplanten Erweiterungsgebiet bei einem erhöhten Bergwasserspiegel in den Rutschmassen des Unterhangs und seismischer Belastung. Untersuchung der Standsicherheit der Außenböschung im Lockergestein nach Janbu bei tief liegender rechter Suchgrenze.

Redaktioneller Hinweis: Die Bildunterschriften zu C-31 und C-32 sind unvollständig (Hinweis auf dynamische Belastung fehlt).

In Ordnung. Die Grafik in den Abbildungen zum Analyseergebnis zeigt auch das Symbol das auf eine Berechnung unter Berücksichtigung einer seismischen Belastung hinweist.

Lfd. Nr. 38/39: Die Beschriftung der Abszisse von Abb. 7-3 sowie die im überarbeiteten „Gutachten zu Fragen der Hangstabilität am Plettenberg“ vom 20.11.2018 ergänzte Aussage „Die Änderung vom Minimalwert zum Maximalwert entspricht dabei 100 % Änderung“ ergeben aus Sicht des LRGB keinen Sinn, da Minimal- und Maximalwerte (und somit die Spannweite) willkürlich gewählt wurden. Entspricht nicht der üblichen Vorgehensweise bei einer Sensitivitätsanalyse und sollte verbessert werden.

Grundsätzlich ist dies eine der üblichen Darstellung in Sensitivitätsanalysen bei der ein Fehlertoleranz vorgegeben wird und dann bei einer entsprechenden Änderung in % dargestellt wird. Dabei steht eine angenommene oder wahrscheinliche Änderung im Vordergrund. Hier wurden relativ starke Schwankungsbreiten angenommen. Dabei ist zu beachten, dass diese beim RQD und JCond aufgrund der unterschiedlichen Skalen nicht im selben Maß auftreten. Entsprechend wurden die Werte in der Analyse gewählt.

Der Zusammenhang zwischen den drei Parametern wird auch aus der Abschätzung über die folgende Gleichung (1) ersichtlich.

$$GSI = 1,5 * JCond89 + \frac{RQD}{2} \quad (1)$$

Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Parameter im Folgenden nochmals normiert, in vergleichbaren prozentualen Änderungen entsprechend der Abbildung im Gutachten bzw. der im Gutachten folgenden Tabellen 7-10, 7-11 und 7-12, dargestellt.

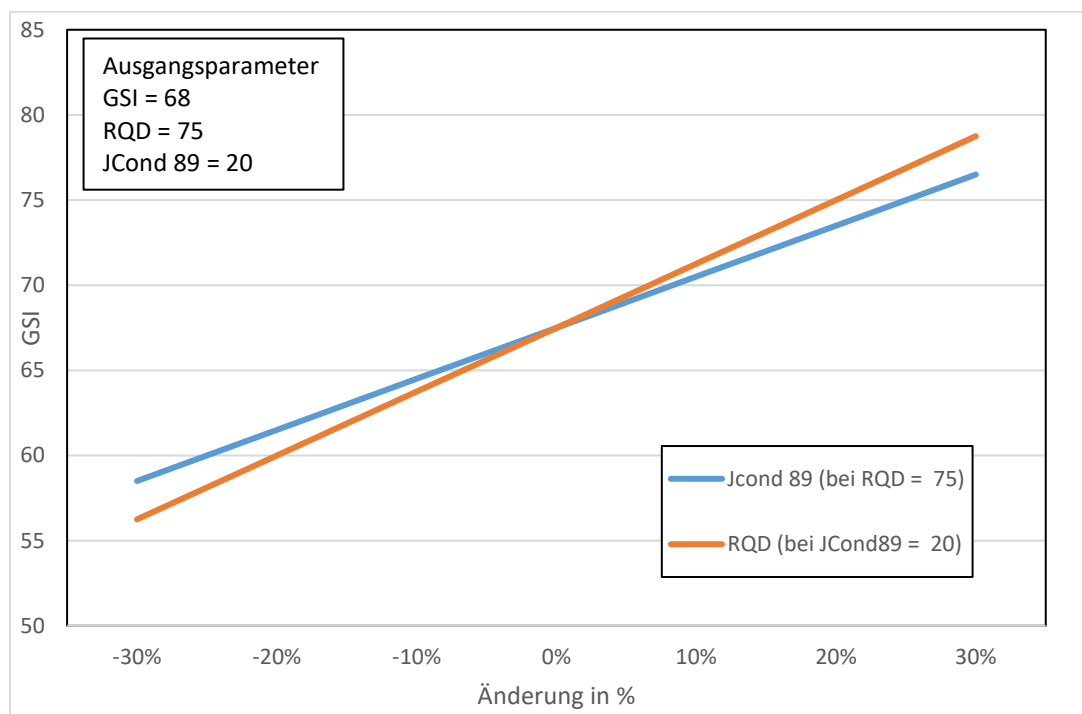


Abbildung 5-1: Graphische Darstellung der Sensitivität des GSI gegenüber den Parametern zur Abschätzung der Gebirgsqualität RQD und JCond89

Tabelle 5-1: Sensitivität GSI gegenüber Änderungen des JCond 89

GSI	[abs.]	59	62	65	68	71	74	77
(bei RQD = 75)	[%]	-13%	-9%	-4%	0%	4%	9%	13%
JCond 89	[abs.]	14	16	18	20	22	24	26
	[%]	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
Werte in Abb. 7-3	[%]	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%

Tabelle 5-2: Sensitivität GSI gegenüber Änderungen des RQD

GSI	[abs.]	56	60	64	68	71	75	79
(bei Jcond 89 = 20)	[%]	-18%	-12%	-6%	0%	4%	10%	16%
RQD	[abs.]	53	60	68	75	83	90	98
	[%]	-33%	-20%	-10%	0%	10%	20%	33%
Werte in Abb. 7-3	[%]	5%	20%	35%	50%	65%	80%	95%

Tabelle 5-3: Sensitivität des JCond 89 und RQD gegenüber Änderungen dem GSI

GSI	[abs.]	48	54	61	68	75	82	88
	[%]	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
JCond 89	[abs.]	7	11	16	20	25	29	34
(bei RQD = 75)	[%]	-65%	-45%	-20%	0%	25%	45%	70%
RQD	[abs.]	35	49	62	75	90	NA	NA
(bei Jcond 89 = 20)	[%]	-53%	-35%	-17%	0%	22%		

Berlin, den 05.02.2019

Prof. Dr. Tomás M. Fernandez-Steeger