

Das vom ehemaligen Tagbau Spitz ausgehende Risiko

Rainer Poisel (1), Bernhard Grasemann (2), Nikolaus Hödlmoser (1), Bernd Kolenprat (3), Michael Bertagnoli (4)

(1) Technische Universität Wien, Institut für Geotechnik, Karlsplatz 13, 1040 Wien. rainer.poisel@tuwien.ac.at

(2) Universität Wien, Department für Geodynamik und Sedimentologie, Althanstraße 14, 1090 Wien.
bernhard.grasemann@univie.ac.at

(3) Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz, Sektion Arbeitsrecht und Zentral-Arbeitsinspektorat, Stubenring 1, 1010 Wien. bernd.kolenprat@sozialministerium.at

(4) Niederösterreichische Landesregierung, Abteilung Allgemeiner Baudienst, Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten.
michael.bertagnoli@noel.gv.at

Einleitung

Der ehemalige Tagbau Fehringer befindet sich etwa 1,5 km südsüdwestlich der Gemeinde Spitz an der Donau am linken Donauufer. Der Tagbau hat eine wechselvolle Geschichte, in der oftmals die Besitzer wechselten und sich mehrere Felsstürze ereigneten (Abb. 1).



Abbildung 1: Aktueller Zustand des ehemaligen Tagbaus Spitz a.d. Donau.

- 1 Gleitfläche (Schieferung) des Felssturzes am 11.10.2002
- 2 Seitliche Begrenzungsfläche (NW – SE streichendes, steil stehendes Bruchsystem)

Die derzeitige Situation stellt eine Gefahr unbestimmter Intensität für die Wachau-Bahn, den Wachau-Radweg, die linksufrige Wachau-Straße (B3) und das linke Donauufer dar. Zur Verminderung des vom derzeitigen Zustand ausgehenden Risikos wurden in der Vergangenheit mehrere Vorschläge unterbreitet, deren Durchführung erhebliche Kosten verursachen würden (Alpinfra 2006, Wagner 2006).

Geologische Verhältnisse

Die vorherrschenden Gesteine im Tagbau sind massige grobkristalline Marmore der Bunten Serie (Drosendorf Einheit), in welche kalksilikatische Marmore und biotitreiche Amphibolite lagenweise eingeschaltet sind. Vereinzelt treten pegmatitisch-aplitische Gänge auf. Der metamorphe Lagenbau (die Schieferung) ist Produkt einer nach SE gerichteten duktilen Scherverformung unter hochmetamorphen Bedingungen. Die Schieferung fällt hierbei relativ einheitlich, mittelsteil Richtung SE ein (120/40). Das sprödetektonische Gefüge umfasst im Wesentlichen nur Bruchflächensysteme (keine Störungen): a) steil nach WSW einfallende Brüche; b) steil nach NW einfallende Brüche; c) vertikale, W-E streichende Brüche; d) vertikal NW-SE streichende Brüche. Verkarstungserscheinungen mit Sinterbildungen und Höhlensedimenten zeigen sich insbesondere im NW-SE streichenden Bruchflächensystem.

Eine detaillierte strukturgeologische Aufnahme, welche in unzugänglichen Bereichen mittels einer Shape Matrix3D-Analyse aufgrund einer Drohnenbefliegung (3GSM 2016) ergänzt wurde, ergab, dass hinsichtlich des Strukturinventars im Tagbau 3 Homogenbereiche unterschieden werden können (siehe Abbildungen 2 und 3). Gebiet 1 wird von der Faltung dominiert. In Gebiet 2, welches die Hauptgleitfläche beinhaltet, tritt in den biotitreichen Amphibolitlagen ein Scherbandgefüge auf. Dieses bewirkt, dass der metamorphe Lagenbau lokal steiler als in den übrigen Bereichen einfällt. Die biotitreichen Amphibolitlagen bildeten in allen beobachteten Fällen auch jene Gleitflächen, an welchen die massigen Marmore abgeglitten sind. Bemerkenswert sind auch die Bewegungslineare auf den Karstsedimenten des NW-SE streichenden und steil nach NE einfallenden Bruchflächensystems, welches die im NE der Hauptgleitfläche gelegene Begrenzungsfläche bildet. Diese Bewegungslineare dokumentieren somit eine Gleitung der Felssturzmasse auf der Schieferung und den NW-SE streichenden Bruchflächen. Im Gebiet 3 wurde weder ein Faltenbau noch ein Scherbandgefüge festgestellt.



Abbildung 2: Strukturgeologische Homogenbereiche im Bereich Tagbau Spitz (Luftbildaufnahme aus dem Jahr 2014; Quelle: atlas.no.e.gv.at).

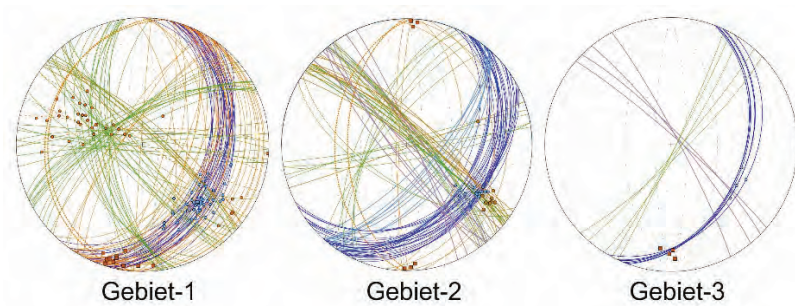


Abbildung 3: Gefügedaten aus dem Bereich Tagbau Spitz: einheitliches (blau) und verfaltetes (orange) Schichteinfallen, Scherbänder (hellblau), aplitische Gänge (violett), Bruchflächen undifferenziert (grün), Bruchflächen mit Karsterscheinungen (braun).

Felssturzereignisse seit 1961

Tabelle 1 listet die seit 1961 abgegangenen Felsstürze im ehemaligen Tagbau Spitz an der Donau auf.

Tabelle 1: Seit 1961 eingetretene Felsstürze im ehemaligen Tagbau Spitz an der Donau.

Datum	Volumen [m ³]	Ursache
12.03.1961	70.000	unsachgemäßer Abbau
1975	viele Blöcke (geschätzt 1.000 m ³)	Niederschläge
04.10.1984	10.000	unsachgemäßer Abbau
23.04.1996	100	?
11.10.2002	60.000 – 85.000	Niederschläge
16.04.2006	2.500 – 5.000	?
2012-2015	mehrmals einige m ³	?

Felssturz am 12.3.1961

Infolge der Abbautätigkeit bis zum Jahr 1961 gegen die Einfallrichtung der Schieferung (hangauswärts) des Silikatmarmors entstand eine 180 m lange, etwa 60 bis 70 m hohe, mit 50° bis 60° steile Böschung, die parallel zur Gleisanlage der ÖBB verlief und die die Schieferung stark unterschneidet (Schwenk 1992). Am 12.3.1961 lösten sich etwa 70.000 m³ entlang einer Schieferungsfläche mit einer Mächtigkeit von etwa 10 m und verschütteten die Tagbausohle bis fast zum Dammbau der Gleisanlage.

Felssturz am 4.10.1984

Zur Vermeidung des weiteren Unterschneidens der Schieferung wurde die Abbaurichtung geändert. Der Abbau erfolgte nun vom Graben südlich des Bruchgeländes aus nach Norden (Abbildung 4). Dabei wurde das südliche Widerlager des Gewölbes, das beim früheren Abbau nach Westen entstanden war, so stark aufgelockert und geschwächt, dass es am 4.10.1984 versagte und darüber lagernde Massen abstürzten (Eppensteiner & Poisel 1984). Abbildung 4 zeigt auch die über den 1984 abgestürzten Felsmassen lagernden Bereiche, die 2002 abglitten.



Abbildung 4: Felssturz am 4.10.1984 und beim Ereignis 2002 abgeglittene Felsmassen.

Felssturz am 11.10.2002

Am 11.10.2002 ereignete sich jener Felssturz, der das heutige Bild des ehemaligen Tagbaugeländes prägt (Abb. 1). Die Gleitbewegung erfolgte mit hoher Wahrscheinlichkeit auf derselben Schieferungsfläche, auf der bereits die Felsmassen des Ereignisses 1984 abgeglitten waren (Abb. 5). Die Bewegung erfolgte überwiegend in Form eines Gleitens mit relativ geringer Geschwindigkeit, weshalb der Hauptteil der Felsmasse nicht die Bahnleise erreichte.

Der Felssturz 2002 erfolgte nicht nur als Gleitung auf der Schieferung, sondern wurde aus der Fallrichtung der Schieferung durch die seitliche (nördliche) Begrenzungsfläche (NW-SE streichende, vertikale Bruchfläche) Richtung Süden abgelenkt. Darauf weisen auch junge Bewegungslinien in der seitlichen (nördöstlichen) Begrenzungsfläche hin.

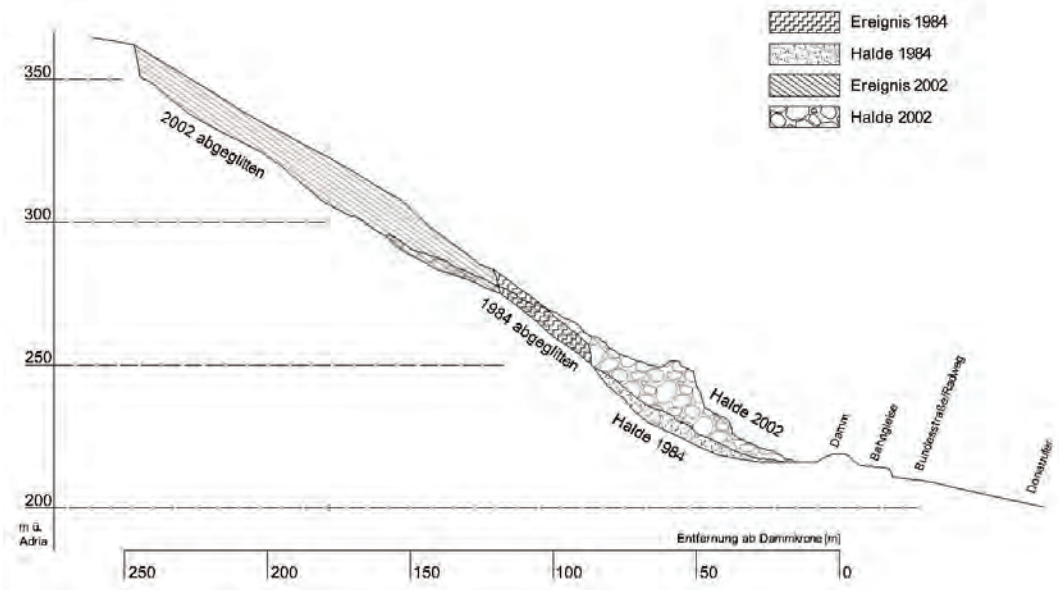


Abbildung 5: Felsablösungen und Sturzhalden der Ereignisse 1984 und 2002 (schematisch).

Dies führt zur Frage, warum nicht die gesamte, über der Gleitfläche liegende Masse (Abbildung 9) beim Ereignis 2002 abglitt, sondern nur ein Teil davon. Offenbar war der Widerstand gegen Abgleiten der nordöstlich der seitlichen Begrenzungsfläche auf der Schieferung liegenden Felsmassen höher als jener der beim Felssturz 2002 abgelösten Masse. Die geologischen Untersuchungen haben gezeigt, dass im nordöstlichen Bereich (Gebiet 1) die Schieferung stark verfaltet ist (Abb. 2 und 3). Der obere Schenkel der Falten fällt deutlich flacher ein als die Schieferung im südwestlichen Bereich, in der es zur Ablösung des Felssturzes 2002 kam.

Mittels auf der Hypothese des Grenzgleichgewichts beruhender Berechnungen wurde versucht, den Einfluss der Verfaltungen im Gebiet 1 auf die Standsicherheitsverhältnisse im Bereich nordöstlich der seitlichen Begrenzungswand des Felssturzes am 11.10.2002 abzuschätzen. Die Berechnungen erfolgten unter den Annahmen, dass Abgleiten des gesamten Bereiches nur möglich ist, wenn (siehe Abbildung 6) entweder

1. die Falten durchgesichert werden (Modell Block auf der schiefen Ebene mit der Festigkeit der Schieferungsflächen im Gebiet 2 und mit der Festigkeit des Silikatmarmors im Gebiet 1), oder wenn
2. der verfaltete Bereich (Gebiet 1) auf den flachen (mehr oder weniger horizontalen) Schenkeln der Falten nach außen gleitet (Modell Gleiten auf einer polygonalen Gleitfläche bzw. Kinematische Elemente Methode mit der Festigkeit der Schieferungsflächen in beiden Gebieten).

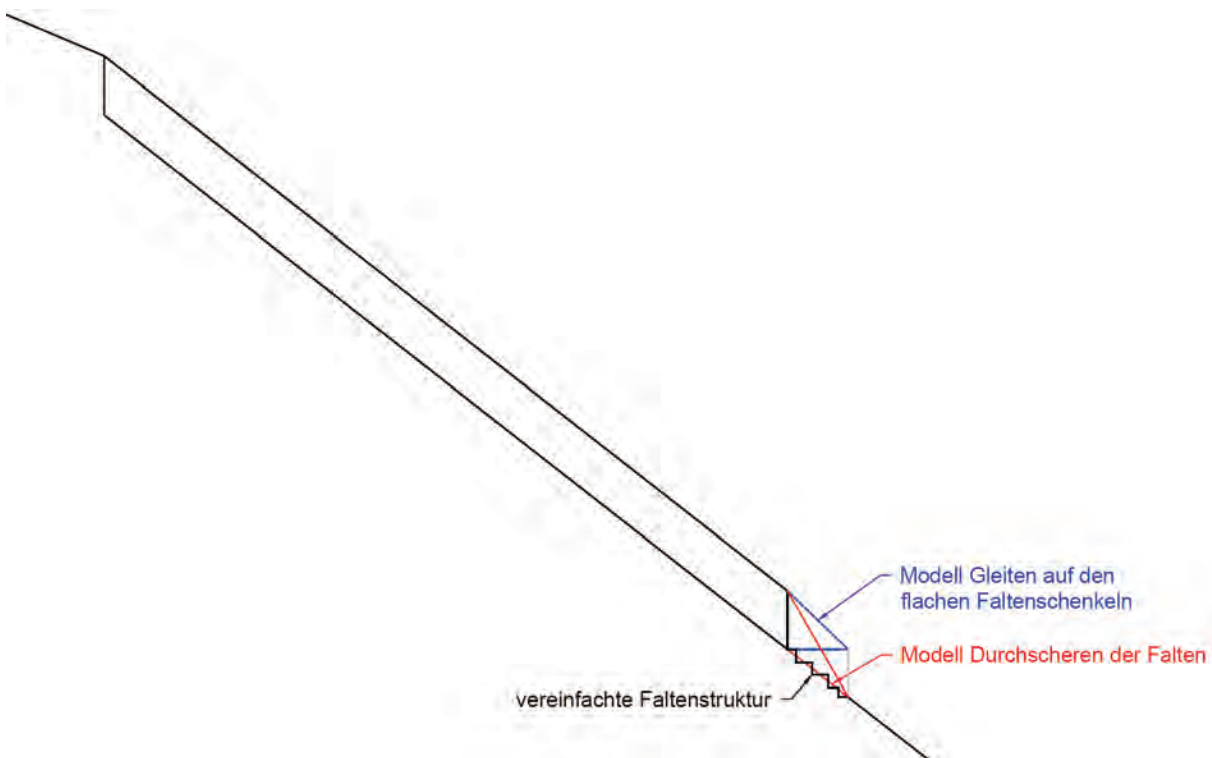


Abbildung 6: Vereinfachte Faltenstruktur und daraus abgeleitete Rechenmodelle.

Mit den aus dem Felssturz am 11.10.2002 rückgerechneten Werten der Kohäsion und des Reibungswinkels der Schieferungsflächen und den Annahmen der Festigkeitsparameter Kohäsion und Reibungswinkel des Silikatmarmors, die weit unter den tatsächlichen Werten liegen, wurden die Standsicherheitsfaktoren in Bereichen nordöstlich der seitlichen Begrenzungsfläche ermittelt. Die Untersuchungen haben ergeben, dass nordöstlich der seitlichen Begrenzungsfläche die Sicherheit gegen Abgleiten höher ist als 1 und dass die Sicherheit Richtung Nordosten auf 1,30 zunimmt.

Felssturz am 16.4.2006

Aus dem Vergleich der Laserscandaten aus 2005 und 2009 (Pfähler 2016) geht hervor, dass die Ablösung am 16.4.2006 oberhalb der seitlichen Begrenzungsfläche des Ereignisses 2002 unmittelbar unterhalb der Wand von der Halde aufgefangen wurde und dort liegenblieb. Das abgestürzte Volumen wurde mit 2.500 bis 5.000 m³ angegeben (Alpinfra 2006). Dieser Vorfall hat gezeigt, dass Felsstürze bis zu mehreren 1.000 m³ nicht den Fuß der grobblockigen Halde erreichen und nur große Ablösungen eine Gefahr darstellen.

Dennoch wurde als Folge dieser Ereignisse 2007 ein Damm zum Schutz der Bahn, des Radweges und der Straße gegen Steinschlag fertiggestellt, auf dem später ein Steinschlagschutzzaun errichtet wurde, sowie eine Ampelanlage installiert, die bei mittels Fissurometern sowie einer 2009 installierten, automatischen Vermessungsstation festgestellten, außergewöhnlichen Verschiebungen die genannten Verkehrswege sperrt (Bertagnoli & Schweigl 2016). Diese Sperre wird bei 10 mm (Fissurometer) bzw. 50 mm (Vermessungsstation) ausgelöst. Die Grenzwerte wurden seit 2007 (Fissurometer) und 2010 (Vermessungsstation) nicht erreicht.

Niederschlagsverhältnisse

Die nächstgelegene Niederschlagsmessstation ist jene in Mühldorf bei Spitz, bei der ab 1.10.1907 Niederschlagsdaten erhoben wurden (Amt der NÖ LR 2018). Zur Beurteilung des Einflusses von Niederschlägen auf die Standsicherheitsverhältnisse wurden 7-, 30-, 60- und 90-Tagessummen ermittelt.

Einfluss von Erdbeben

Gemäß Lenhardt (2016) ereignete sich kein Erdbeben, das mit den Felssturzereignissen im ehemaligen Tagbau Spitz an der Donau in räumlichem und zeitlichem Zusammenhang stehen könnte.

Wahrscheinlichkeit zukünftiger Felsstürze

Abbildung 7 zeigt die Jahresniederschlagssummen der Wetterstation Mühldorf bei Spitz und die Felssturzereignisse im Tagbau Spitz an der Donau im Zeitraum 1960 bis 2017.

Während das Ereignis im Jahr 1961 überwiegend abbaubedingt erfolgte, steht das Ereignis im Jahr 2002 mit hoher Wahrscheinlichkeit mit den starken Niederschlägen vor dem Absturz in Zusammenhang (Tab. 2). Es konnten jedenfalls keine anderen Ereignisse gefunden werden, die als Auslöser in Frage kämen. Die Jahre 2009 und 2010 waren ähnlich niederschlagsreich wie 2002, es traten aber keine Felsstürze auf.

Die Wiederkehrperioden (Jährlichkeiten) der 7-, 30-, 60- und 90-Tagessummen wurden mittels statistischer Methoden ermittelt (Blöschl & Viglione 2016). Es erscheint unwahrscheinlich, dass der 7-Tageniederschlag 2 Monate vor dem Felssturz allein diesen ausgelöst hat, weil er nur einen Teil und nicht die gesamte Basisfläche des Ereignisses 2002 benetzt hätte. Darüber hinaus war die 90-Tagesniederschlagssumme vom 10.5. bis 7.8.2010 mit 507,6 mm größer als jene vom 6.6. bis 3.9.2002 mit 467,1 mm (Tab. 2). Nach den außergewöhnlichen Niederschlagsereignissen vom 10.5. bis 7.8.2010 traten aber keine Felsstürze auf. Die 90-Tagesniederschlagssumme erscheint daher als nicht maßgebend.

Eine Wiederkehrperiode eines einen Felssturz in der Größenordnung des Ereignisses 2002 auslösenden Niederschlagsereignisses zwischen 80 und 400 Jahren erscheint daher wahrscheinlich. Wie die Grenzgleichgewichtsbetrachtungen (s. Abschnitt „Felssturz am 11.10.2002“) gezeigt haben, nimmt die Sicherheit Richtung Nordosten auf Grund der Verfaltung bis auf 1,30 zu. Vergleiche mit empfohlenen Grenzwerten von Versagenswahrscheinlichkeiten (Gibson 2011) auf Basis von Schadensfolgeklassen legen nahe, bei einem mittleren Sicherheitsfaktor von 1,15 die Versagenswahrscheinlichkeit gegenüber einem Sicherheitsfaktor von 1,00 um den Faktor 10 geringer anzusetzen. Für die Bereiche nordöstlich

des Versagensereignisses 2002 kann daher von einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 1/800 Jahre bis 1/4.000 Jahre ausgegangen werden. Für die Überlegungen in weiterer Folge wird die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Abgangs von Felspartien nordöstlich des Versagensereignisses 2002 mit 1/1.000 Jahre festgesetzt.

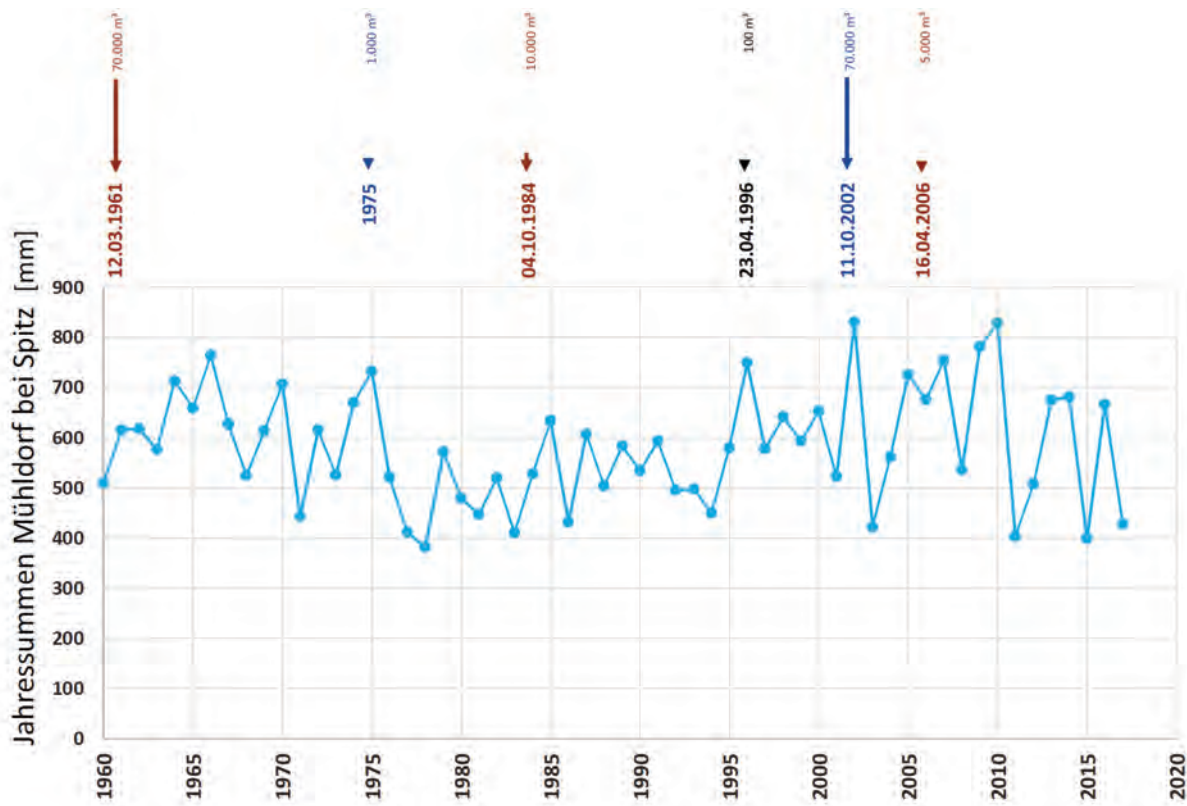


Abbildung 7: Jahresniederschlagssummen der Wetterstation Mühldorf bei Spitz und die Felssturzereignisse im Tagbau Spitz an der Donau im Zeitraum 1960 bis 2017 (Länge der Pfeile proportional zum Absturzvolumen).

Tabelle 2: Außergewöhnliche Niederschlagsereignisse.

Niederschlagsereignis				Wiederkehrperiode
Dauer [Tage]	Beginn	Ende	Summe [mm]	Jahre
7	6.8.2002	12.8.2002	256,8	> 1.000
30	14.7.2002	12.8.2002	338,9	400
60	3.7.2002	31.8.2002	398,0	80
90	6.6.2002	3.9.2002	467,1	35
90	10.5.2010	7.8.2010	507,6	75

Mögliche zukünftige Ablösungen

Der mögliche Schaden durch zukünftige Felsstürze wird maßgeblich von deren Volumina beeinflusst. Für deren Festlegung gibt es derzeit aber kaum Anhaltspunkte. Eine Abschätzung möglicher Szenarien kann nur auf Grund der Ortskenntnis und von Erfahrung erfolgen. Es wurden daher Experten, die in der Vergangenheit mit dem ehemaligen Tagbau befasst waren, zu einem Treffen eingeladen, in dem die in Abbildung 8 dargestellten Ablöseszenarien als die wahrscheinlichsten festgelegt wurden. Festlegungen, die auf Grund objektiver Daten nicht möglich sind, durch Experten-panels („Delphi-panels“) sind eine immer öfter gewählte Vorgangsweise (Fell 2016).

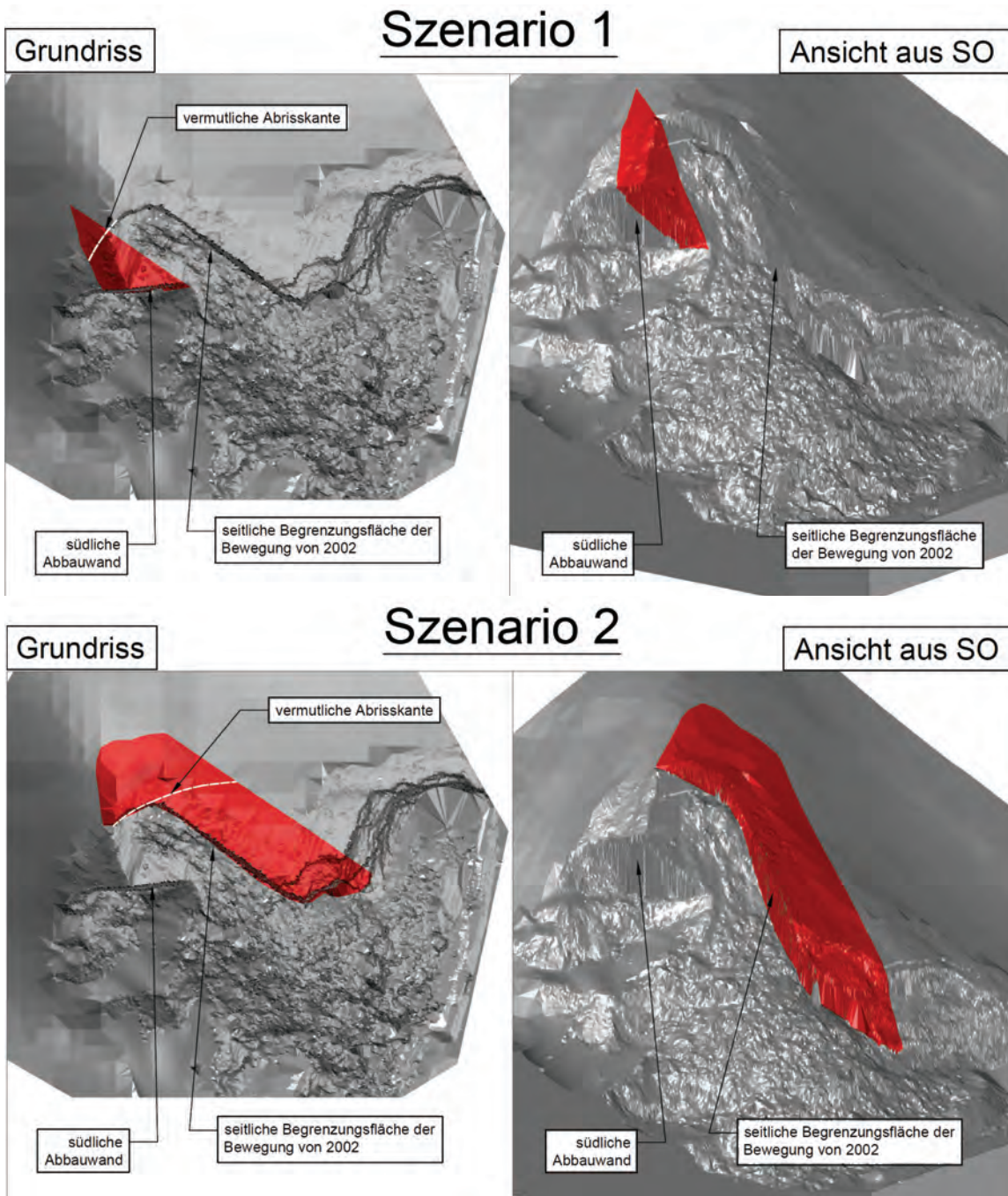


Abbildung 8: In einem Expertentreffen festgelegte, mögliche Ablöseszenarien (digitales Geländemodell: Wagner 2006).

Ablagerung möglicher Ablösungen

Der Abgang der beschriebenen, möglichen Ablösungen wurde wegen der blockigen Struktur der Felssturzmassen mittels 3DEC (Itasca 2016) untersucht. Berechnungen einfacher Modelle mittels 3DEC haben gezeigt, dass

- das Abgleiten von Klufftkörpern auf einer Trennfläche dynamisch ausreichend genau,
- der freie Fall einzelner Klufftkörper auf Grund der lokalen Dämpfung jedoch nicht zufriedenstellend

simuliert wird.

Da im gegenständlichen Fall die Bewegung der Felsmassen möglicher Ablösungen überwiegend in Form von Gleiten auf einer Gleitfläche erfolgte, wurde die Simulation mittels 3DEC als ausreichend genau betrachtet.

Berechnung des Ereignisses 2002

Um Modellparameter für die realistische Simulation zukünftiger Szenarien zu finden, wurde zuerst das Ereignis des Jahres 2002 nachgebildet. Während früherer Bearbeitungen und Dokumentationen des Ereignisses 2002 wurden digitale Geländemodelle erstellt, welche für diese Arbeit zur Verfügung standen (Wagner 2006). Diese erlaubten es, ein Geländemodell des Zustands vor dem Ereignis 2002 einschließlich des 2002 abgegangenen Gleitkörpers und der oben erwähnten zwei möglichen Ablöseszenarien zu erzeugen (Abb. 9). Auf Basis der Dokumentationen des Ereignisses 2002 und anderer Informationen (z.B. Luftbilder) ließen sich mehrere Ablagerungsmerkmale der Halde von 2002 definieren, welche eine Simulation mittels 3DEC zeigen musste. Neben vertikaler Erstreckung, Quererstreckung und Ablagerungsform der Halde war das wichtigste Merkmal die Reichweite des Ereignisses.

Mittels Berechnungen des Ereignisses 2002 wurden jene Parameter ermittelt, die den Abgang und die Ablagerung der Felsmassen 2002 bestmöglich simulierten. Nach Bestimmung der Ausgangswerte für die 3DEC Simulationen wurden mehrere Berechnungsversionen des Ereignisses 2002 durchgeführt. Dabei wurden Eigenschaften wie Reibungswinkel, Kluftsteifigkeit und Blockgröße so lange variiert, bis die definierten Ablagerungsmerkmale zufriedenstellend simuliert wurden (Abb. 10).

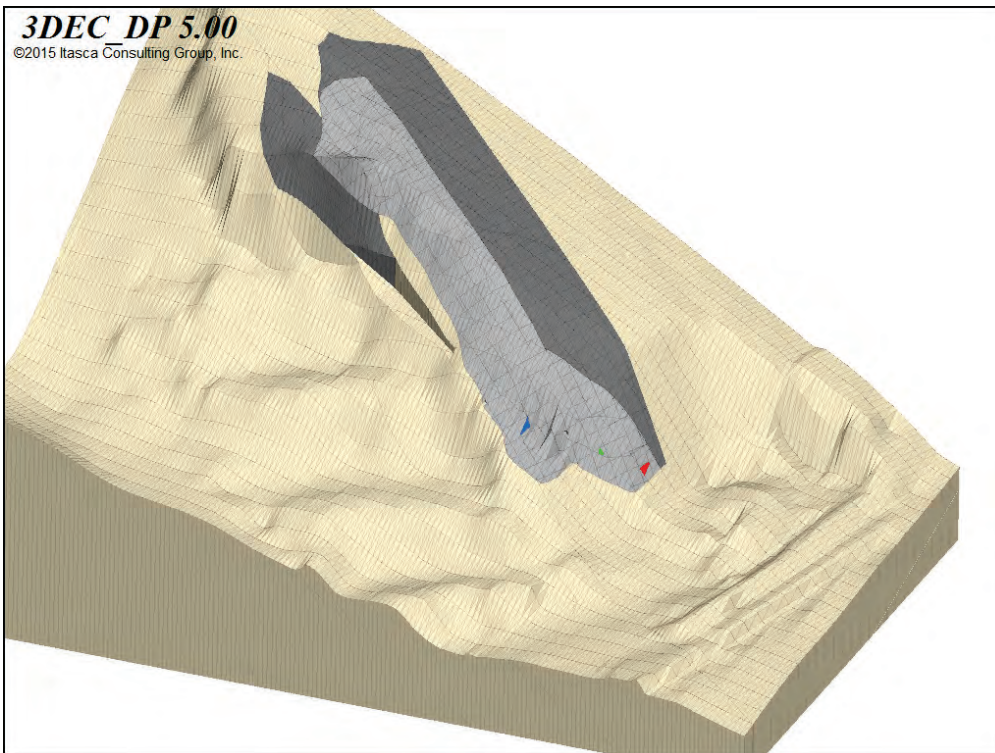


Abbildung 9: Ausgangszustand des 3DEC-Modells.

hellgrau: Felsmasse, die 2002 abglitt,

dunkelgrau: im Experten-panel festgelegte Szenarien 1 und 2

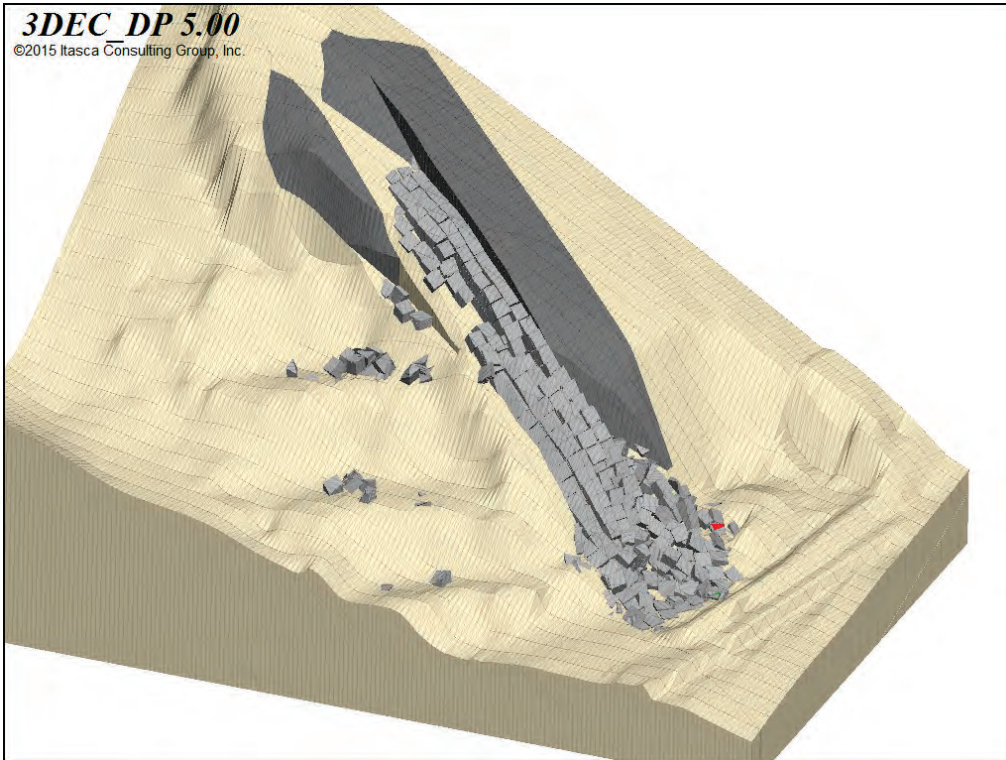


Abbildung 10: Endzustand der bestmöglichen Simulation des Ereignisses 2002.

Berechnung des Abgangs des Ablöseszenarios 1

Ausgehend von den auf die oben angeführte Art ermittelten Modellparametern und die so ermittelte Halde des Ereignisses 2002 wurden die Abgänge der im Experten-panel festgelegten Szenarien simuliert.

Die Simulation des Abgangs des Ablöseszenarios 1 hat gezeigt, dass die Blöcke dieses Szenarios auf den ehemaligen Abbauetagen liegen bleiben und nicht die Abbausohle erreichen (Abb. 11).

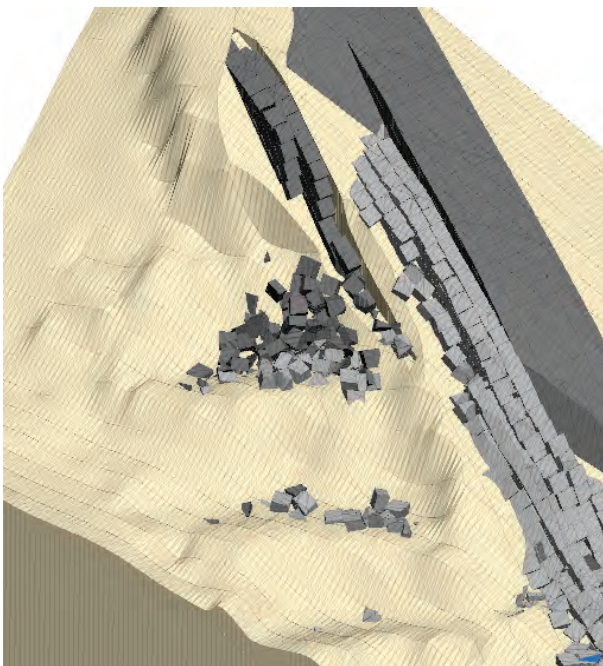


Abbildung 11: Endzustand der Simulation des Abgangs des Ablöseszenarios 1.

Berechnung des Abgangs des Ablöseszenarios 2

Die Berechnungen des Abgangs des Ablöseszenarios 2 ergaben, dass die Topographie des Steinbruchs in Kombination mit der Halde des Ereignisses 2002 dazu führt, dass große Teile des Ablöseszenarios 2 nicht bis zum entlang der Steinbruchbasis verlaufenden Damm vordringen (Abb. 12). Die freigesetzte Energie reichte jedoch aus, um vordere Bereiche der Halde von 2002 gegen den existierenden Stein-schlagschutzdamm zu schieben. Die sich daraus ergebende kinetische Energie könnte vom bestehenden Damm aber nicht aufgenommen werden. Dafür wäre eine massive, mit dem Untergrund fest verbundene Barriere erforderlich.

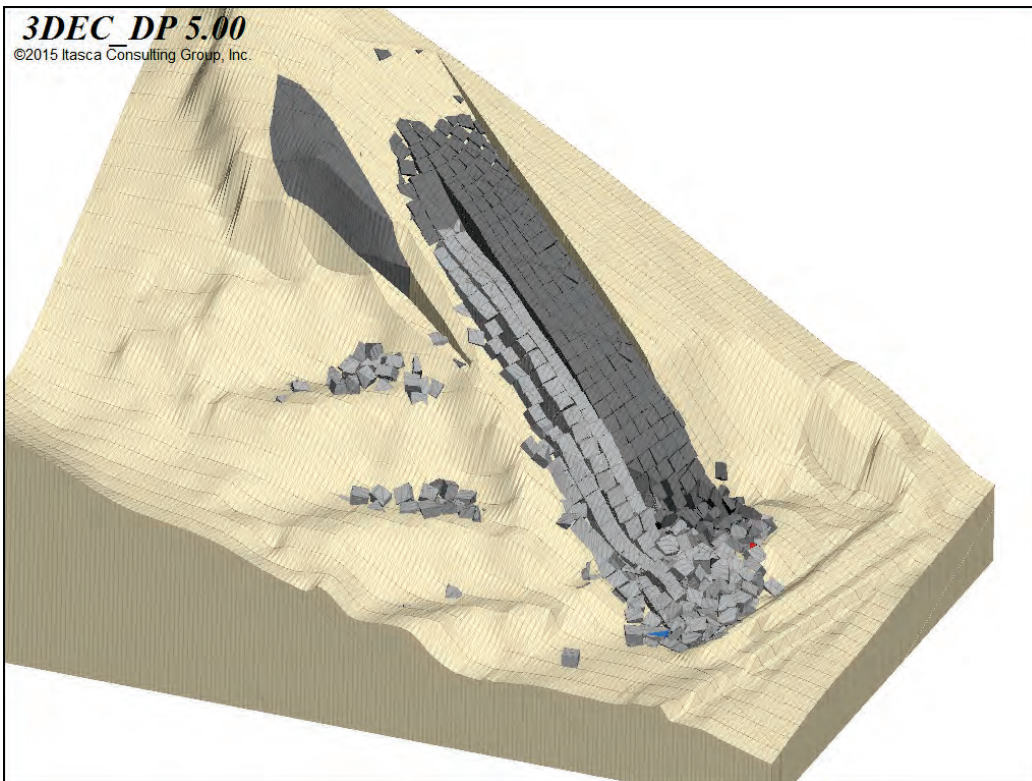


Abbildung 12: Endzustand der Simulation des Abgangs des Ablöseszenarios 2.

Ermittlung des Risikos

Schäden

Direkte Schäden im Fall einer großen Felsgleitung ohne Schutzbauwerk

Auf Grund des 2007 bis 2009 installierten Alarmsystems (s. Abschnitt „Felssturz am 16.4.2006“) kann davon ausgegangen werden, dass keine Menschenleben in Gefahr sind und Schäden als Geldmengen angegeben werden können.

Als direkte Schäden wurden daher im Fall einer großen Felsgleitung bei Nichterrichtung eines geeigneten Schutzbauwerks die Räumung der Sturzhalde und die Beseitigung der Schäden an den Verkehrswegen angenommen. Die Kosten wurden mit etwa 5 Mio € abgeschätzt (einschließlich des Erlöses aus dem Verkauf von Haldenmaterial).

Indirekte Schäden im Fall einer großen Felsgleitung ohne Schutzbauwerk

Die indirekten, durch Großhangbewegungen bewirkten Schäden resultieren aus

- sozialen (z.B. Todesfälle, Verwundungen, psychische Schäden),
- umweltrelevanten (z.B. Schäden am Bewuchs und am Bergwassersystem) und
- wirtschaftlichen (z.B. Schäden zufolge Aufstau von Flüssen, zufolge Blockierung von Verkehrswegen)

Konsequenzen (Amatruda et al. 2004). Im vorliegenden Fall von Spitz setzen sich die indirekten Schäden vor allem aus den durch die Sperre der Verkehrswege verursachten Kosten zusammen. Dazu gehören z.B. die Reduktion von Tourismuseinnahmen und die Kosten der Anrainer sowie der Wirtschaftsbetriebe zufolge von Umwegen und die Reduktion der Wirtschaftstätigkeit.

Die Reduktion der Tourismuseinnahmen wurde auf der Basis der Reduktion der Tourismuseinnahmen zufolge des Hochwassers von 31.5. bis 9.6.2013 abgeschätzt. Gemäß

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/tourismus/beherbergung/ankuenfte_naechtigungen/index.html

muss mit einem Entfall von 170.000 Nächtigungen pro Jahr gerechnet werden. Die Nächtigungskosten plus die Tagesausgaben können auf Basis von

<https://www.austriatourism.com/tourismusforschung/t-mona-urlauberbefragung/themenzielgruppen/ausgaben-2/>

mit € 135 pro Tag und Nächtigung angegeben werden. Dies führt zu einer Reduktion der Tourismuseinnahmen von etwa € 23 Mio pro Jahr.

Im Raum von Spitz a.d. Donau beträgt der durchschnittliche tägliche Verkehr (DTV) etwa 8.000 Fahrzeuge. Unter den Annahmen, dass

- ein Viertel der Fahrzeuge (2.000 Kfz)
- einen Umweg von 15 km fahren muss,

ergeben sich daraus Umwegekosten von € 4,6 Mio pro Jahr.

Nimmt man an, dass die Räumung der Sturzhalde und die Wiederherstellung der Verkehrswege 2 Jahre dauern, muss mit indirekten Schäden von etwa (€ 23 Mio + € 4,6 Mio) mal 2 Jahre = € 27,6 Mio mal 2 Jahre = € 55,2 Mio gerechnet werden. In dieser Summe ist der wirtschaftliche Schaden über den Tourismus hinaus nicht inkludiert.

Möglicher Gesamtschaden

Der mögliche Gesamtschaden bei Abgang des Ablösescenarios 2 ergibt sich daher zu € 5 + 55,2 = € 60,2 Mio.

Die genannten Werte stellen nur grobe Abschätzungen dar. Genaue Untersuchungen der indirekten Schäden müssten daher in Zusammenarbeit von Verkehrs- und Wirtschaftsfachleuten, Tourismusexperten usw. erfolgen.

Eintrittswahrscheinlichkeit

Wie im Abschnitt „Wahrscheinlichkeit zukünftiger Felsstürze“ ausgeführt, beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass Felspartien nordöstlich des Ereignisses 2002 in Folge außergewöhnlicher Niederschläge abgehen, etwa 1/1.000 Jahre.

Risiko

Ausgehend von der Definition des Risikos als Produkt von Schaden mal Eintrittswahrscheinlichkeit ergibt sich im vorliegenden Fall

- aus dem möglichen Gesamtschaden von € 60,2 Mio (s. Abschnitt „Schäden“) und
- aus der Wahrscheinlichkeit des Abgangs des Ablöseszenarios 2 von 1/1.000 Jahre (s. Abschnitt „Wahrscheinlichkeit zukünftiger Felsstürze“)

ein Risiko von

€ 60,2 Mio mal 1/1.000 Jahre = € 60.200 pro Jahr.

Werden die Kosten einer Barriere mit X und deren Funktionsdauer mit 100 Jahren angesetzt, ergeben sich daraus jährliche Kosten von X/100 Jahre (Kapitalisierung nicht berücksichtigt). Diese Kosten stehen einem Nutzen (Risikoreduktion) von € 60.200/ Jahr gegenüber.

→ € X/100 Jahre < € 60.200/ Jahr

Das bedeutet, dass die Kosten einer Barriere geringer als € 60.200/ Jahr mal 100 Jahre ≈ € 6 Mio sein müssten, damit die Errichtung einer Barriere wirtschaftlich wäre.

Diese auf groben Annahmen basierenden Überlegungen sollen zum Ausdruck bringen, dass genauere Ermittlungen betreffend

- die Art des Schutzbauwerks,
- die Kosten eines Schutzbauwerks,
- die Funktionsdauer eines Schutzbauwerks,
- die wirtschaftlichen Schäden bei Abgang einer großen Felsgleitung

sinnvoll wären und eine genauere Beurteilung der Wirtschaftlichkeit schadensmindernder Maßnahmen ermöglichen könnten.

Abschließende Bemerkungen

Die Untersuchungen des ehemaligen Tagbaus Spitz haben gezeigt, dass mittels einer Kosten-Nutzen-Rechnung die Wirtschaftlichkeit von schadensmindernden Maßnahmen beurteilt werden kann, wenn Menschenleben nicht in Gefahr sind. Im Fall einer Gefahr für Leib und Leben muss die Beurteilung auf Basis der Empfehlung der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik für das Schutzziel bei gravitativen Naturgefahren in Österreich (2014) erfolgen.

Sind Menschenleben nicht in Gefahr, ist die durch eine Maßnahme bewirkte Reduktion des Risikos (im Sinn von Risiko = Schaden mal Eintrittswahrscheinlichkeit) in einer Kosten-Nutzen-Rechnung als Nutzen anzusetzen. Voraussetzungen für die Ermittlung eines möglichen Schadens und der Eintrittswahrscheinlichkeit sind lückenlose Dokumentationen

- der topografischen Verhältnisse,
- der Abbauabläufe,
- von Ereignissen wie z.B. Felsstürzen,
- der ingenieurgeologischen Verhältnisse,
- der Niederschläge,
- der Bergwasserverhältnisse und
- von Erdbeben

über einen genügend langen Zeitraum.

Dank

Die Autoren danken der niederösterreichischen Umweltschutzbehörde für die Genehmigung der Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse.

Literatur

- 3GSM GmbH. (2016): Bericht ShapeMetrix3D. ehem. Steinbruch Spitz/Donau 3D Luftbilddokumentation für eine geologische Bewertung.
- Alpinfra (2006): Felssturz Spitz a.d. Donau - Technischer Bericht an die ÖBB zur Variantenuntersuchung.
- Amatruda G., Bonnard C., Castelli M., Forlati F., Giacomelli L., Morelli M., Paro L., Piana F., Pirulli M., Polino R., Prat P., Ramasco M., Scavia C., Bellardone G., Campus S., Durville J., Poisel R., Preh A., Roth W. & Tentschert E. (2004): A key approach: The IMIRILAND project method. in: Bonnard C., Forlati F. & Scavia C. (eds.): Identification and mitigation of large landslide risks in Europe: IMIRILAND Project, Balkema, ISBN: 9058095983, 13–43.
- Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Hydrologie und Geoinformation, Wasserstandsnachrichtendienst (2018): Niederschlagsdaten der Station Mühldorf bei Spitz.
- Bertagnoli M. & Schweigl J. (2016): Geschichte, Sicherungsmaßnahmen und Alarmsystem im Steinbruch Spitz an der Donau. NÖ Geotage 2016, Berichte Geol. B.-A., 117, 52–60.
- Blöschl G. & Viglione A. (2016): Ermittlung der Wiederkehrzeiten der 7-, 30-, 60- und 90- Tagessummen der Station Mühldorf bei Spitz. Unveröffentlichter Bericht.
- Eppensteiner W. & Poisel R. (1984): Stellungnahme betr. die Festlegung weiterer Abbauschritte im Steinbruch Spitz a.d. Donau. Unveröffentlichter Bericht.
- Fell R. (2016): Human induced landslides. In: Proc. 12th Int. Symp. Landslides. Neapel 2016. Vol. I, 171–199.
- Gibson W. (2011): Probabilistic methods for slope analysis and design. Australian Geomechanics Journal, 46/3,29.
- Itasca (2016): 3DEC: 3-dimensional Distinct Element Code.
- Lenhardt W. (2016): Email vom 4.4.2016.
- Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (2014): Empfehlung für das Schutzziel bei gravitativen Naturgefahren in Österreich.
- Pfahler G. (2016): Brief vom 24.3.2016.
- Schwenk H. (1992): Massenbewegungen in Niederösterreich 1953 – 1990. Jb. Geol. B.-A. 135/2, 597–660.
- Wagner H. (2006): Sanierungskonzept für den Steinbruch Fehringer in Spitz a.d. Donau. Unveröffentlichtes Gutachten.