

Schwellenkorporation Kandersteg

SPITZE STEI
SEKUNDÄRPROZESSE

Faktenblätter und Erläuterungen

05.06.2020

IMPRESSUM

Projektbearbeitung	NDR Consulting GmbH Natural Disaster Reduction Markus Zimmermann Riedstrasse 5 CH-3600 Thun Tel: +41 (0)33 221 6952 info@ndr.ch	Thun, 05.06.2020
	Hunziker Gefahrenmanagement Gabi Hunziker Ofenhausgässli 21 CH-1794 Salvenach Tel. +41 (0)31 755 87 58 Mobile +41 (0)79 789 43 87 gefahrenmanagement@bluewin.ch	Salvenach, 05.06.2020
Auftraggeberin	Schwellenkorporation Kandersteg	
Disclaimer	Die hier vorgenommenen Abschätzungen zu den Sekundärprozessen erfolgten nach bestem Wissen und Gewissen. Das Auftreten der Felsstürze und der daraus folgenden Sekundärprozesse ist jedoch mit vielen Unsicherheiten behaftet. Entsprechend ist das Ausmass und Verhalten dieser Prozesse nicht in jedem Fall vorhersehbar.	

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Vorgehen	1
3	Voraussetzungen Sekundärprozesse	1
4	Szenarien	6
5	Wirkungsflächen	7
6	Empfehlungen für die Notfallplanung, planerische und bauliche Massnahmen	12
	Szenario A1 - Kleine Flutwelle aus Oeschinensee	15
	Szenario A2 - Mittलगrosse Flutwelle aus Oeschinensee	18
	Szenario A3- Grosse Flutwelle aus Oeschinensee	21
	Szenario A4 - Flutwelle aus neu entstandenem 'Holzspichersee'	24
	Szenario B - Rückschreitende Erosion in Sturzmasse	26
	Szenario E1 - Gerinneprozesse in Hochwasser-armem Jahren	29
	Szenario E2 - Gerinneprozesse in 'normalem' Hochwasser-Jahr	32
	Szenario E3 - Gerinneprozesse in Hochwasser-reichem Jahr	35
	Szenario F1 - Schuttstrom ohne gleichzeitigem Starkniederschlag	38
	Szenario F2 - Schuttstrom bei gleichzeitigem Starkniederschlag	41

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Costa, J.E., 1988: Floods from Dam Failures. In: Flood Geomorphology; Baker, Kochel, Patton (eds).
- [2] Dave Petley, Before and after – the Hattian landslide in Pakistan, 2012:
<https://blogs.agu.org/landslideblog/2012/04/27/before-and-after-the-hattian-landslide-in-pakistan/>
- [3] Demmel, S, 2019: Water Balace in Val Bondasca. Master Thesis
- [4] Evans, S. G., Delaney, K. B., Hermanns, R. L., Strom, A., & Scarascia-Mugnozza, G. (2011). The formation and behaviour of natural and artificial rockslide dams; implications for engineering performance and hazard management. In: Natural and artificial rockslide dams (chapter 1, pp. 1-75): Springer.
- [5] Geiger, H., Zeller, J., & Röhliberger, G. (1991). Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes. Grundlagen. Einführung, Methoden, Spezialstudien. Starkniederschläge: Vol. 7. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL.
- [6] GEOTEST, 2019: Kandersteg, "Spitze Stei", Expertenbericht Phase A und B, Bericht Nr. 1418139.1 vom 8. April 2019
- [7] GEOTEST, 2019: Kandersteg, "Spitze Stei", Gefahrenmanagement, Ergebnisse und Auswertungen 2019; Bericht Nr. 1418139.2 vom 12. Dezember 2019
- [8] GEOTEST, 2019: Kandersteg, "Spitze Stei", Gefahrenmanagement 2019, Felsabbruch 20.12.2019; Bericht Nr. 1418139.4 vom 20. Dezember 2019
- [9] GHK Periglazial, 2014: GHKperiGlazial, Pilot Kandertal - Phase I, Evaluation Resultate und Evaluation Phase I, OIK I, KAWA, BAFU.
- [10] Gefahrenkarte Kandersteg (Revision), 2016: Technischer Bericht zur Gefahrenkarte, GEOTEST AG
- [11] HADES (1992). Hydrologischer Atlas der Schweiz. Geographisches Institut GIUB Universität Bern, Bern, 1992.
- [12] Hunziker, Zarn & Partner, 2019: Geschiebestudie Öschibach
- [13] <https://map.geo.admin.ch/>
- [14] <https://www.e-pics.ethz.ch>
- [15] <https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/schweizer-klima-im-detail/extremwertanalysen.html>
- [16] Jakobsen, V. U., 2016: An empirical approach for determining the evolution and behavior of rockslide damms. Norwegian University of Science and Technology.
- [17] Jean F. Schneider, BOKU, Vienna, 2013: <https://www.slideshare.net/ceriuniroma/schneider-impact-of-largelandslide>
- [18] Kölla E. (1986): Zur Abschätzung von Hochwassern in Fließgewässern an Stellen ohne Direktmessung. Eine Untersuchung über Zusammenhänge zwischen Gebietsparametern und Spitzenabflüssen kleiner Einzugsgebiete. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Nr. 87.
- [19] Köpfler et al., 2017: The Oeschinensee rock avalanche, Bernese Alps, Switzerland: a co-seismic failure 2300 years ago? Swiss Journal of Geosciences.
- [20] NGA_20190814_HWS_Oeschibach_Szenarien
- [21] NGA_20191009_UniFR_Report_SpitzeStei_ERT
- [22] NGA_20191115_Spiste_Wasserbau
- [23] NGA_20191118_Bericht_Spitze_Stei_Einflussparameter
- [24] Schuster, R.L., 1986: Landslide Dams: Processes, Risk and Mitigation. ASCE Publication.
- [25] Rickenmann, D. (2014): Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen.
- [26] Rickenmann D. (1999): Empirical relationships for debris flows. Natural Hazards, 19, 47–77
- [27] Wishart, J. S., (2007): Overtopping Breaching of Rock-Avalanche Dams. University of Canterbury
- [28] Zimmermann et al. (1997): Murganggefahr und Klimaänderung - ein GIS-basierter Ansatz. Schlussbericht NFP 31, Verlag der Fachvereine, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz, 161 p.

TEIL I - Erläuterungen zu den Faktenblättern der Sekundärprozesse

1 Einleitung

Seit 2019 haben die Bewegungen am Spitze Stei so stark zugenommen, dass grössere Abbrüche von wenigen 100'000 m³ bis maximal 20 Mio m³ Gestein erwartet werden. Als Folge der Abbrüche muss auch mit Folgeprozessen wie Murgängen und geschiebeführenden Hochwassern gerechnet werden. Die Sekundärprozesse sind dabei direkt abhängig von der Sturzaktivität am Spitze Stei. Ohne weitere Abbrüche sind keine grösseren Hochwasser oder Murgänge zu erwarten, bei verstärkter Sturzaktivität können hingegen grosse Murgänge auftreten, die bis weit ins Dorf fliessen. Das Spektrum an möglichen Ereignisabläufen (Szenarien) ist gross.

In der nachfolgenden Dokumentation sind die wichtigsten Grundlagen, Voraussetzungen und Annahmen in kompakter Form zusammengestellt:

- Teil I beinhaltet den erläuternden Teil zum Vorgehen und den getroffenen Annahme.
- Teil II beinhaltet die Faktenblätter zu den Szenarien. Diese enthalten in kompakter Form alle relevanten Informationen zu den jeweiligen Szenarien, sowie die Darstellung der beim jeweiligen Szenario betroffenen Flächen.

2 Vorgehen

Für die Beurteilung der Sekundärprozesse (Anrisszonen, Abflussspitzen, Reichweiten) wurden verschiedene Ansätze verwendet. Dazu gehören

- Geländeinterpretation (Terrainmodel und vor Ort)
- Empirische Faustformeln (z.B. in Rickenmann 2014 zusammengestellt)
- Abflussschätzungen (Seeausbruch): Formeln in Schuster (1986) zusammengestellt
- Bestimmung Reichweite: Pauschalgefälle-Ansatz und 2-Parameter-Modell von Perla, Cheng und McLung (1980)
- Bestimmung Ausbreitung: Flo-2D (DSM Consulting), RAMMS (von GEOTEST durchgeführt) und Flow-R
- Analogien zu stattgefundenen Ereignissen, primär solche in der Schweiz

3 Voraussetzungen Sekundärprozesse

Damit den Sturzprozessen nachgelagerte Folgeprozesse auftreten können, müssen verschiedene Voraussetzungen und Rahmenbedingungen erfüllt sein. Diese betreffen einerseits den Sturzprozess selber, aber auch das Aufstauverhalten des Oeschinensees oder die hydrologischen Voraussetzungen.

3.1 Voraussetzungen Felssturz/Bergsturz

Das Auftreten und Verhalten der Folgeprozesse (Hochwasser, Murgänge) ist in hohem Masse abhängig von der Gesteinszusammensetzung (Korngrössenspektrum), der Mächtigkeit und der Form sowie dem Wassergehalt in den abgestürzten Felsmassen.

Korngrössenspektrum: Die Zusammensetzung der Ablagerungsmasse bezüglich Korngrösse, aber auch bezüglich Lithologie steuert das Verhalten der Sekundärprozesse:

- blockige Ablagerungen mit einem hohen Anteil an Komponenten von Steinen (> 63 mm) und grossen Blöcken: geringes Wasserspeichervermögen, Blöcke können stabilisierend wirken (z.B. zur Ausbildung einer stabilisierenden Sohle)
- grobkörnige Ablagerung (hauptsächlich Sand- und Kiesfraktion): aufgrund des grösseren Porenraumes kann Wasser schneller in die Lockermaterialmasse aufgenommen werden
- feinkörnige Ablagerungen (hauptsächlich Silt- und Tonfraktion): geringe Wasseraufnahmefähigkeit, Wasser kann nur sehr langsam eindringen; umgekehrt: wenn einmal gesättigt kann es nicht so schnell drainieren.

Mächtigkeit und Form der Ablagerung: Die Mächtigkeit der Ablagerung gibt vor, wie stark sich Erosionsprozesse eintiefen können. Bei den Sturzereignissen vom Spitzen Stein werden Ablagerungsmächtigkeiten von maximal 30 m Mächtigkeit erwartet.

Die Form der Ablagerung bestimmt, welche Prozesse auftreten können. In einer langgezogenen, mehr oder weniger gleichmässig mächtigen Ablagerung ist hauptsächlich mit progressiver Erosion zu rechnen. Bei einer kompakten, räumlich begrenzten Ablagerung bilden sich in der Regel steile Fronten aus. Aus diesen können sich bei genügender Wassersättigung

initiale Rutschungen lösen, welche sich durch rückschreitende Erosion weiter vergrössern. Das erodierte Material fliesst als Murgang weiter.

Wassergehalt in der Sturzmasse: Der Wassergehalt in der Sturzmasse ist einer der massgebenden Faktoren für das Verhalten der Folgeprozesse. Wasser kann in verschiedenen Formen in der Sturzmasse auftreten:

- Niederschlag, welcher die stark aufgelöste Lockergesteinsmasse sättigt
- Klufteis/Kluftwasser, welches sich in den Klüften der stark zerrütteten Sturzmasse befindet
- Schneedecke auf der Sturzmasse, welche vor dem Felssturz kontinuierlich Schmelzwasser in den Untergrund abgibt
- Eisreicher Permafrost (gefrorenes Gestein mit eisgefüllte Hohlräumen) in der potenziellen Sturzmasse.

Geländeinterpretation und Analogieschlüsse: Die Geländeinterpretation und Analogieschlüsse aus den bekannten Fels- und Bergsturzereignissen in Kandersteg lassen Rückschlüsse auf künftige Sturzereignisse und der Folgeprozesse zu.

- Die prähistorischen Bergsturzablagerungen, die zum Aufstau des heutigen Oeschinensees geführt haben, zeigen gemäss [1] einen höheren Anteil an grobblockigem Material auf als bei den Sturzablagerungen des Spitzens Steins erwartet werden. Im Schattwald reichen die Ablagerungen bis auf eine Höhe von 1680 m ü. M.
- Ein wesentlicher Teil der prähistorischen Bergsturzablagerungen wurde ausgetragen. Der heutige Sattelpunkt liegt auf 1586 m ü. M., rund 8 m über dem heutigen mittleren Seeniveau. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese obersten 8 m zu einem Teil aus Bachschutt bestehen, welche die Zubringer aus dem Chalberspissi-Gebiet abgelagert haben (grosse Schuttkegel). Der Ausfluss des Oeschinensees durchfließt diese Masse und kommt gut 10 m unter dem heutigen Seespiegel als Quelle an die Oberfläche.
- Die bestehenden Bergsturzablagerungen (Fisistock und Oeschinensee) zeigen beide einen sehr hohen Anteil an feinkörnigen Sedimenten (siehe Abbildung 1). Aufgrund des starken Auflockerungsgrades des Gesteins am Spitzens Stein, muss auch für die sich abzeichnenden Sturzereignisse von feinkörnigen Ablagerungsprodukten ausgegangen werden. Der Blockanteil (Blöcke > 1 m³) dürfte bei kleinen Sturzvolumen eher gering sein. Die Blöcke 'schwimmen' in der Masse mit. Eine Situation wie z.B. in Randa (1991) mit haushohen Blöcken ist nicht zu erwarten.



Abbildung 1: Aufschluss in den Ablagerungen des Fisistock-Bergsturzes



Abbildung 2: Sturzablagerung des Bergsturzes in Randa, mit vielen Grossblöcken.

- Gemäss den Modellierungen der Felsstürze aus dem Spitzens Stein (GEOTEST [6], Anhang 1) ist ein Ablagerungsprozess möglich, welcher einen relativ flachen Ablagerungskörper in der Sattelzone und talabwärts

verursacht. Bei einem relativ trockenen Sturz wäre auch eine Ablagerung möglich, welche einen steileren Damm in der Sattelzone verursachen würde, wie dies z.B. beim Hattian Landslide (Kashmir, Pakistan) der Fall war.



Abbildung 3: Hattian Rutschung, Kashmir, Pakistan, 8. Oktober 2005. Etwa 68 Mio m³. Rückschreitende Erosion auf der talabwärts gerichteten Seite des Damms.

Quelle: Links: Dave Petley, Before and after – the Hattian landslide in Pakistan, 2012:

<https://blogs.agu.org/landslideblog/2012/04/27/before-and-after-the-hattian-landslide-in-pakistan/>

Rechts: Jean F. Schneider, BOKU, Vienna, 2013: <https://www.slideshare.net/ceruniroma/schneider-impact-of-largelandslide>

3.2 Annahmen zu den Sturzscenarien

Die Beurteilung der Sekundärprozesse basieren auf den Sturzscenarien, welche durch die Firma GEOTEST festgelegt wurden (Aktennotiz vom 20. März 2020 z). Darin wurden folgende Szenarien und Volumina festgelegt:

	Szenario (SZ)	Beschreibung	Abbruchvolumen
„klein“	1	Teilabstürze von Schuttmaterial aus der W-Flanke	200'000 m ³
	2	Felsauflockerung und -stürze aus dem Gipfelbereich	200'000 m ³
	3	Grosse Schuttrutschungen aus der W-Flanke	600'000 m ³
„mittel“	4	Mehrere grosse Felsstürze aus dem Gipfelbereich	1 Mio. m ³
„gross“	6	Kaskaden- und Dominoeffekte	3 Mio. m ³
	7	Bergsturz mit einem Volumen von mehreren Millionen Kubikmetern Festgestein	8 Mio. m ³
	8	Totalabsturz (tiefliegende Gleitfläche)	20 Mio. m ³
	5	Sturzereignisse im Winterhalbjahr	-

Abbildung 4: Sturzscenarien, Stand 20. März 2020

3.3 Voraussetzungen Seebildung

- Relevante Terrainveränderungen durch die Sturzablagerungen im Bereich der Sattelzone (Damm) ergeben sich gemäss Bericht GEOTEST [6] erst bei sehr grossen Fels- resp. Bergsturzereignissen von mehr als 3 Mio m³. Bei einem Abbruch von 3 Mio m³ werden Ablagerungsmächtigkeiten gemäss Modellierung bis zu 2 m im Bereich des heutigen Überlaufs (Kote 1586) erwartet. Die maximale Ablagerungshöhe bei einem Absturz von 20 Mio m³ erwartet und beträgt gemäss Modellierung rund 30 m.
- Beim Auftreten von Sturzablagerungen im Bereich Oeschinensee Westende - Holzspicher von mehreren Metern Mächtigkeit, kann davon ausgegangen werden, dass die bestehenden unterirdischen Abflusswege zerstört werden. In der feinkörnigen Masse der neuen Bergsturzablagerung findet zudem nur eine geringe Entwässerung statt. Der bestehende unterirdische Abfluss des Oeschinensees wird nicht mehr funktionieren und es kommt zu einem Aufstau von Wasser hinter der Bergsturzablagerung. Der Seespiegel steigt an und das Seevolumen nimmt zu. Der Anstieg des Seespiegels ist dabei abhängig von der Mächtigkeit der Sturzablagerung.
- Abschätzung der potenziellen Seevolumen. Die Berechnung des Wasservolumens erfolgte näherungsweise mit einer Zylinderform von 1.3 km² Fläche x Wasserhöhe.

Tabelle 1: Schichtweise Schätzung der Seevolumen bei zunehmendem Einstau

	Wasserhöhe	Wasservolumen	Fülldauer
Aktueller Seespiegel 1578 m ü. M.		37 Mio m ³	heute gefüllt
Aktueller Seespiegel (1578) bis heutige Dammkrone (1586 m ü. M.)	8 m	10 Mio m ³	ca. 3 Monate
Heutige Dammkrone (1586 m ü. M.) bis Ablagerungshöhe 20 Mio m ³ Sturzereignis (1612 m ü. M.)	26 m	34 Mio m ³	ca. 9 Monate
Maximales Wasservolumen über aktuellem Seespiegel (1578 m ü. M.)	34 m	44 Mio m ³	ca. 12 Monate

- Es wird davon ausgegangen, dass eine Entleerung des Oeschinensees nur bis zum aktuellen Seeniveau von 1578 m ü. M. möglich wäre. Die Annahme wird damit begründet, dass sich die Eintiefung im Nachgang zum historischen Oeschinensee-Bergsturz auf diesem Niveau stabilisiert hat und somit eine erosionsresistente Schicht vorliegt.
- Gemäss dem hydrologischen Atlas der Schweiz (<https://hydrologischeratlas.ch/>) beträgt der mittlere Jahresniederschlag für das Einzugsgebiet des Oeschinensees 1826 mm; davon verdunsten etwa 100 bis 200 mm pro Jahr. Dem Oeschinensee fließen somit in einem mittleren Jahr rund 1700 mm Wasser zu (ohne den Eintrag aus der klimabedingten Gletscherveränderung). Die gleiche Wassermenge fliesst verzögert durch den Oeschibach ab. Für die Berechnung der Niederschlagsmenge, welche benötigt wird um ein bestimmtes Seevolumen zu bilden, wird das gesuchte Seevolumen der Einzugsgebietsgrösse (22 km²) gegenübergestellt. Daraus lässt sich ableiten, wieviel Niederschlag im Einzugsgebiet fallen muss, damit das jeweilige Füllvolumen erreicht wird. Für ein Seevolumen von ca. 44 Mio m³ müssen 2000 mm Wasser dem See zufließen. Dies entspricht ungefähr dem mittleren Jahresniederschlag. Das bedeutet, dass bei einer maximalen Ablagerung der aufgestaute See erst nach einem Jahr die Dammkrone (Scheitelpunkt) erreichen würde. Diese Annahme setzt zudem voraus, dass keine neuen unterirdischen Abflusswege ausgebildet werden, welche das Auffüllen des Sees verzögern würden. Einzugsgebiete und Hydrologie

Für die Beurteilung des Wasserangebotes wurden die nachfolgend aufgeführten Teileinzugsgebiete berücksichtigt. Beim Einzugsgebiet des Oeschinensees ist zu beachten, dass Niederschläge (oder Schneeschmelze) aus diesem Einzugsgebiet durch die Retention des Sees erst verzögert zum Abfluss kommen.

Die Teileinzugsgebiete des Oeschibachs weisen deutlich unterschiedliche Grössen auf. Das grösste Teileinzugsgebiet weist der Oeschinensee mit rund 22 km² auf, was etwa 2/3 des gesamten Einzugsgebietes entspricht. Der Oeschinensee wirkt zudem als Retentionsbecken, so dass bei einem Niederschlagsereignis Hochwasserabflüsse erst verzögert auftreten. Das Einzugsgebiet des Spitze Steins mit dem Chalberspissibach ist rund 20x kleiner und weist eine Grösse von 1.2 km² auf. Entsprechend klein fallen die Hochwasserabflüsse aus.

Die Gefahrenkarte Kandersteg (2011) weist für den Oeschinenbach die in Tabelle 2 aufgeführten Werte aus. Die Werte für das gesamte Oeschinenbach-Einzugsgebiet erscheinen sehr hoch, insbesondere da das Teileinzugsgebiet des Oeschinensees, welches rund 2/3 des gesamten Einzugsgebietes ausmacht, nur verzögert zum Abfluss kommt.

Tabelle 2: Hochwasserspitzen gemäss GK Kandersteg, 2011 [10].

Einzugsgebiet	HQ ₃₀	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀
Oschibach (Zilfuri, ohne Fisi- / Biberbach)	11 m ³ /s	17 m ³ /s	21 m ³ /s
Öschibach (Hauptstrasse), 30.7 km ²	19 m ³ /s	30 m ³ /s	38 m ³ /s

Für den Chalberspissi- und den Staubbach wurden die Spitzenabflüsse mit der Methode Kölla abgeschätzt:

Tabelle 3: Hochwasserspitzen Chalberspissi- und Staubbach.

Einzugsgebiet	HQ ₃₀	HQ ₁₀₀	HQ ₃₀₀
Chalberspissibach, 1.2 km ²	1.0 - 1.5 m ³ /s	1.5 - 2.0 m ³ /s	2.0 - 3.0 m ³ /s
Staubbach, 0.8 km ²	< 1 m ³ /s	1.0 - 1.5 m ³ /s	1.5 - 2.5 m ³ /s

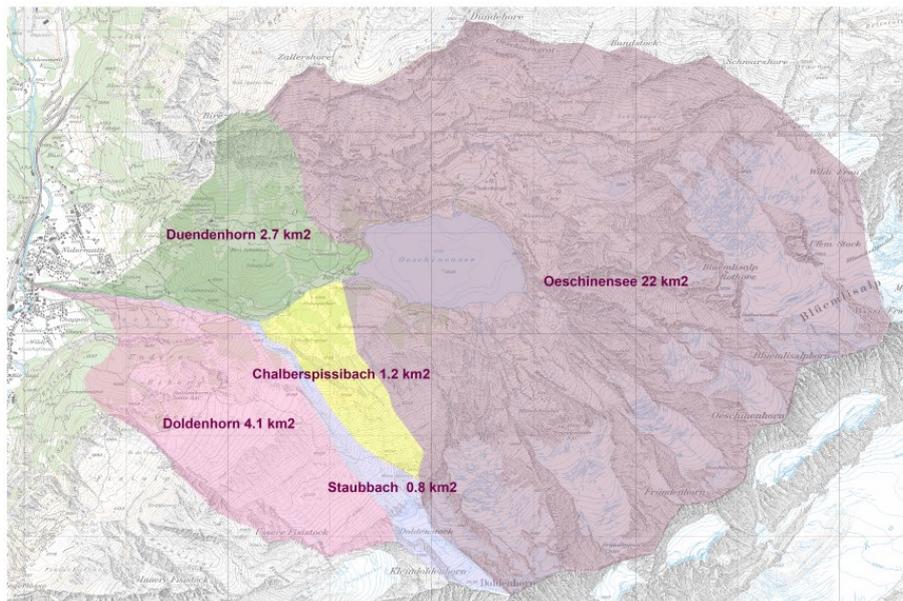


Abbildung 5: Teileinzugsgebiete des Oeschinenbaches.

Für die hydrologischen Betrachtungen wurden die folgenden Niederschlagsdaten verwendet:

Tabelle 4: Niederschlagswerte aus HADES und Extremwertstatistik für die Station Kandersteg

	HADES	Extremwertanalyse	
A 100 j./1 h	64 mm	k.A.	
B' 100 j./24 h	132 mm	130 mm	95% Konfidenzintervall: 96.7 - 178.0 mm
C 2.33 j./1 h	19 mm	k.A.	
D' 2.33 j./24 h	52 mm	51 mm	95% Konfidenzintervall: 47.1 - 54.9 mm

k.A = keine Daten vorhanden, da Messreihe kürzer als 25 Jahre

4 Szenarien

Basierend auf den Sturzprozessen wurden mögliche Ereignisabläufe geprüft. Der Fokus wurde dabei auf diejenigen Szenarien gelegt, welche unter der Voraussetzung des Eintretens der definierten Sturzzenarien, im Betrachtungszeitraum der nächsten 10 Jahre die grösste Auftretenswahrscheinlichkeit haben. Diese Szenarien wurden weiterverfolgt und für jedes dieser Szenarien wurde ein Faktenblatt (siehe Teil II des vorliegenden Berichts) erstellt, in welchem die wichtigsten Informationen zusammengestellt sind.

Nicht betrachtete Szenarien

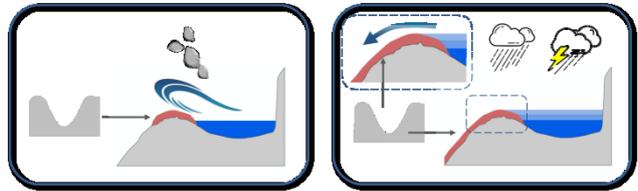
Die klassischen Szenarien der Gefahrenkarte wurden nicht separat untersucht. Das 30 jährliche Ereignis dürfte durch das Szenario E3 sein, das 100 j.- und 300 j. Ereignis durch die Szenarien A, B und F abgedeckt sein. Zu den nicht betrachteten Szenarien gehören ebenso Hochwasserereignisse aus den Seitenbächen des Oeschinenbachs, auf welche der Sturzprozess keinen Einfluss hat.

Betrachtete Szenarien

Die nachfolgend aufgeführten Szenarien wurden in vier Szenariengruppen eingeteilt:

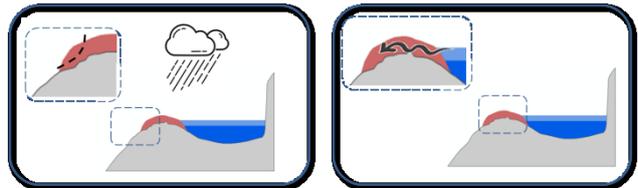
A1 bis A4: Flutwellen

- Flutwellen aus Oeschinensee oder neuem Holzspichersee mit kontinuierlichem Überströmen oder Breschenbildung in der Sturzablagerung.
- Einmaliges Ereignis; wiederholtes Auftreten bei A1 und A2 möglich, jedoch mit sehr kleiner Wahrscheinlichkeit.
- Abhängig von der Grösse des Sturzereignisses



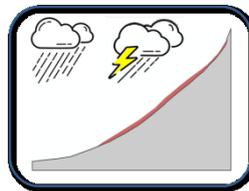
B: Rückschreitende Erosion in Sturzmasse

- Instabilität in steiler Front
- Durchströmung (Piping)
- Mehrfaches Auftreten möglich, aber wenig wahrscheinlich



E1 bis E3: Gerinneerosion

- Erosion in den mit Felssturzmaterial gefüllten Gerinne des Chalberspissi- und des Oeschinenbachs
- Wiederkehrende Ereignisse
- Abhängig von der Verfügbarkeit von Lockermaterial im Gerinne



F1 und F2: Schuttstrom

- Übergang Felssturz in Murgang
- F1 = trockene Verhältnisse
F2 = nasse Verhältnisse
- Einmaliges Ereignis, aber eine Wiederholung kann nicht ganz ausgeschlossen werden
- Abhängig von der Grösse des Sturzereignisses und der Verfügbarkeit von Wasser



Abbildung 6: Übersicht über die untersuchten Szenarien

5 Wirkungsflächen

Unter Wirkungsflächen werden diejenigen Flächen verstanden, welche bei einem Hochwasser- oder Murgangereignis mit Wasser, Schlamm oder Schutt überführt werden. Für die Beurteilung der Einwirkung des Prozesses auf diese Flächen wurde eine dreistufige Skala gewählt:

Tabelle 5: Bewertungsschema der Einwirkungen

Stufe	Einwirkung	Quantifizierung
1	geringe Einwirkung	Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fliessgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm kann in Gebäude eindringen
2	mittlere Einwirkung	Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fliessgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude können beschädigt werden
3	starke Einwirkung	Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fliessgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude können zerstört werden

Die Wirkungsflächen wurden anhand von Geländeanalysen (Terrainmodell), Interpretation von Modellierungsergebnissen und Geländebegehungen bestimmt. Die Modellierungen erfolgten mit den folgenden Modellen:

- Bestimmung Reichweite: Pauschalgefälle-Ansatz und 2-Parameter-Modell von Perla, Cheng und McLung (1980)
- Bestimmung Ausbreitung: Flo-2D (DSM Consulting), RAMMS (von GEOTEST durchgeführt) und Flow-R

Darstellungsgenauigkeit der Wirkungsflächen: In den Karten sind eindeutige Grenzlinien von einem Bereich (dunkelviolett, violett, rosa) gezeichnet. Bei einem Ereignis werden diese Bereiche jedoch kontinuierlich und nie eindeutig vorhersagbar sein. Dies muss bei der Interpretation der Karten berücksichtigt werden.

Als weitere Mindestanforderung an Schutzmassnahmen wurde bei Einzelereignissen (Szenarien B, F1 und F2) davon ausgegangen, dass im bestehenden Ablagerungsraum die gesamte Kapazität zur Verfügung steht. Steht diese Kapazität nicht zur Verfügung, muss mit wesentlich stärkeren Ausuferungen gerechnet werden. Bei den Szenarien E1 bis E3 wird von mehreren Ereignissen pro Jahr ausgegangen. Treten diese Murgang-Ereignisse in kurzer Abfolge auf und der Sammler konnte vorgängig nicht geräumt werden, muss auch hier mit stärkeren Ausuferungen gerechnet werden.

Darstellung Wirkungsbereich aller Prozesse (Primär-, Sekundär- und Teriärprozesse): In den Karten sind Wirkungsflächen der Murgänge und geschiebeführenden Hochwasser dargestellt. Die Ablagerungsbereiche der Sturzereignisse sind darin nicht enthalten. Zudem können verstärkte Geschiebeeintrag in die Kander zu Ausuferungen in der Kander (oberhalb des Mündungsbereiches) führen. Die Wirkungsflächen der Sturzereignisse sowie die Überflutungsflächen der Kander sind in den Karten der Wirkungsgebiete der Sekundärprozesse nicht enthalten. Für die Notfallplanungen müssen jedoch sämtliche Prozessflächen der Primärprozesse Sturz, der Sekundärprozesse Murgang/Hochwasser und die Folgeprozesse in der Kander berücksichtigt werden.

Wirkungsbereiche als Prozessumhüllende: Die in den Faktenblättern dargestellten Wirkungsflächen sind als Prozessumhüllende dargestellt. Es ist im einzelnen Fall wenig wahrscheinlich, dass die gesamte Fläche gleichzeitig durch den Prozess betroffen ist (ausser bei den A-Szenarien).

Qualität einzelner Parameter: Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten bei der Bestimmung des Ereignisablaufes ist bei verschiedenen Parameter die Abschätzung schwierig. Entsprechend sind die Angaben nicht als exakte Werte, sondern als Grössenordnung aufzufassen. Dies betrifft unter anderen die Fliessgeschwindigkeit, die Abflussspitzen oder die Erosionsvolumen.

5.1 Berücksichtigung Sofortmassnahmen

Seit Anfang 2020 wurde intensiv an der Erstellung von Sofortmassnahmen gearbeitet. Dazu gehören:

- Ausbau des Geschiebeablagerungsplatzes (GAP, auch als Sammler bezeichnet)
- Erstellung eines Rückhaltedammes im Oeschwald
- Erstellung eines Leitdammes im Gebiet Zilfuri
- Erstellung eines Blockriegels im Abschluss des GAP
- Terrainanpassung auf der linksseitigen Zufahrtsstrasse zur Rückleitung von Geschiebe und Wasser auf 1400 m ü. M. und Erhöhung rechtsseitiges Ufer oberhalb Brücke 1410 m ü. M; Erhöhung Schutzdamm unterhalb KW.
- Entfernen der linksseitigen Aufschüttung auf 1410 m ü. M.

Der Ausbau des Ablagerungsraumes erfolgte mit dem Ziel, zusätzliches Volumen zu schaffen. Für die Berechnungen des potenziellen Ablagerungsvolumens sind zwei Ausbaustände zu unterscheiden:

- a) Aktueller Ausbaugrad (Ende Mai):
 - ausgebaggerter GAP
 - ohne Querbauwerk/Blockriegel im Abschluss des GAP (Sohlenniveau 1187 m ü. M.)
 - Teilausbau Damm Oeschwald
- b) Ausbaugrad Sommer 2020:
 - ausgebaggerter GAP
 - Blockriegel im Abschluss des GAP mit Überfallkote 1188 m ü. M.
 - Dämme Oeschwald und Zilfuri bis auf Höhe Mindestanforderungen (3 m) erstellt
- c) Endausbau Sommer 2021 oder 2022:
 - ausgebaggerter GAP
 - Querbauwerk im Abschluss des GAP mit Überfallkote 1188 m ü. M.
 - Dämme Oeschwald und Zilfuri bis auf Höhe 4 m, bzw. 5 m erstellt

Für die Beurteilung der Wirkungsflächen wurden sowohl der eigentliche GAP als auch die angrenzenden Gebiete im Oeschwald und Zilfuri berücksichtigt. Das potenzielle Ablagerungsvolumen ergibt sich aus dem verfügbaren Platz, welcher abhängig ist vom Ausbaugrad der Dämme, und dem Fliessprozess. Je nach Fliessprozess stellt sich ein unterschiedliches Verlandungsgefälle ein, welches das Ablagerungsvolumen beeinflusst.

Die ausgewiesenen Ablagerungskapazitäten stellen nicht exakte Werte dar, sondern sind als Grössenordnungen aufzufassen.

Tabelle 6: Ablagerungskapazität in Abhängigkeit des Fliessprozesses, des angenommenen Verlandungsgefälles und des Ausbaugrades.

Fliessprozess	Ablagerungskapazität		
	Verlandungsgefälle	Aktueller Ausbaugrad	Ausbaugrad 2020
Fluviale Prozesse	4%	5'000 - 8'000 m ³	ca. 15'000 m ³
Hochkonzentrierte Abflüsse	7%	ca. 50'000 m ³	ca. 90'000 m ³
Murgangereignisse	10%	ca. 30'000 - 50'000 m ³ Das geringere Volumen ergibt sich, wenn die Ufer/Dämme im hinteren Bereich früh überströmt werden.	ca. 125'000 m ³

Berücksichtigung Ausbaugrad und Mindestanforderungen: Für die Beurteilung der Wirkungsräume wurden drei Ausbaugrade beurteilt. Damit die jeweiligen Ausbaugrade berücksichtigt werden dürfen, wurden Mindestanforderungen an die baulichen Sofortmassnahmen definiert.

Tabelle 7: Ausbaugrad und Mindestanforderungen.

Ausbaugrad	Beschreibung	Mindestanforderungen
a) ohne Dämme	Dämme, respektive unter der Annahme, wenn die Dämme die Mindestanforderungen noch nicht erfüllen (ungenügende Höhe, nicht geschlossen)	– keine
b) Damm Oeschiwald	Damm Oeschiwald besteht auf der gesamten Länge und weist eine Höhe von mindestens 3 m auf	– Damm besteht auf gesamter Länge – Dammkörper ist geschlossen – Höhe des Dammes mindestens 3 m
c) Dämme Oeschiwald und Zilfuri	Dämme Oeschiwald und Zilfuri bestehen auf der gesamten Länge und weisen eine Höhe von mindestens 3 m (Oeschiwald-Damm) und 3 m (Zilfuri-Damm) auf. Mit dieser Höhe können die Szenarien E wesentlich kontrolliert werden.	– Dämme bestehen auf gesamter Länge – Dammkörper sind geschlossen – Höhe der Dämme mindestens 3 m

Als weitere Mindestanforderung an die Schutzmassnahmen wurde bei Einzelereignissen (Szenarien B, F1 und F2) davon ausgegangen, dass im bestehenden Ablagerungsraum die gesamte Ablagerungskapazität zur Verfügung steht. Ist dies nicht der Fall, muss mit wesentlich stärkeren Ausuferungen gerechnet werden. Bei den Szenarien E1 bis E3 wird von mehreren Ereignissen pro Jahr ausgegangen. Treten diese Murgang-Ereignisse in kurzer Abfolge auf und der Sammler konnte vorgängig nicht geräumt werden, muss auch hier mit stärkeren Ausuferungen gerechnet werden.

Die dargestellten Wirkungsflächen berücksichtigen die heutige Topographie im Ablagerungsraum und den jeweiligen Ausbaugrad der Massnahmen unter Einhaltung der Mindestanforderungen. Mit dem Endausbau (2021/2022) können auch die Szenarien B, F1 und F2 bis zu einem gewissen Grad kontrolliert werden. Mit einer allfälligen weiteren Erhöhung des Dammes Oeschiwald auf 6 m kann das erforderliche Rückhaltevolumen bei zuvor erfolgten Ablagerungen wieder hergestellt werden.

5.2 Bewertung der Wahrscheinlichkeiten

Wie bereits bei den Sturzprozessen, weisen auch die Sekundärprozesse unterschiedliche Eintretenswahrscheinlichkeiten auf. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Sekundärprozesse ist dabei direkt abhängig vom Auftreten des Sturzprozesses. Beispielsweise erfordert das Auftreten des Szenarios B: 'Rückschreitende Erosion' eine steile Front in der Sturzablagerung. Damit dieser Fall eintritt, ist ein kompaktes Sturzereignis von rund 8 Mio m³ notwendig. Bei grösseren Sturzereignissen dürfte sich die Ablagerungsmasse gleichmässiger im Oeschinental verteilen, bei kleineren Ereignissen ist die Mächtigkeit der Ablagerung zu gering für die Ausbildung grösserer Instabilitäten.

Für die Szenarien A ergeben sich die folgenden Überlegungen: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein natürlicher Damm tatsächlich bricht beträgt gemäss weltweiter Beobachtung etwa 33 – 50 % (basierend auf einer Vielzahl von aufgetretenen Ereignissen). Wenn ein Damm tatsächlich bricht, wird er mit 60 % Wahrscheinlichkeit innerhalb eines halben Jahres und 80 % innerhalb eines Jahres brechen (Evans 2011). Gemäss Schuster (1986) brechen knapp 60 % innerhalb eines Monats und 90 % innerhalb eines Jahres.

Da es sich um bedingte Wahrscheinlichkeiten handelt, ist die Abschätzung der resultierenden Wahrscheinlichkeit schwierig. In den Faktenblättern wurden daher für jedes Szenario die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Primärprozesses, des Sekundärprozesses und die Gesamt-Wahrscheinlichkeit angegeben. Die Wahrscheinlichkeiten der Primärprozesse wurden aus [6] übernommen.

Die Beurteilung der Gesamtwahrscheinlichkeit erfolgte nach dem Schema in Abbildung 7. Dabei wurde vorausgesetzt, dass die Gesamtwahrscheinlichkeit nicht grösser sein kann als die geringste Wahrscheinlichkeit in der Abfolge. Es ist jedoch möglich, dass die Gesamtwahrscheinlichkeit kleiner sein kann als die Teilwahrscheinlichkeiten des Primär- oder Sekundärprozesses.

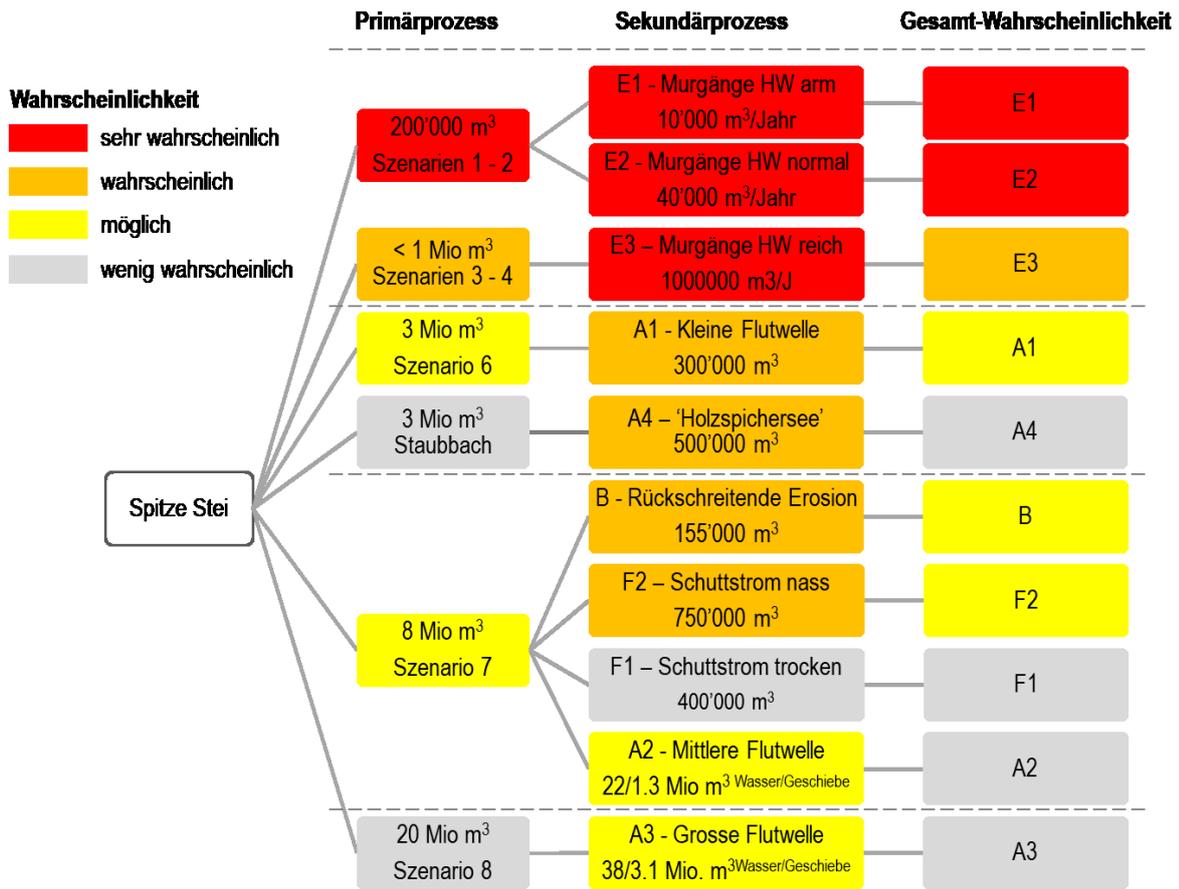


Abbildung 7: Beurteilung der Eintretenswahrscheinlichkeit als Kombination der Eintretenswahrscheinlichkeit des Primärprozesses und des Sekundärprozesses.

5.3 Übersicht betroffene Gebiete

Abbildung 8 zeigt die Übersicht der Wirkungsflächen aller untersuchten Szenarien. Die Herleitung der Szenarien sowie sämtliche relevanten Informationen zu den Szenarien befinden sich im Teil II, Faktenblätter Sekundärprozess.

Wahrscheinlichkeit Szenario

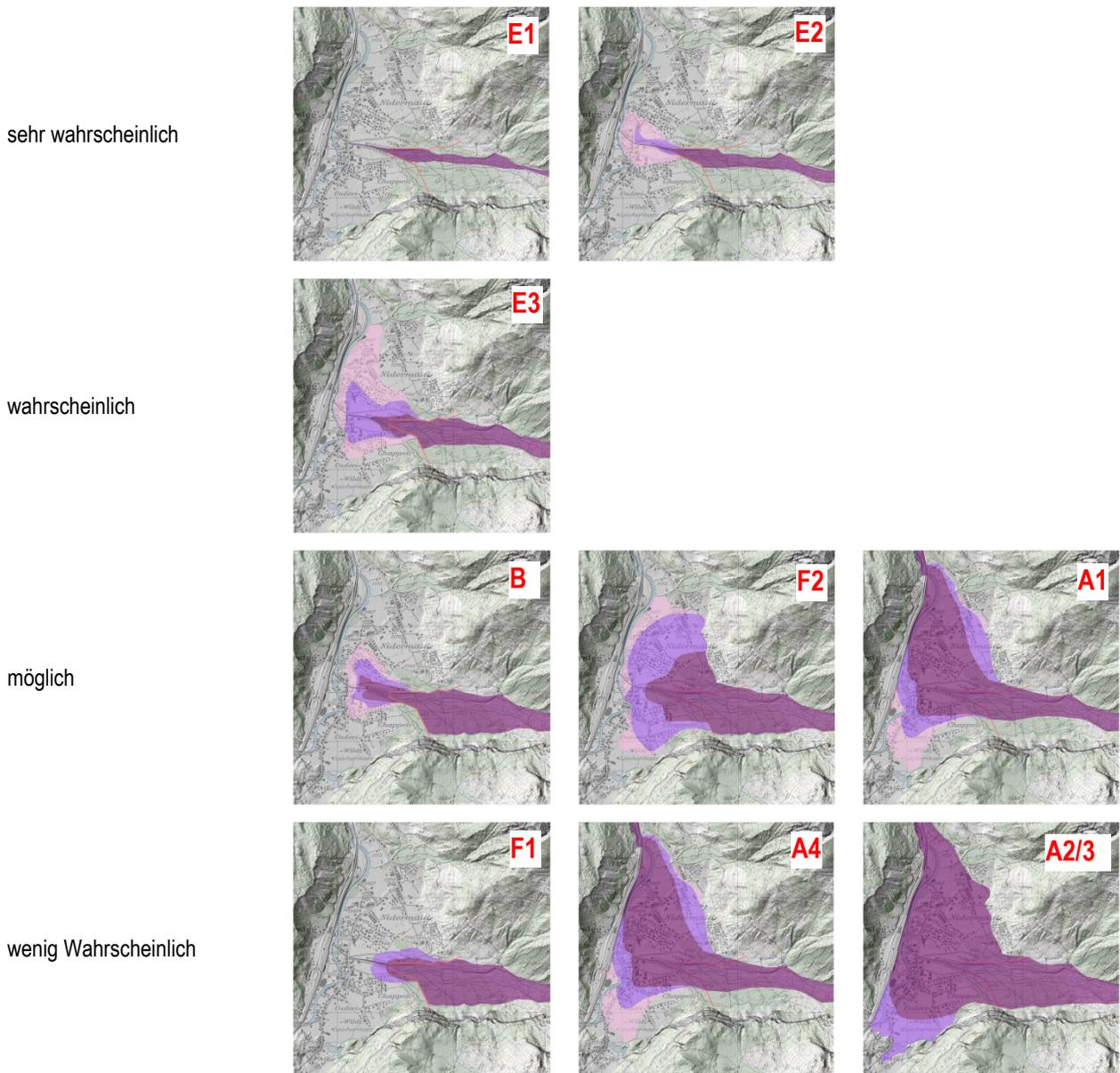


Abbildung 8: Übersicht über die Auftretenswahrscheinlichkeit der untersuchten Szenarien, mit Darstellung der betroffenen Gebiete. Dargestellt sind die Wirkungsflächen bei Bestehen beider Dämme (Oeschwald und Zilfuri)

6 Empfehlungen für die Notfallplanung, planerische und bauliche Massnahmen

Aus den oben aufgeführten Szenarien können die folgenden Empfehlungen abgeleitet werden:

- **Bauliche Schutzmassnahmen:** Die Szenarien E (Gerinnemurgänge) haben eine hohe Eintretenswahrscheinlichkeit. Sie sollten deshalb bereits im Jahre 2020 soweit kontrolliert werden können, dass nur minimale Schäden auftreten. Dies bedingt folgende Massnahmen:
 - Regelmässiges Freihalten des GAP auf dem jetzigen (Mai 2020) Stand.
 - Ausbaggern des Gerinnes im Abschnitt zwischen GAP und Kander sowie entfernen der Kiesablagerungen im Zusammenfluss mit der Kander. Baggerungen sind nach dem Ereignis zwingend auszuführen. Wenn möglich kann auch während des Ereignisses an kritischen Stellen Geschiebe entfernt werden. Dabei ist aber ein spezielles Augenmerk auf die Sicherheit der Interventionskräfte zu legen.
 - Regelmässiges Beobachten der Bedingungen im Ablagerungsgebiet der Stürze (mobilisierbare Kubaturen) und des Gerinnes vom Holzspicher bis in den GAP (allfällige Erosionen oder Auflandungen, welche nachfolgende Schübe umleiten könnten). Die Beobachtungen sollten insbesondere nach Sturzereignissen ausgeführt werden. Die Beobachtungen sind strukturiert zu dokumentieren, mittels eines Protokolls.
 - Der Schutzdamm im Öschwald weist idealerweise eine Höhe von 4 m auf. Damit er für die Szenarien E wirksam ist, ist eine Mindesthöhe von 3 m Höhe (gemessen ab mittlerem Terrain wasserseitig) erforderlich. Diese ist bis zu Stationierung 0+150 (respektive 0+100 der zentralen Projektionsachse gemäss Plan Nr. 180002-43-105 vom 13.05.2020) einzuhalten, ab da abfallend bis Station 0+050. Am unteren Endpunkt des Dammes muss eine Höhe von 1.5 m eingehalten werden, gleiche Höhe wie gegenüberliegender Damm. Der Damm muss dem Anprall eines Murgang-Schubes von etwa 2 m Höhe und einer Geschwindigkeit von 2-3 m/s widerstehen können. Der Dammfuss ist zu sichern (z.B. mit Baumstämmen).
 - Der Schutzdamm im Zilfuri weist idealerweise eine Höhe von 5 m auf. Damit er für die Szenarien E wirksam ist, ist eine Mindesthöhe von 3 m (gemessen ab mittlerem Terrain wasserseitig) erforderlich. Diese ist bis zu Station 0+150 (respektive 0+100 der zentralen Projektionsachse gemäss Plan Nr. 180002-43-105 vom 13.05.2020) einzuhalten, ab da abfallend bis Station 0+050. Am unteren Endpunkt des Dammes muss eine Höhe von 1.5 m eingehalten werden, gleiche Höhe wie gegenüberliegender Damm. Der Damm muss dem Anprall eines Murgang-Schubes von etwa 2 m Höhe und einer Geschwindigkeit von 3-4 m/s widerstehen können. Die wasserseitige Böschung ist mit Blöcken oder allenfalls Baumstämmen bis auf die halbe Höhe zu sichern. Wasserseitig sollte vor dem Dammfuss eine Abflussrinne bestehen.
 - Der Damm im Öschwald sollte in den Jahren 2021 und 2022 auf mindestens 4 m erhöht werden, jener im Zilfuri auf mindestens 5 m, so dass die Dämme für die Szenarien B und F die ihnen zugeordnete Wirkung erzielen können. Dadurch erhöht sich auch die Sicherheit für die Szenarien E. Eine weitere Erhöhung der Dämme (v.a. Oeschwald) auf 6 m muss erst dann ins Auge gefasst werden, wenn das umliegende Terrain durch Ablagerungen relevant erhöht wurde.
- **Notfallmassnahmen:** Die erwarteten Sturz- und Murgangprozesse am Spitze Stei können durch technische Massnahmen nur teilweise bewältigt werden. Entsprechend wichtig ist es, die Sicherheit der Bevölkerung mit organisatorischen Massnahmen zu verbessern. Dazu sind rechtzeitig Notfallmassnahmen zu planen. Im Rahmen der Erstellung des Sicherheitskonzeptes wurden diese Aufgaben durch die Gemeinde bereits in Angriff genommen.

Bezüglich Notfallmassnahmen stellen die Szenarien, welche von einem Aufstau des Oeschinensees ausgehen (Szenarien A1 - A4), einen speziellen Fall dar. Für diese sind nachfolgend mögliche Massnahmen aufgeführt. Die Auflistung ist nicht abschliessend und kann im Rahmen eines Variantenstudiums erweitert und vertieft werden.

- Kontinuierliches Beobachten und Messen des Pegels im Oeschinensee und der Abflussverhältnissen/Quellen in der Sturzablagerung (Monitoring)
 - Prüfen der Installation von Pumpen um allenfalls den Pegelanstieg zu verlangsamen/verhindern oder prüfen des Grabens eines Entlastungsgerinnes in der Sturzablagerung. Die Evaluation möglicher Entlastungsmassnahmen sollte zeitnah erfolgen und nicht erst im Ereignisfall
 - Information der GFO/RFO im Kandertal.
 - Beurteilen der durch eine Flutwelle ausgelösten Gefahrenprozesse und Kartieren der potentiellen Überflutungsflächen im Kandertal
 - Prüfen der allenfalls zu evakuierenden Personen im Gefahrengbiet
- **Planungszonen:** Als Grundlage für die Ausscheidung von Planungszonen können die Wirkungsflächen und die Einstufung der Eintretenswahrscheinlichkeiten (Abbildung 7) herangezogen werden. Es werden die folgenden Kategorien vorgeschlagen:
 - Gebiete, welche mit einer hohen Wahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeitsklasse 'sehr wahrscheinlich') von hoher und mittlerer Intensität (mit violetter und dunkel-violetter Farbe) betroffen sind (Szenarien E1, E2)
 - Gebiete, welche wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeitsklasse 'wahrscheinlich') von hoher und mittlerer Intensität (mit violetter und dunkel-violetter Farbe) betroffen sind (Szenario E3)

- Gebiete, welche möglicherweise (Wahrscheinlichkeitsklasse 'möglich') von hoher und mittlerer Intensität (mit violetter und dunkel-violetter Farbe) betroffen sind (Szenarien B, F2)
- Gebiete, welche möglicherweise von hoher und mittlerer Intensität (mit violetter und dunkel-violetter Farbe) betroffen sind, wo jedoch mit Massnahmen die Eintretenswahrscheinlichkeit deutlich reduziert werden kann (Szenario A1). Diese Gebiete sollten nicht mit einer Planungszone belegt werden.
- Gebiete, welche zwar gefährdet sind, deren Eintretenswahrscheinlichkeit jedoch sehr klein ist (Szenarien F1, A2, A3, A4). Diese Gebiete sollten nicht mit einer Planungszone belegt werden.

TEIL II - Faktenblätter Sekundärprozesse

Szenario A1 - Kleine Flutwelle aus Oeschinensee

Beschreibung

Das Flutwellen-Szenario geht von einem Aufstau des Oeschinensees als Folge eines Felssturzes von 3 Mio m³ aus, welcher die Sattelzone um etwa 2 -3 m erhöhen kann (1589 m). Das Szenario 'Kleine Flutwelle' geht von einer **Stauhöhe des Oeschinensees von +10 m** aus. Im Nachgang zum Felssturzeignis muss sich der Oeschinensee zuerst mit Wasser füllen, bis ein Überströmen oder Überschwappen der Ablagerung möglich ist.

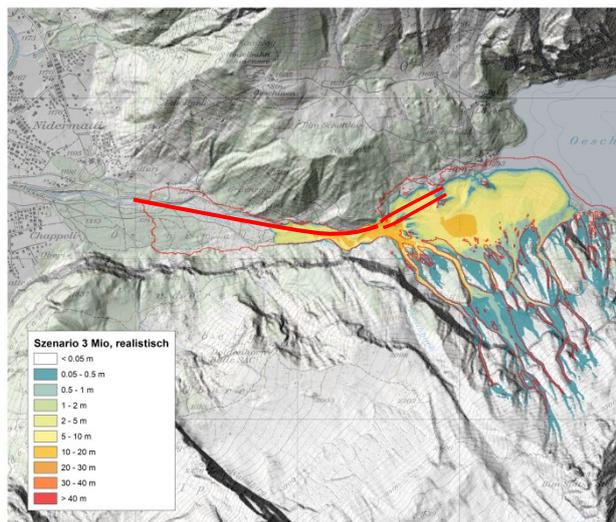
Es sind zwei Prozessabläufe möglich:

- Breschenbildung durch das rasche Ausfliessen mit progressiver Erosion als Folge eines Überströmens
- eine Flutwelle verursacht ein Überschwappen und diese wiederum eine Instabilität im Damm und einen Bruch im obersten Dammkörper

Beide Prozesse führen zu progressiver Erosion (Erosion als Folge der hohen Belastung des Gerinnebetts durch eine hohe Schubspannung). Da die Differenz des neuen zum alten Terrain nur bescheiden ist, wird davon ausgegangen, dass die Erosion nur auf das heute bestehende Terrain erfolgt (1583 m, d.h. ohne den künstlichen Damm). Damit würden ca. 5 m Wassersäule ausfliessen. Sollten allerdings sehr grosse Blöcke in der Masse sein, wäre auch ein Abplästern der Sohle auf einem höheren Niveau möglich. In jedem Fall führt dies zu einer raschen Entleerung des gestauten Wassers.

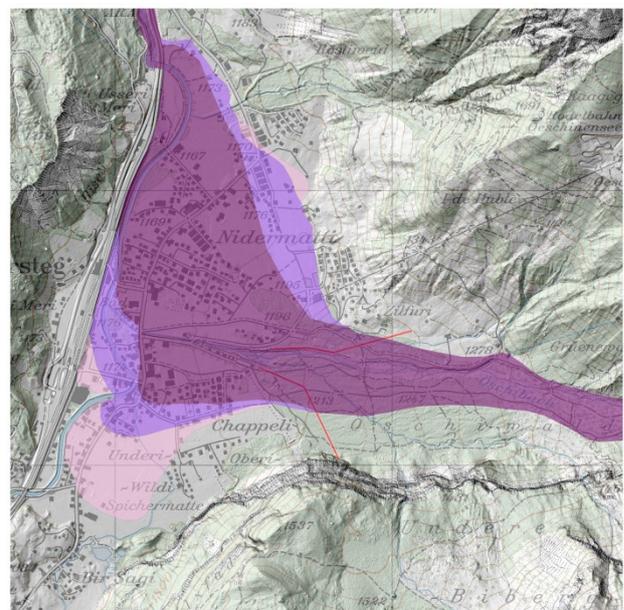
Grundsätzlich einmaliges Ereignis, welches jedoch mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit wiederholt auftreten kann.

Situation im Auslösegebiet:



Quelle: GEOTEST, Bericht 1418139 1

Situation im Wirkungsgebiet:¹



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fliessgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fliessgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fliessgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	--

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess möglich bis wahrscheinlich

Sekundärprozess wahrscheinlich

Gesamt- möglich

Wahrscheinlichkeit Die 'Füllzeit' (Aufstauen des Oeschinensees bis zur Scheitelzone 1588 m ü. M.) dauert mehrere Wochen bis wenige Monate; es ist allerdings wenig wahrscheinlich, dass sich in dieser Zeit keine neuen unterirdischen Ablaufsysteme öffnen. Durch die kurze Füllzeit könnten möglicherweise Entleerungsmassnahmen nicht zeitgerecht wirken.

¹ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenario SZ 6: Kaskaden- und Dominoeffekte, 3 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Eher kompakte Sturzablagerung im Bereich der Sattelzone. Reichweite der Sturzablagerung bis 1360 m ü. M. Ablagerungen hauptsächlich in der Sattelzone (Bereich Westufer Oeschinensee und Verflachung Holzspicher).
Höhe Seespiegel Oeschinensee	1588 m ü. M. Die Sturzablagerung verursacht einen Aufstau des Oeschinensees um 10 m, auf 1588 m ü. M.
Stauvolumen Oeschisee	13 Mio m ³
Hinweise	Die Füllung des Oeschinensees bis zur kritischen Höhe von 1588 m ü. M. erfolgt über mehrere Wochen bis wenige Monate. Die Füllung des Sees setzt voraus, dass keine unterirdische Entwässerung des Oeschinensees stattfindet.

Prozesskennwerte

Prozessart	a) Überströmen bei kontinuierlichem Seeanstieg (nach Erreichen der Scheitelhöhe) mit progressiver Erosion in der Sturzmasse. b) Flutwelle, ausgelöst durch eine grosse Lawine oder einen Felssturz aus dem Gebiet östlich des Oeschinensees in den See. c) Rückschreitende Erosion im Sturzkörper ist wenig wahrscheinlich, kann aber nicht ausgeschlossen werden.			
Ausbruchsvolumen Wasser	Stauvolumen Oeschinensee 13 Mio. m ³ ; davon fliesst rund die Hälfte ab, bis auf das heutige Terrain (ohne den kleinen künstlichen Damm). Die ausfliessende Wassermenge beträgt rund 6 Mio m ³			
Erosion in Sturzablagerung (Sattelzone)	Erosionstiefe: T _{max} = 6 m (Ø 4 m)	Erosionsbreite: B _{max} = 40 m (Ø 30 m)	Erosionsquerschnitt: Ø EQ = 120 m ²	Erosionslänge: 500 m
	Basierend auf einem mittleren Erosionsquerschnitt von 600 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 60'000 m³			
Erosion entlang Gerinne	T _{max} = 4 m	B _{max} = 30 m	Ø EQ = 120 m ²	1'800 m
	Basierend auf einem Erosionsquerschnitt von 120 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 200'000 m³ Es kann davon ausgegangen werden, dass eine verstärkte Konzentration des Abflusses im bestehenden Gerinne stattfindet, da nur beschränkte Veränderung der Topographie durch die Sturzmassen.			
Total Erosionsvolumen	260'000 m ³ ; dies entspricht einem Feststoffanteil von ca. 2%.			
Ereignisdauer	Ein einzelnes Ereignis über einige Stunden			
Spitzenabfluss	Q _{max} = 1300 m ³ /s			
Fliessgeschwindigkeit	5 - 10 m/s in steileren Abschnitten 2 - 5 m/s im Talboden			

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler, Oeschwald)	60'000 m ³
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	200'000 m ³ Das von Ablagerungen betroffene Gebiet umfasst grosse Teile von Kandersteg sowie Teile des Kandertals bis Frutigen
Betroffene Gebiete	Im Dorf Kandersteg katastrophale Flutwelle von mehreren Metern möglich.

In den engen Passagen unterhalb von Kandersteg massive Seitenerosion.
Auswirkungen bis Frutigen möglich (Überflutung und Erosionen).

Wirkung auf Kander gross
Das Gerinne der Kander wird im Abschnitt Querung Bahnhofstrasse bis ARA vollständig mit Geschiebe verfüllt. Dies führt zu einem Rückstau der Kander oberhalb des Dorfes.

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschiwald Damm wird teilweise zerstört; kein Geschieberückhalt
Damm Zilfuri Damm bietet **keinen** Rückhalt und wird grösstenteils zerstört
Sammler (GAP) vernachlässigbare Wirkung (Abfluss 1300 m³/s)

Intervention

Vorsorgliche Massnahmen Information Krisenstäbe im Kandertal
Notfallplanung, inkl. Abklärung möglicher betroffener Flächen
Vor Ereignis Beobachtung des Seespiegelanstiegs im Oeschinensee nach erfolgtem Sturzereignis;
bei starkem Anstieg: Wasserentlastung aus Oeschinensee durch bspw. Pumpen
Evakuieren Kandersteg und Teile des Kandertals
Während Ereignis ---
Nach Ereignis Folgegefahren (z.B. Böschungsnachbrüche) der Flutwelle im Abflusskorridor abklären

Szenario A2 - Mittलगrosse Flutwelle aus Oeschinensee

Beschreibung

Das Flutwellen-Szenario geht von einem Aufstau des Oeschinensees als Folge eines Bergsturzes von 8 Mio. m³ aus, dessen Ablagerung etwa bis 1600 m ü.M. reicht. Das Szenario 'Mittलगrosse Flutwelle' geht von einer **Stauhöhe des Oeschinensees von +22 m** aus. Im Nachgang zum Felssturzereignis muss sich der Oeschinensee zuerst mit Wasser füllen, bis ein Überströmen oder Überschwappen der Ablagerung möglich ist.

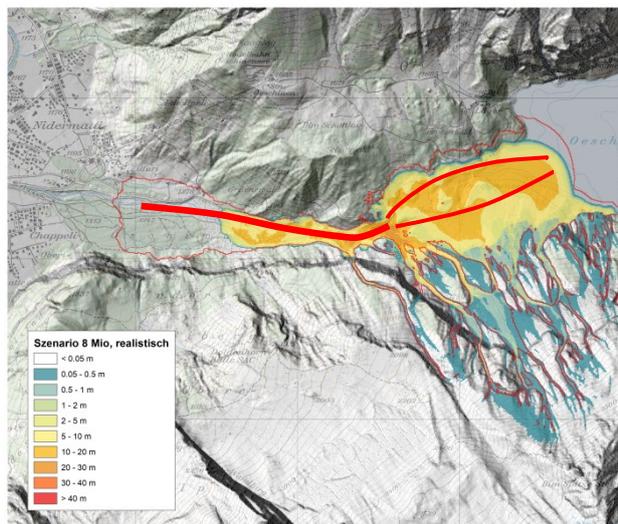
Es sind zwei Prozessabläufe möglich:

- Breschenbildung durch das rasche Ausfliessen mit progressiver Erosion als Folge eines Überströmens
- eine Flutwelle verursacht ein Überschwappen und diese wiederum eine Instabilität im Damm und einen Bruch im obersten Dammkörper

Beide Prozesse führen zu progressiver Erosion (Erosion als Folge der hohen Belastung des Gerinnebetts durch eine hohe Schubspannung). Dabei werden auch grosse Blöcke bewegt. Da die neuen Ablagerungen feinkörniger sind als die Ablagerung des prähistorischen Bergsturzes, könnte die Bresche bis auf das Niveau von 1578 m erodiert werden; sollten allerdings sehr grosse Blöcke in der Masse sein, wäre auch ein Abpflästern der Sohle auf einem höheren Niveau möglich. In jedem Fall führt dies zu einer raschen Entleerung des gestauten Wassers.

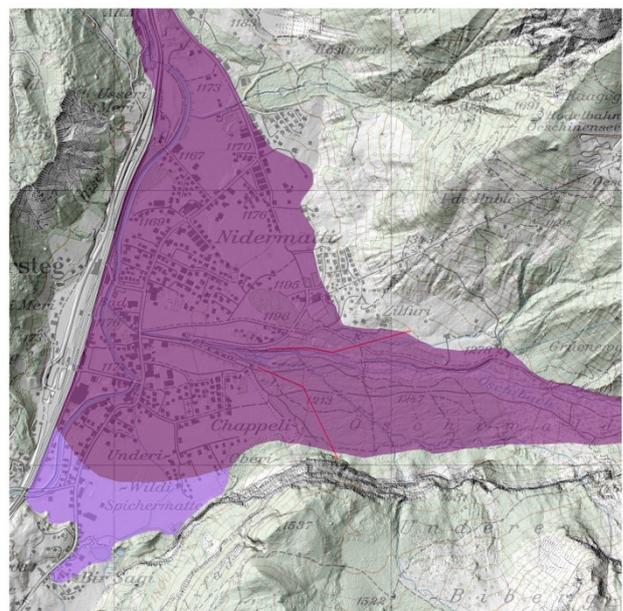
Grundsätzlich einmaliges Ereignis, welches jedoch mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit wiederholt auftreten kann.

Situation im Auslösegebiet:



Quelle: GEOTEST, Bericht 1418139 1

Situation im Wirkungsgebiet:²



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fliessgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fliessgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fliessgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
---	---	---

² Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	möglich bis wahrscheinlich
Sekundärprozess	möglich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	wenig wahrscheinlich Die 'Füllzeit' (Aufstauen des Oeschinensees bis zur Scheitelzone) dauert ca. 1/2 Jahr; es ist wenig wahrscheinlich, dass sich in dieser Zeit keine neuen unterirdischen Ablaufsysteme öffnen, bzw. Entleerungsmassnahmen ergriffen werden. Damit wird das Auffüllen des Sees bis zur Scheitelzone praktisch unmöglich.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenario SZ 7: Bergsturz mit einem Volumen von mehreren Millionen Kubikmetern Festgestein, 8 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Langgezogene Sturzablagerung vom Oeschinensee bis hinunter auf 1300 m ü. M. Mächtigste Ablagerungen im Bereich der Einmündung des Chalberspissibaches und des Staubbachs.
Höhe Seespiegel Oeschinensee	1600 m ü. M. Die Sturzablagerung verursacht einen Aufstau des Oeschinensees um rund 22 m, auf 1600 m ü. M.
Stauvolumen Oeschisee	26 Mio m ³ Wasser
Hinweise	Die Füllung des Oeschinensees bis zur kritischen Höhe von 1598 m ü. M. erfolgt über mehrere Monate. Die Füllung des Sees setzt voraus, dass keine unterirdische Entwässerung des Oeschinensees stattfindet.

Prozesskennwerte

Prozessart	<ul style="list-style-type: none"> a) Überströmen bei kontinuierlichem Seeanstieg (nach Erreichen der Scheitelhöhe) mit progressiver Erosion in der Sturzmasse. b) Flutwelle, ausgelöst durch eine grosse Lawine oder einen Felssturz aus dem Gebiet östlich des Oeschinensees in den See. c) Rückschreitende Erosion im Sturzkörper, welche bis zum Scheitelpunkt reicht und einen lokalen Kollaps des Dammes verursacht. 			
Ausbruchsvolumen Wasser	26 Mio m ³			
Erosion in Sturzablagerung (Sattelzone)	Erosionstiefe: T _{max} = 15 m	Erosionsbreite: B _{max} = 80 m (Ø 40 m)	Erosionsquerschnitt: Ø EQ = 600 m ²	Erosionslänge: 950 m
	Basierend auf einem mittleren Erosionsquerschnitt von 600 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 600'000 m³			
Erosion entlang Gerinne	T _{max} = 10 m	B _{max} = 50 m	Ø EQ = 500 m ²	1'800 m
	Basierend auf einem Erosionsquerschnitt von 500 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 900'000 m³			
Total Erosionsvolumen	1'500'000 m ³ ; dies entspricht einem Feststoffanteil von ca. 6%.			
Ereignisdauer	Ein einzelnes Ereignis über einige Stunden			
Spitzenabfluss	Q _{max} = 3'500 m ³ /s			
Fliessgeschwindigkeit	5 - 10 m/s in steileren Abschnitten 2 - 5 m/s im Talboden			

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler, Oeschiwald)	200'000 m ³
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	1'300'000 m ³
Betroffene Gebiete	Im Dorf Kandersteg katastrophale Flutwelle von mehreren Metern möglich (analog A1). In den engen Passagen unterhalb von Kandersteg massive Seitenerosion. Auswirkungen bis über Frutigen hinaus möglich.
Wirkung auf Kander	gross Das Gerinne der Kander wird im Abschnitt Bütschelstrasse bis ARA vollständig mit Geschiebe verfüllt. Dies führt zu einem Rückstau der Kander oberhalb des Dorfes.

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschiwald	Damm bietet keinen zusätzlichen Schutz , da zerstört
Damm Zilfuri	Damm bietet keinen zusätzlichen Schutz , da zerstört
Sammler (GAP)	Vernachlässigbare Wirkung

Intervention

Vorsorgliche Massnahmen	Information Krisenstäbe im Kandertal Notfallplanung, inkl. Abklärung möglicher betroffener Flächen
Vor Ereignis	Beobachtung des Seespiegelanstiegs im Oeschinensee nach erfolgtem Sturzereignis; bei starkem Anstieg: Wasserentlastung aus Oeschinensee durch bspw. Pumpen Evakuieren Kandersteg und Teile des Kandertals
Während Ereignis	---
Nach Ereignis	Folgegefahren (z.B. Böschungsnachbrüche) der Flutwelle im Abflusskorridor abklären

Szenario A3- Grosse Flutwelle aus Oeschinensee

Beschreibung

Das Flutwellen-Szenario geht von einem Aufstau des Oeschinensees als Folge eines Bergsturzes von 20 Mio. m³ aus, dessen Ablagerung etwa bis 1612 m ü.M. reicht. Das Szenario 'Grosse Flutwelle' geht von einer **Stauhöhe des Oeschinensees von +34 m** aus. Im Nachgang zum Felssturzereignis muss sich der Oeschinensee zuerst mit Wasser füllen, bis ein Überströmen oder Überschwappen der Ablagerung möglich ist.

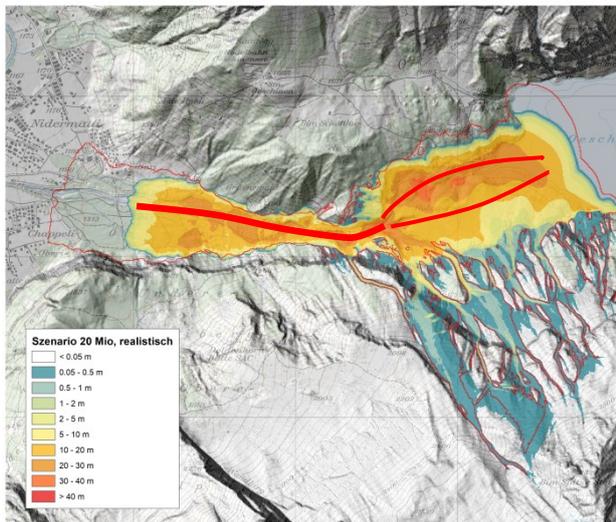
Es sind zwei Prozessabläufe möglich:

- Breschenbildung durch das rasche Ausfliessen mit progressiver Erosion als Folge eines Überströmens
- Eine Flutwelle verursacht ein Überschwappen und diese wiederum eine Instabilität im Damm und einen Bruch im obersten Dammkörper

Beide Prozesse führen zu progressiver Erosion (Erosion als Folge der hohen Belastung des Gerinnebetts durch eine hohe Schubspannung). Dabei werden auch grosse Blöcke bewegt. Da die neuen Ablagerungen feinkörniger sind als die Ablagerung des prähistorischen Bergsturzes, könnte die Bresche bis auf das Niveau von 1578 m erodiert werden; sollten allerdings sehr grosse Blöcke in der Masse sein, wäre auch ein Abplättern der Sohle auf einem höheren Niveau möglich. In jedem Fall führt dies zu einer raschen Entleerung des gestauten Wassers.

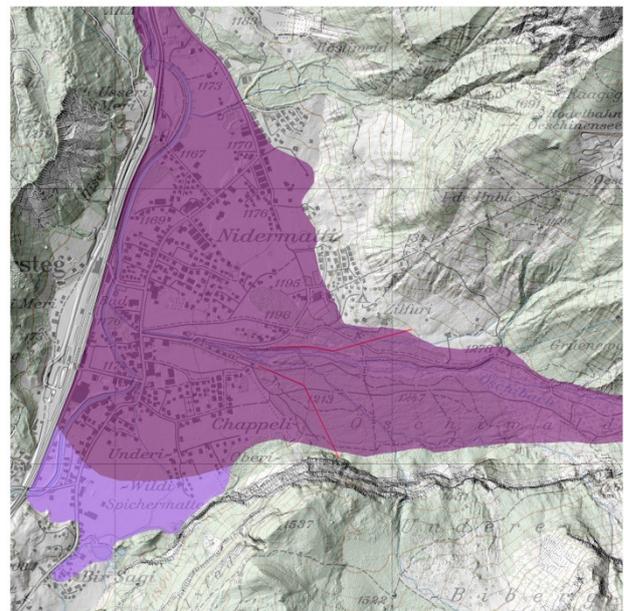
Einmaliges Ereignis, welches abhängig ist von der Grösse des Sturzereignisses.

Situation im Auslösegebiet:



Quelle: GEOTEST, Bericht 1418139 1

Situation im Wirkungsgebiet:³



Legende:

	Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört		Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt		Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude
--	--	--	--	--	--

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess unwahrscheinlich

Sekundärprozess möglich

Gesamt- wenig wahrscheinlich

Wahrscheinlichkeit

Die 'Füllzeit' (Aufstauen des Oeschinensees bis zur Scheitelzone) dauert rund 1 Jahr; es ist wenig wahrscheinlich, dass sich in dieser Zeit keine neuen unterirdischen Ablaufsysteme öffnen, bzw. Entleerungsmassnahmen ergriffen werden. Damit wird das Auffüllen des Sees bis zur Scheitelzone praktisch unmöglich.

³ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Scenario SZ 8: Totalabsturz (tiefliegende Gleitfläche), 20 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Langgezogene Sturzablagerung vom Oeschinensee bis hinunter auf 1230 m ü. M. Mächtigste Ablagerungen in der Sattelzone (Bereich Westufer Oeschinensee und Verflachung Holzspicher) und im Bereich der Einmündung des Chalberrspissibaches.
Höhe Seespiegel Oeschinensee	1612 m ü. M. Die Sturzablagerung verursacht einen Aufstau des Oeschinensees um 34 m, auf 1612 m ü. M.
Stauvolumen Oeschisee	44 Mio m ³ Wasser
Hinweise	Die Füllung des Oeschinensees bis zur kritischen Höhe von 1610 m ü. M. erfolgt über mehrere Monate bis zu einem Jahr. Die Füllung des Sees setzt voraus, dass keine unterirdische Entwässerung des Oeschinensees stattfindet.

Prozesskennwerte

Prozessart	a) Überströmen bei kontinuierlichem Seeanstieg (nach Erreichen der Scheitelhöhe) mit progressiver Erosion in der Sturzmasse. b) Flutwelle, ausgelöst durch eine grosse Lawine oder einen Felssturz aus dem Gebiet östlich des Oeschinensees in den See. Es wird angenommen, dass eine rückschreitende Erosion aufgrund der langgezogenen Sturzablagerung nicht auftreten kann.			
Ausbruchsvolumen Wasser	40 Mio m ³			
Erosion in Sturzablagerung (Sattelzone)	Erosionstiefe: T _{max} = 30 m	Erosionsbreite: B _{max} = 200 m	Erosionsquerschnitt: ∅ EQ = 2'000 m ²	Erosionslänge: 1'000 m
	Basierend auf einem mittleren Erosionsquerschnitt von 2'000 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 2'200'000 m³ in der primären Ablagerung			
Erosion entlang Gerinne	T _{max} = 10 m	B _{max} = 50 m	∅ EQ = 500 m ²	1'800 m
	Basierend auf einem Erosionsquerschnitt von 500 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 900'000 m³			
Total Erosionsvolumen	3'100'000 m ³ ; dies entspricht einem Feststoffanteil von ca. 8%.			
Ereignisdauer	Ein einzelnes Ereignis über einige Stunden, Total 3.1 Mio m ³			
Spitzenabfluss	Q _{max} = 4'500 m ³ /s			
Fliessgeschwindigkeit	5 - 10 m/s in steileren Abschnitten 2 - 5 m/s im Talboden			

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler, Oeschwald)	200'000 m ³
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	2'900'000 m ³ Davon werden mindestens 1/4 in unterliegende Gebiete (Kandertal) weiterverfrachtet.
Betroffene Gebiete	Das betroffene Gebiet umfasst praktisch das ganze Dorfgebiet von Kandersteg sowie das ganze Kandertal, inkl. Frutigen und hat Auswirkungen bis in den Thunersee (Anstieg des Thunersees deutlich mehr als ein halber Meter innert 1 Tag). In den engen Passagen unterhalb von Kandersteg massive Seitenerosion. Im Dorf Kandersteg katastrophale Flutwelle von mehreren Metern möglich.

Wirkung auf Kander gross
 Das Gerinne der Kander wird im Abschnitt Bütschelstrasse bis ARA vollständig mit Geschiebe verfüllt. Dies führt zu einem Rückstau der Kander oberhalb des Dorfes.

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschiwald Damm bietet **keinen** Rückhalt und wird zerstört
Damm Zilfuri Damm bietet **keinen** Rückhalt und wird zerstört
Sammler (GAP) Vernachlässigbare Wirkung

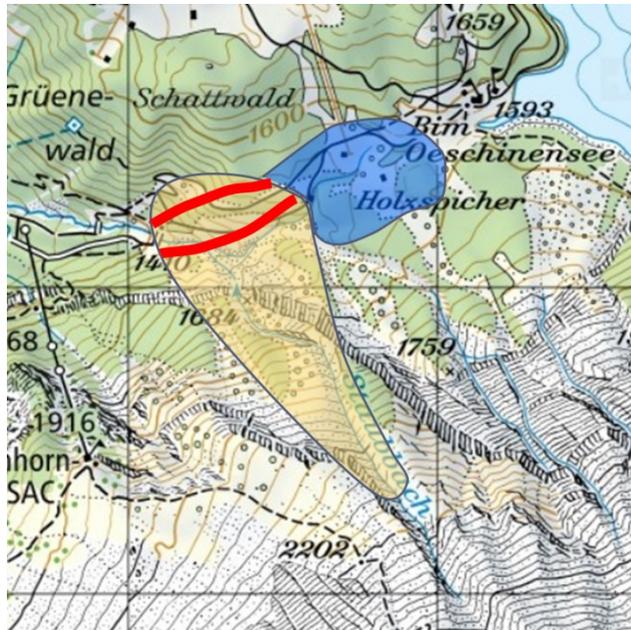
Intervention

Vorsorgliche Massnahmen Information Krisenstäbe im Kandertal
 Notfallplanung, inkl. Abklärung möglicher betroffener Flächen
Vor Ereignis Beobachtung des Seespiegelanstiegs im Oeschinensee nach erfolgtem Sturzereignis;
 bei starkem Anstieg: Wasserentlastung aus Oeschinensee durch bspw. Pumpen
 Evakuieren Kandersteg und Teile des Kandertals
Während Ereignis ---
Nach Ereignis Folgegefahren (z.B. Böschungsnachbrüche) der Flutwelle im Abflusskorridor abklären

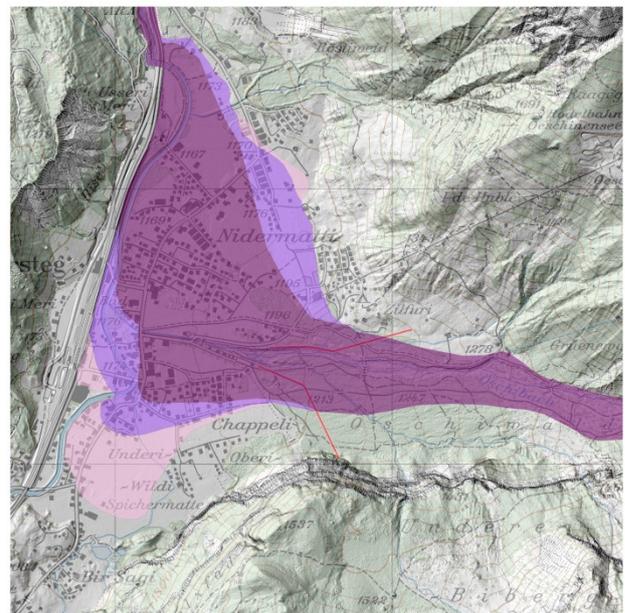
Szenario A4 - Flutwelle aus neu entstandenem 'Holzspichersee'

Beschreibung Das Szenario 'Flutwelle Holzspichersee' verhält sich analog den Flutwellen-Szenarien. Es setzt eine Seebildung im Bereich der Verflachung bei Holzspicher voraus. Eine solche ist nur bei einer Felssturzablagerung unterhalb von Holzspicher möglich, welche sich durch die Mulde des Staubbaches ereignen müsste.

Situation im Auslösegebiet:



Situation im Wirkungsgebiet:⁴



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	--

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	unwahrscheinlich
Sekundärprozess	wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	wenig wahrscheinlich
	Die Bildung eines Sees auf der Verflachung bei Holzspicher erfordert eine kompakte, wenig langgezogene Sturzablagerung im Gebiet unterhalb Holzspicher. Eine solche Ablagerung kann sich nur bilden, wenn ein Felssturz durch die Mulde des Staubbaches abstürzt. Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ablaufs wird als sehr gering erachtet. Sturz- und Rutschprozesse in Richtung Staubbach werden im Moment ausgeschlossen.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Grundlage bildet das Szenario SZ 6: Kaskaden- und Dominoeffekte, 3 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST), wobei sich die Sturzablagerung auf den Bereich unterhalb der Verflachung Holzspicher beschränkt.
Form und Lage Sturzmasse	Eher kompakte Sturzablagerung unterhalb der Verflachung Holzspicher.
Stauvolumen See	3 Mio m ³ Wasser
Hinweise	Das Auffüllen des neuen Sees ist abhängig von der Wasserführung des Oeschi- und des Chalberspissibachs und dürfte je nach Jahreszeit und Niederschlagsverlauf mehrere Wochen bis Monate dauern.

⁴ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Prozesskennwerte

Prozessart	Dammbruch mit anschliessender Flutwelle aufgrund rückschreitender Erosion.			
Ausbruchsvolumen Wasser	3 Mio m ³			
Erosion in Sturzablagerung (Sattelzone)	Erosionstiefe: T _{max} = 12 m	Erosionsbreite: B _{max} = 90 m (Ø 50 m)	Erosionsquerschnitt: Ø EQ = 600 m ²	Erosionslänge: 500 m
	Basierend auf einem mittleren Erosionsquerschnitt von 600 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 300'000 m³			
Erosion entlang Gerinne	T _{max} = 5 m	B _{max} = 50 m	Ø EQ = 250 m ²	800 m
	Basierend auf einem Erosionsquerschnitt von 250 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 200'000 m³			
Total Erosionsvolumen	500'000 m ³ ; dies entspricht einem Feststoffanteil von ca. 16% (hyper-concentrated flow)			
Ereignisdauer	Ein einzelnes Ereignis über wenige Stunden			
Spitzenabfluss	Q _{max} = 1'000 m ³ /s			
Fliessgeschwindigkeit	5 - 10 m/s in steileren Abschnitten 2 - 5 m/s im Talboden			

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler, Oeschiwald)	200'000 m ³
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	300'000 m ³ Das durch Ablagerungen betroffene Gebiet umfasst grosse Teile von Kandersteg sowie Teile des Kandertals bis Frutigen
Betroffene Gebiete	Im Dorf Kandersteg katastrophale Flutwelle (Abfluss mit hoher Geschiebekonzentration) von mehreren Metern möglich. In den engen Passagen unterhalb Kandersteg massive Seitenerosion. Auswirkungen bis Frutigen möglich.
Wirkung auf Kander	gross Das Gerinne der Kander wird im Abschnitt Querung Bahnhofstrasse bis ARA vollständig mit Geschiebe verfüllt. Dies führt zu einem Rückstau der Kander oberhalb des Dorfes.

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschiwald	Damm wird teilweise zerstört; kein Geschieberückhalt
Damm Zilfuri	Damm bietet keinen Rückhalt und wird grösstenteils zerstört
Sammler (GAP)	vernachlässigbare Wirkung (Abfluss 1'000 m ³ /s)

Intervention

Vorsorgliche Massnahmen	Information Krisenstäbe im Kandertal Notfallplanung, inkl. Abklärung möglicher betroffener Flächen
Vor Ereignis	Beobachtung des Seespiegelanstiegs im neu entstandenen See nach erfolgtem Sturzereignis; bei starkem Anstieg: Wasserentlastung durch bspw. Pumpen Evakuieren Kandersteg und Teile des Kandertals
Während Ereignis	---
Nach Ereignis	Folgegefahren (z.B. Böschungsnachbrüche) der Flutwelle im Abflusskorridor abklären

Szenario B - Rückschreitende Erosion in Sturzmasse

Beschreibung

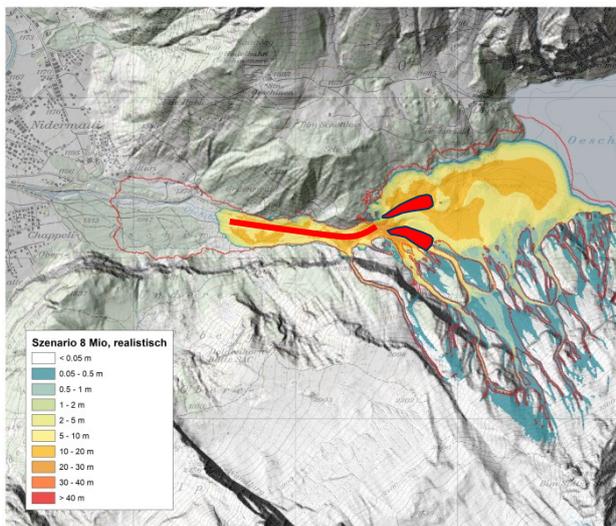
Als Folge von lang andauernden Niederschlägen, einer beträchtlichen Wasserzufuhr durch das Gerinnesystem von weiter oben und allenfalls zusätzlich durch Sickerwasser aus dem Oeschinensee (alte und neue unterirdische Wasserläufe) erfolgen Instabilitäten auf der talwärts gerichteten Seite des natürlichen Dammes. Voraussetzung für solche Instabilitäten sind ein beträchtlicher Anteil an feinem Material und grössere interne Wasserzuflüsse (Sättigung eines grösseren Volumens).

Die Erosion beginnt an der Basis und setzt sich aufwärts mit sukzessivem Kollaps von kleineren und grösseren Volumen fort. Dadurch können auch grosse Komponenten bewegt werden. Die einzelnen Volumina können als Murgang abfliessen. Bei einer fortschreitenden Entwicklung dieser rückschreitenden Erosion kann es allenfalls zu einem vollständigen Dambruch und Flutwelle kommen (siehe Szenario A).

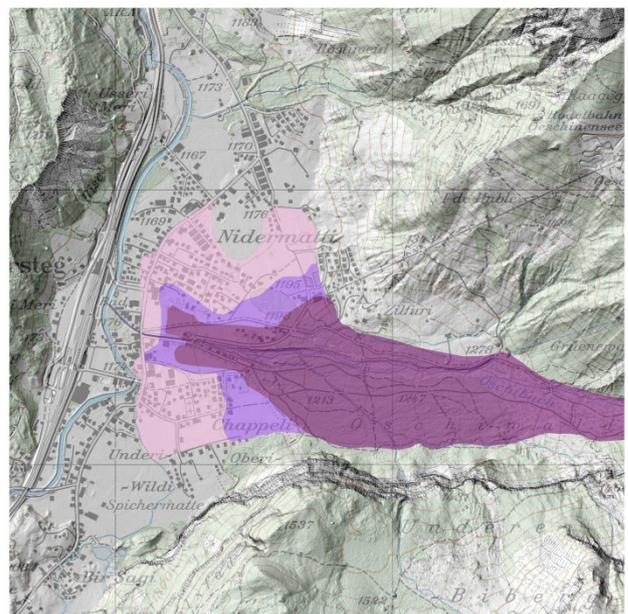
Szenario B kann schon vor dem vollständigen Füllen des Oeschinensees auftreten.

Mehrfaches Auftreten möglich, aber wenig wahrscheinlich.

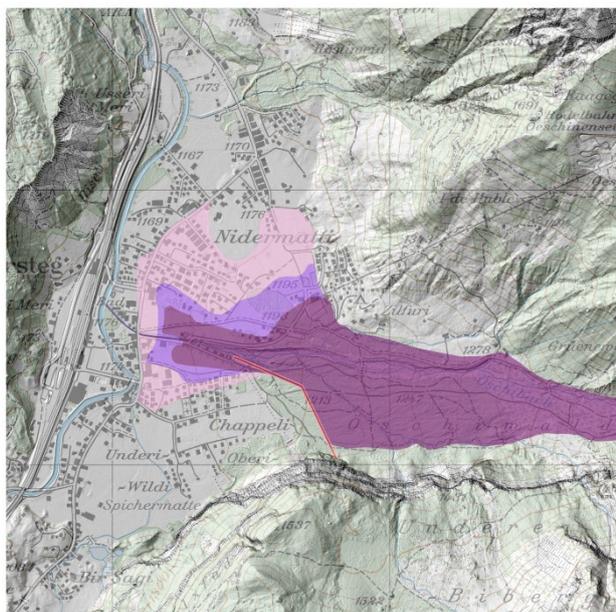
Situation im Auslösegebiet:



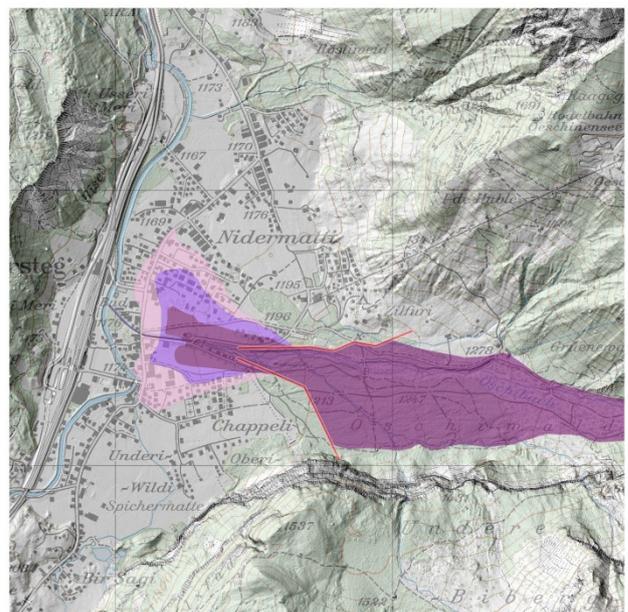
Situation im Wirkungsgebiet:⁵ ohne Dämme



Damm Oeschwald besteht:



Dämme Oeschwald und Zilfuri bestehen:



⁵ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s</p> <p>Grösste transportierte Blöcke > 1 m</p> <p>Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s</p> <p>Grösste transportierte Blöcke < 1 m</p> <p>Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s</p> <p>Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	---

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	möglich bis wahrscheinlich
Sekundärprozess	wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	möglich Die Wahrscheinlichkeit des Szenarios ist abhängig vom Vorhandensein steiler Flanken in der Felssturzaflagerung. Diese Voraussetzung ist beim Sturzscenario 7 gegeben, da der langgezogene Teil der Ablagerung verhältnismässig geringmächtig ist.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenario SZ 7: Bergsturz mit einem Volumen von mehreren Millionen Kubikmetern Festgestein, 8 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Mächtigste Ablagerungen beschränken sich auf den Bereich der Einmündung des Chalberspissibaches und des Staubbachs. Langgezogene Sturzaflagerung vom Oeschinensee bis hinunter auf 1300 m ü. M.

Prozesskennwerte

Prozessart	Rückreitende Erosion durch Sickerwasser oder seitliche Wasserzufuhr bei langandauernden Niederschlägen			
Erosion in Sturzaflagerung (Sattelzone)	Erosionstiefe: T _{max} = 10 m (Ø 5 m)	Erosionsbreite: B _{max} = 120 m (Ø 70m)	Erosionsquerschnitt: Ø EQ = 350 m ²	Erosionslänge: 300 m
	Es sind 2 Anrissbereiche möglich, wobei nur 1 Anriss pro Ereignis angenommen wird. Erosionsvolumen von 105'000 m³			
Erosion entlang Gerinne	T _{max} = 5 m (Ø 4 m)	B _{max} = 20 m (Ø 12 m)	Ø EQ = 50 m ²	1'000 m (bis Kote 1300 m)
	Basierend auf einem mittleren Erosionsquerschnitt von 50 m ² ergibt sich ein Erosionsvolumen von 50'000 m³			
Total Erosionsvolumen	155'000 m ³			
Ereignisdauer	Mehrere Murgang-Schübe, relativ zähflüssig, Ablagerungen bereits oberhalb des LWK (1277 m ü. M.) beginnend.			
Spitzenabfluss	Q _{max} = 450 m ³ /s			
Fließgeschwindigkeit	3 - 6 m/s			

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler und Oeschwald)	100'000 m ³ zähflüssige Murgänge führen zu einer starken Veränderung der Topographie im GAP und oberhalb
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	50'000 m ³
Betroffene Gebiete	In den gerinnenahen Bereichen Ablagerungen von mehr als 2 m Mächtigkeit. Die Reichweite ist abhängig von der Rauigkeit des Untergrundes. Im Wald rechts (Seite Talstation) besteht eine höhere Rauigkeit und somit eine stärkere Tendenz zu Ablagerung und grösseren Ablagerungsmächtigkeiten. Auf den Wiesen ist die Rauigkeit gering und die Fliesswege länger. Ohne Zilfuri-Damm fliessen Wasser und Sediment primär Richtung Nidermatti, vor allem in nachfolgenden Ereignissen.
Wirkung auf Kander	gering Der Geschiebeeintrag beschränkt sich auf den Mündungsbereich. Die Transportkapazität des Oeschibachs im Abschnitt GAP bis Dorfstrassenquerung ist massgebend für die eingetragene Geschiebemenge. Aufgrund des eher zähflüssigen Fliessprozesses wird nur wenig Geschiebe durch den Oeschibach in die Kander eingetragen. Die Geschiebemenge dürfte vermutlich zu gering sein um einen relevanten Rückstau der Kander zu verursachen. Angaben dazu finden sich im Teilbericht Kander (in Bearbeitung).

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschwald	Damm besteht und hält
Damm Zilfuri	Damm besteht und hält
Sammler (GAP)	Sammler wirkt und hält zw. 50'000 und 100'000 m ³ zurück

Intervention

Vor Ereignis	Bildung neuer Wasserquellen beobachten. Quellen liefern einen Hinweis auf die Entwicklung kritischer Situationen (Auslösung von Murgängen). Szenario B kann sich in Richtung Szenario A entwickeln. Als Massnahme bietet sich nebst der Beobachtung eine Wasserentlastung aus dem Oeschinensee durch bspw. Pumpen an. Es gelten die gleichen Empfehlungen wie bei Szenario A.
Während Ereignis	---
Nach Ereignis	Sammler leeren

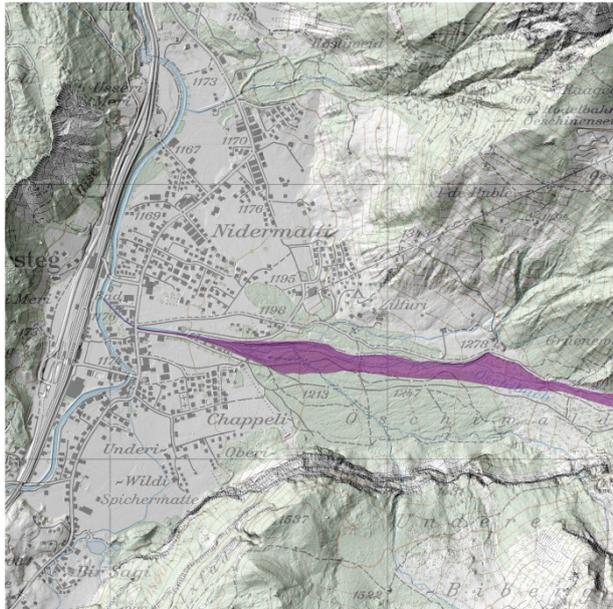
Szenario E1 - Gerinneprozesse in Hochwasser-armem Jahren

Beschreibung Die Gerinne des Chalberspissibachs und des oberen Teils des Oeschinenbachs werden wiederholt durch einzelne Stürze aufgefüllt. Während Gewitter oder langandauernden Niederschlägen können in diesen Abschnitten Murgänge entstehen.

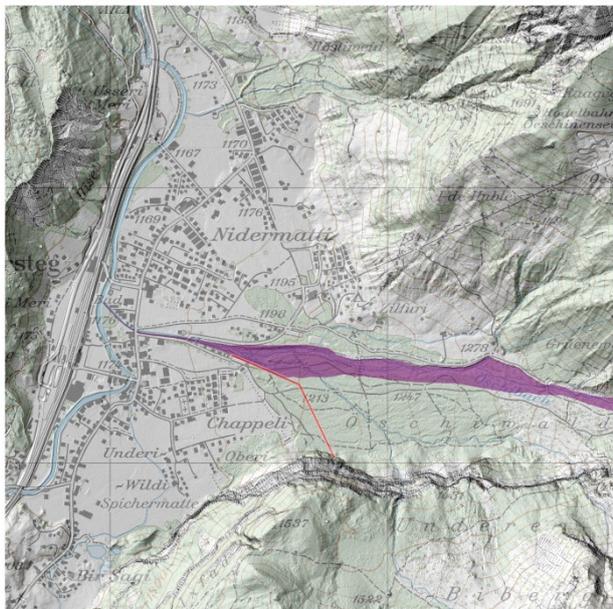
Das Szenario 'Gerinneprozesse in Hochwasser-armen Jahren' geht von einer geringen Hochwasser-Aktivität mit wenigen und kleinen Hochwasserereignissen aus.

Wiederkehrende Ereignisse, welche abhängig von der Verfügbarkeit von Lockermaterial im Gerinne sind.

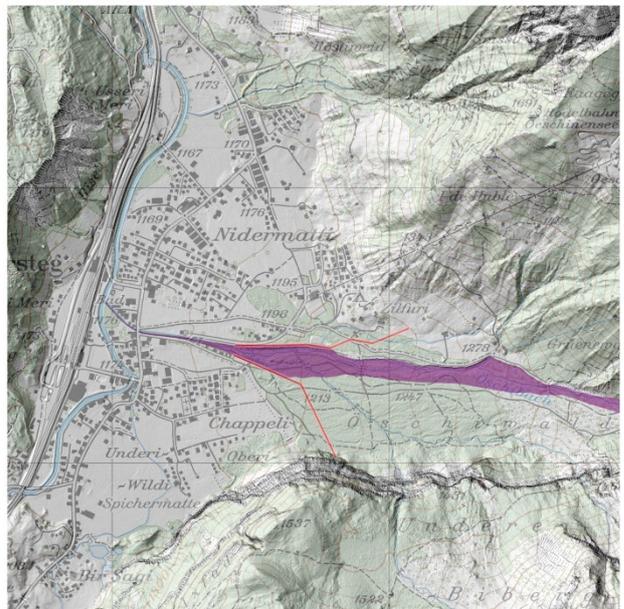
Situation im Wirkungsgebiet:⁶
ohne Dämme:



Damm Oeschwald besteht:



Dämme Oeschwald und Zifuri bestehen:



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	--

⁶ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	sehr wahrscheinlich
Sekundärprozess	sehr wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	sehr wahrscheinlich Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten 10 Jahren 2 Hochwasser-arme Jahre auftreten (neben 2 HW-reichen und 6 "normalen" Jahren), jedoch keine extremen (z.B. 100-jährliche Ereignisse). Das Auftreten eines hochwasser-armen Jahres hat somit eine Wahrscheinlichkeit von 10 - 20% pro Jahr.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenarien 1 - 4 mit rund 200'000 - 1 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Ablagerung hauptsächlich unterhalb der Felswand und im Gerinne des Chalberspissibachs

Prozesskennwerte

Prozessart	Fluvialer Geschiebetransport im Gerinne <u>Voraussetzung:</u> wiederholte Stürze von wenigen 100'000 m ³ , wovon ein grosser Teil der Sturzablagerung nicht direkt mobilisiert werden kann.		
Erosion Gerinne (Chalberspissi- und Oeschinenbach)	Länge Gerinne: 2'000 m	Erosionsquerschnitt: ∅ EQ = 5 m ²	Erosionsvolumen pro Jahr 8'000 - 10'000 m ³
Ereignisdauer	jeweils wenige Stunden		
Spitzenabfluss	Q _{max} = 10 m ³ /s		
Fliessgeschwindigkeit	In den steilen Abschnitten 3 - 5 m/s, im Talboden < 3 m/s		
Hinweise	Ereignisse laufen im Gerinne ab, Geschiebeentnahmen während des Ereignisses sind nicht notwendig.		

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler und Oeschwald)	6'500 m ³ Der vergrösserte Ablagerungsraum vermag das Geschiebe weitgehend zu fassen, so dass keine Ausuferungen auftreten. Die Dämme werden nicht belastet. Der Weitertransport von primär feinerem Material erfolgt durch das bestehende Gerinne.
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	---
Betroffene Gebiete	keine Ausuferungen
Wirkung auf Kander	gering Der Geschiebeeintrag beschränkt sich auf den Mündungsbereich. Die Transportkapazität des Oeschibachs im Abschnitt GAP bis Dorfstrassenquerung ist massgebend für die eingetragene Geschiebemenge. Die Geschiebemenge dürfte vermutlich zu gering sein um einen relevanten Rückstau der Kander zu verursachen. Angaben dazu finden sich im Teilbericht Kander (in Bearbeitung).

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschwald	Damm besteht und hält
Damm Zilfuri	Damm besteht und hält
Sammler (GAP)	Sammler wirkt

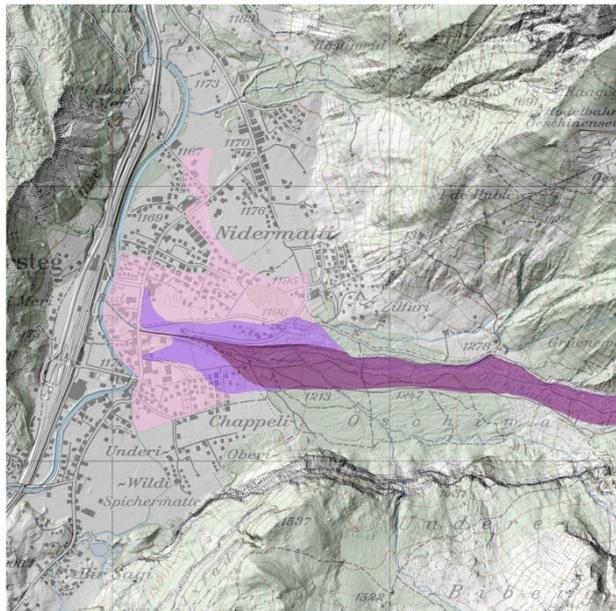
Intervention

Vor Ereignis	Freihalten des Sammlers
Während Ereignis	evtl. Baggern im Sammler und bei der Einmündung in die Kander
Nach Ereignis	Freiräumen des Sammlers

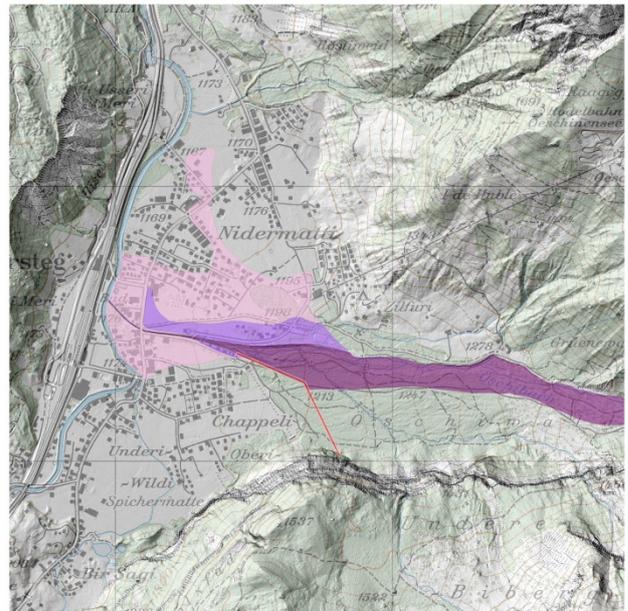
Szenario E2 - Gerinneprozesse in 'normalem' Hochwasser-Jahr

Beschreibung Die Gerinne des Chalberspissibachs und des oberen Teils des Oeschinenbachs werden wiederholt durch einzelne Stürze aufgefüllt. Während Gewitter oder langandauernden Niederschlägen können in diesen Abschnitten Murgänge entstehen.
 Das Szenario 'Gerinneprozesse in normalen Hochwasser-Jahren' geht von einer Hochwasser-Aktivität mit einigen mittelgrossen Hochwasserereignissen aus.
 Wiederkehrende Ereignisse, welche abhängig von der Verfügbarkeit von Lockermaterial im Gerinne sind.

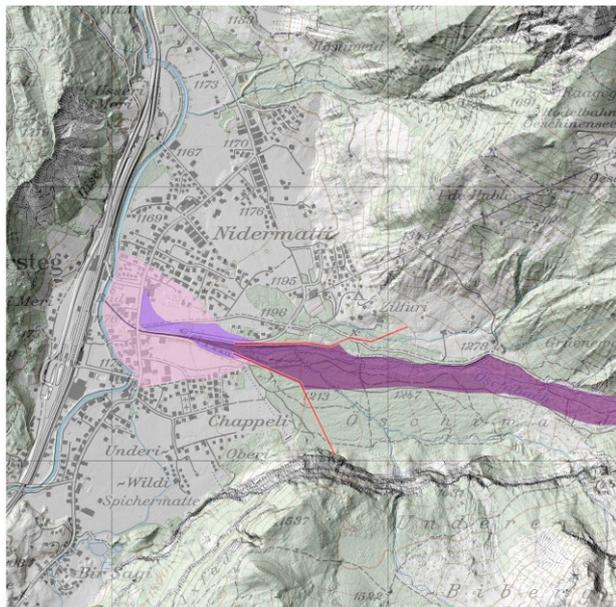
Situation im Wirkungsgebiet (ohne Baggerungen!):⁷
 ohne Dämme:



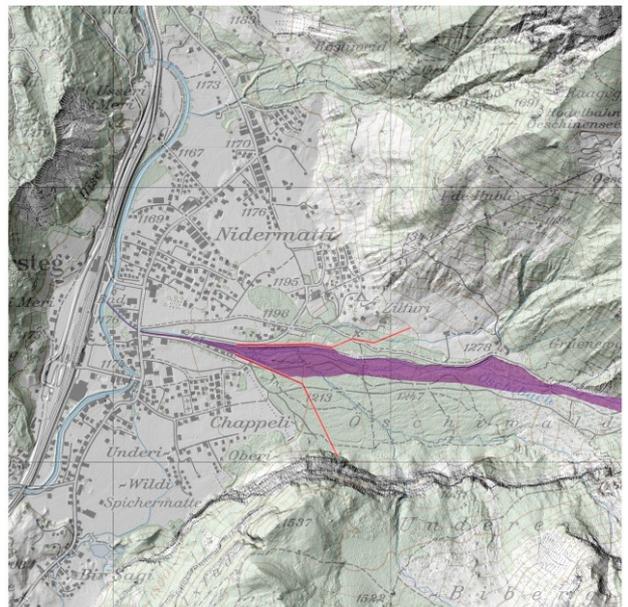
Damm Oeschiwald besteht:



Dämme Oeschiwald und Zilfuri bestehen:



Beide Dämme bestehen, Baggern zwischen Ereignissen:



Legende:

- | | | |
|---|--|--|
| <p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s
 Grösste transportierte Blöcke > 1 m
 Gebäude werden zerstört</p> | <p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s
 Grösste transportierte Blöcke < 1 m
 Gebäude werden beschädigt</p> | <p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s
 Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p> |
|---|--|--|

⁷ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	sehr wahrscheinlich
Sekundärprozess	sehr wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	sehr wahrscheinlich Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten 10 Jahren 6 "normale" Jahre auftreten (neben 2 Hochwasser-armen und 2 Hochwasser-reichen Jahren), jedoch keine extremen (z.B. 100-jährliche Ereignisse). Das Auftreten eines "normalen" Jahres hat somit eine Wahrscheinlichkeit von rund 60% pro Jahr.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenarien 1 - 4 mit rund 200'000 - 1 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Ablagerung hauptsächlich unterhalb der Felswand und im Gerinne des Chalberspissibachs

Prozesskennwerte

Prozessart	Murgangereignisse im Gerinne und fluvialer Geschiebetransport		
Erosion Gerinne (Chalberspissi- und Oeschinenbach)	Länge Gerinne: 2'000 m	Erosionsquerschnitt: ∅ EQ = 5 - 10 m ²	Erosionsvolumen pro Jahr 40'000 m ³
	<u>Voraussetzung:</u> wiederholte Stürze von wenigen 100'000 m ³ , wovon ein grösserer Teil dieser Sturzablagerung nicht durch Gerinnemurgänge direkt mobilisiert werden kann.		
	<u>Annahme:</u> 2 Ereignisse à ca. 15'000 m ³ (Murgang) und 1 Ereignis à ca. 10'000 m ³ (fluvial)		
Ereignisdauer	jeweils wenige Stunden		
Spitzenabfluss	Q _{max} = 250 m ³ /s		
Fliessgeschwindigkeit	In den steilen Abschnitten 4 - 6 m/s, im Talboden 2 - 4 m/s		

Wirkungsraum

Auswirkungen, wenn die Leerung des Ablagerungsraums nicht möglich ist (oder nicht ausgeführt wird):

Ablagerungsvolumen (Sammler und Oeschwald)	27'000 m ³ gelangen mit 2 Murgängen in den Ablagerungsraum 8'000 m ³ werden fluvial in den Ablagerungsraum transportiert
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	5'000 m ³ fliessen weiter und landen das Gerinne auf sofern zwischenzeitlich nicht gebaggert wird.
Betroffene Gebiete	Ausuferungen treten primär rechtsufrig auf und beschränken sich auf die gerinnenahen Bereiche. Material wird über die bestehenden Tiefenlinien bis zur Kander transportiert. Dabei betragen die Ablagerungsmächtigkeiten weniger als 1 m und die Fliesstiefen sind kleiner als 0.5 m.

Auswirkungen, wenn Ablagerungsraums geleert wird:

Die Kapazität des Sammlers ist genügend gross um das Geschiebe von 2 Ereignissen zurückzuhalten. Es wird davon ausgegangen, dass es nicht zu Ausuferungen kommt. Der Oeschibach und die Kander können die 5'000 m³ bewältigen

Wirkung auf Kander	gering Der Geschiebeeintrag beschränkt sich auf den Mündungsbereich. Die Transportkapazität des Oeschibachs im Abschnitt GAP bis Dorfstrassenquerung ist massgebend für die eingetragene Geschiebemenge. Die Geschiebemenge dürfte vermutlich zu gering sein um einen relevanten Rückstau der Kander zu verursachen. Angaben dazu finden sich im Teilbericht Kander (in Bearbeitung).
---------------------------	--

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschiwald	Damm besteht und hält
Damm Zilfuri	Damm besteht und hält
Sammler (GAP)	Sammler wirkt

Intervention

Vor Ereignis	Freihalten des Sammlers
Während Ereignis	evtl. Baggern im Sammler und bei der Einmündung in die Kander
Nach Ereignis	Freiräumen des Sammlers; mit konsequentem Baggern kann der Grossteil einer Jahresfracht im Sammler kontrolliert werden (keine weiteren Ausuferungen)

Szenario E3 - Gerinneprozesse in Hochwasser-reichem Jahr

Beschreibung

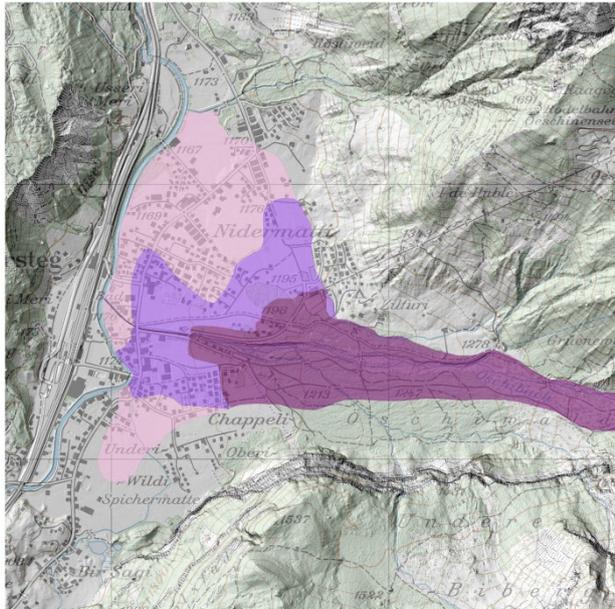
Die Gerinne des Chalberspissibachs und des oberen Teils des Oeschinenbachs werden wiederholt durch einzelne Stürze aufgefüllt. Während Gewitter oder langandauernden Niederschlägen können in diesen Abschnitten Murgänge entstehen.

Das Szenario 'Gerinneprozesse in Hochwasser-reichen Jahren' geht von einer starken Hochwasser-Aktivität mit mehreren und grossen Hochwasserereignissen aus.

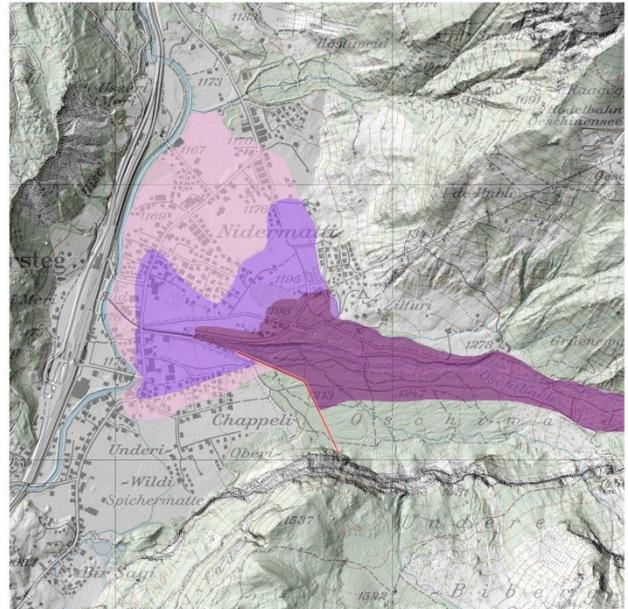
Wiederkehrende Ereignisse, welche abhängig von der Verfügbarkeit von Lockermaterial im Gerinne sind.

Situation im Wirkungsgebiet (ohne Baggerungen!):⁸

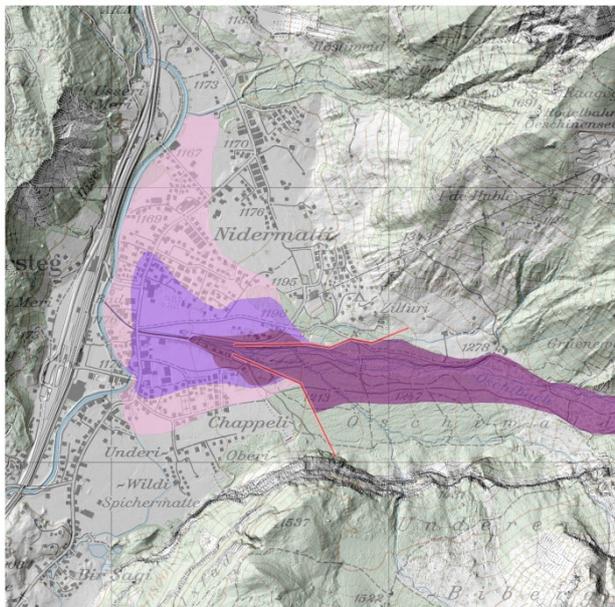
ohne Dämme:



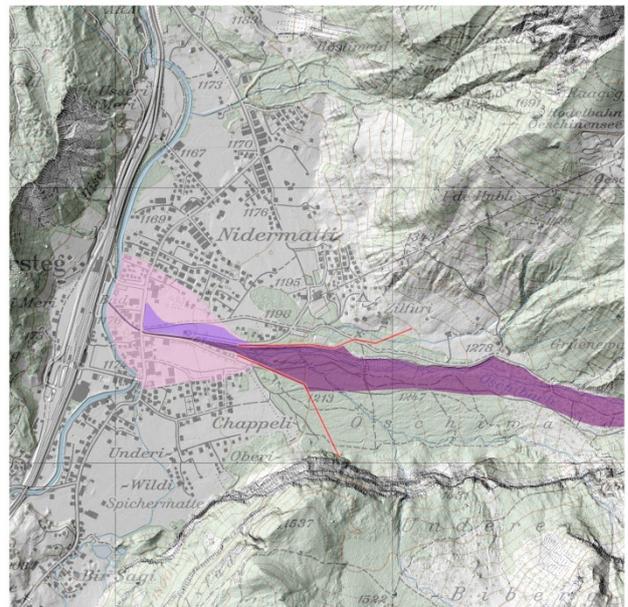
Damm Oeschiwald besteht:



Dämme Oeschiwald und Zilfuri bestehen:



Beide Dämme bestehen, mit Baggern zwischen Ereignissen:



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	--

⁸ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	wahrscheinlich - möglich
Sekundärprozess	sehr wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	wahrscheinlich Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten 10 Jahren 2 Hochwasser-reiche Jahre auftreten (neben 2 Hochwasser-armen und 6 "normalen" Jahren), jedoch keine extremen (z.B. 100-jährliche Ereignisse). Das Auftreten eines hochwasser-reichen Jahres hat somit eine Wahrscheinlichkeit von 10 - 20% pro Jahr.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenarien 1 - 4 mit rund 200'000 - 1 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Ablagerung hauptsächlich unterhalb der Felswand und im Gerinne des Chalberspissibachs

Prozesskennwerte

Prozessart	Murgangereignisse im Gerinne und fluvialer Geschiebetransport		
Erosion Gerinne (Chalberspissi- und Oeschinenbach)	Länge Gerinne: 2'000 m	Erosionsquerschnitt: ∅ EQ = 10 - 25 m ²	Erosionsvolumen pro Jahr 100'000 m ³
	<u>Voraussetzung:</u> wiederholte Stürze von vielen 100'000 m ³ (bis 1 Mio), wovon ein grösserer Teil dieser Sturzablagerung nicht durch Gerinnemurgänge direkt mobilisiert werden kann.		
	<u>Annahme:</u> 1 Ereignisse à 40'000 m ³ und 1 Ereignis à 20'000 m ³ (Murgang); zusätzlich fluvialer Geschiebetransport von 40'000 m ³ ; zwischen den Ereignissen wird immer gebaggert		
Ereignisdauer	einige Stunden		
Spitzenabfluss	Q _{max} = 450 m ³ /s		
Fließgeschwindigkeit	In den steilen Abschnitten 4 - 6 m/s, im Talboden 2 - 4 m/s		

Wirkungsraum

A) Auswirkungen, wenn die Leerung des Ablagerungsraums nicht möglich ist (oder nicht ausgeführt wird):

Ablagerungsvolumen (Sammler und Oeschwald)	20'000 m ³ Geschiebe wird im Gerinne oberhalb des Sammlers abgelagert. 40'000 m ³ der Murgänge erreichen den Sammler und bleiben im Sammler liegen. Von den 40'000 m ³ fluvial transportiertem Material bleiben 10'000 m ³ im Sammler und 30'000 fließen weiter, falls nicht gebaggert werden kann.
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	ohne Baggern ca. 30'000 m ³
Betroffene Gebiete	Fächerförmige Ablagerungen von 1 - 2 m Ablagerungsmächtigkeit bis zur Äusseren Dorfstrasse Wasser und Schlamm bis zur Kander.

B) Auswirkungen, wenn Ablagerungsraums geleert wird:

Ereignisablauf	Beispiel eines möglichen Verlaufs eines hochwasserreichen Jahres: Ereignis 1: gleichzeitiges Auftreten eines Murgangs von 40'000 m ³ und nachfolgendem fluvialem Geschiebetransport von 10'000 m ³ . Sammler wird gefüllt, 5'000 m ³ fließen fluvial durch das Gerinne unterhalb des Sammlers weiter Ereignis 2: fluviales Hochwasser von 10'000 m ³ in leeren GAP → 5'000 m ³ fließen fluvial weiter Ereignis 3: Murgang 20'000 m ³ , gleichzeitig 20'000 m ³ fluvial → 10'000 m ³ fließen weiter und ufern im Bereich zwischen GAP und Kirche aus (Übersarung)
-----------------------	---

Ereignis 4: 10'000 m³ fluvial → 5'000 m³ fliessen fluvial weiter

Wirkung auf Kander mittel bis gross
 Die Transportkapazität des Oeschibachs im Abschnitt GAP bis Dorfstrassenquerung ist massgebend für die eingetragene Geschiebemenge. Zudem kann Geschiebe im Bereich Querung Bahnhofstrasse in die Kander eingetragen werden. Die Auflandungen dürften im Bereich von 0.5 - 1 m liegen. Durch die Geschiebeeinträge kann es zu Ausuferungen in der Kander kommen. Angaben dazu finden sich im Teilbericht Kander (in Bearbeitung).

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschwald Damm besteht und hält weitgehend. Aufgrund der hohen Last wird der Damm im vordersten Bereich überströmt.
Damm Zilfuri Damm besteht und hält weitgehend. Aufgrund der hohen Last wird der Damm im vordersten Bereich überströmt.
Sammler (GAP) Sammler wirkt, ist aber mit fluvialem Geschiebetrieb überlastet.

Intervention

Vor Ereignis Freihalten des Sammlers
Während Ereignis evtl. Baggern bei der Einmündung in die Kander
Nach Ereignis Freiräumen des Sammlers

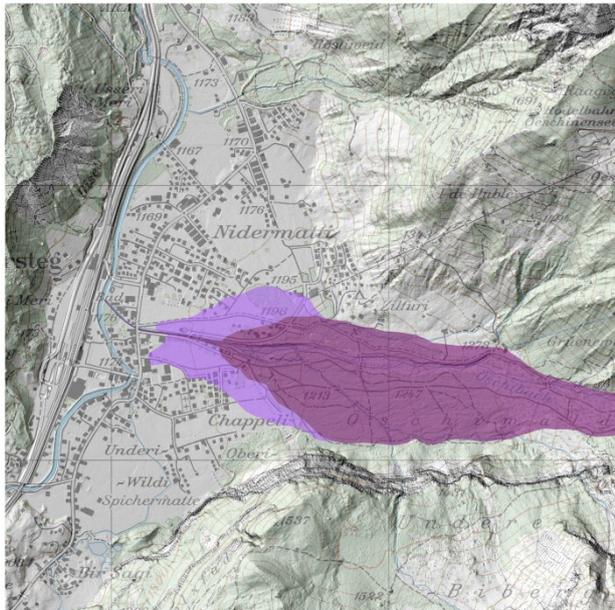
Szenario F1 - Schuttstrom ohne gleichzeitigem Starkniederschlag

Beschreibung Ein grösseres Sturzereignis (8 Mio m³) tritt ohne wesentlichen Niederschlag auf. Aus diesem entwickelt sich unmittelbar ein Murgang als Folge einer teilweise vorhandenen Sättigung der Sturzmasse und geringen Wasseraufnahmen im Oeschibach. Es wird von ca. 5 % der Masse ausgegangen, die sich verflüssigt. Die Grösse eines solchen Murganges kann eine Viertel bis eine halbe Million m³ betragen. Es wird ein sehr zähes, langsames Fliesen vorherrschen.

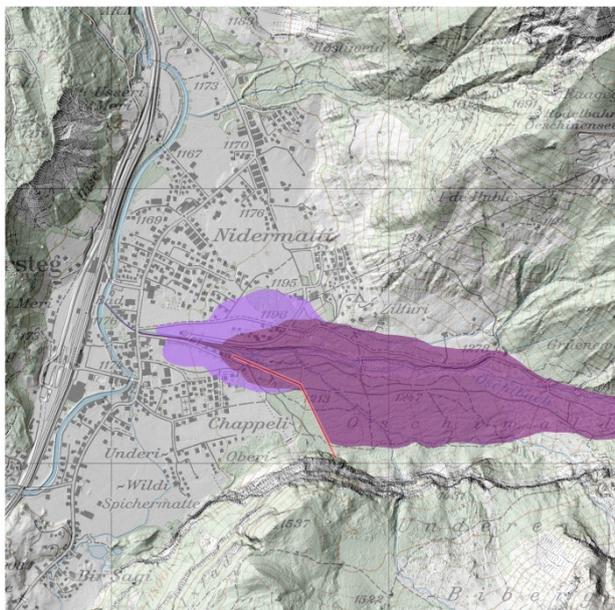
Einmaliges Ereignis; eine Wiederholung kann aber nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Situation im Wirkungsgebiet:⁹

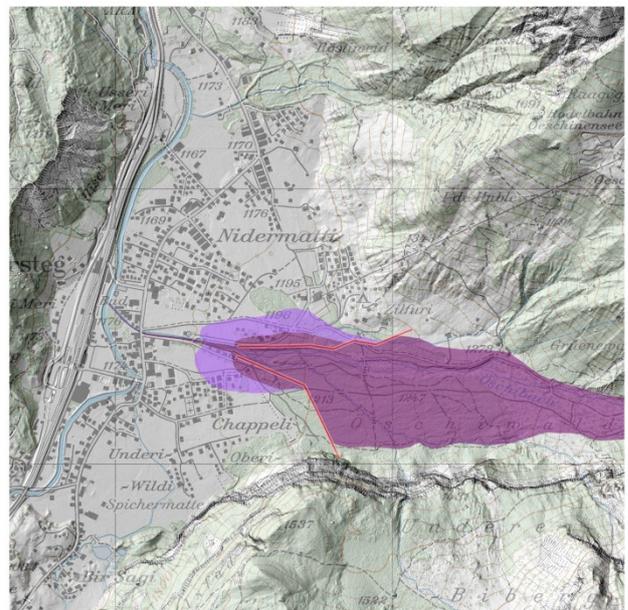
ohne Dämme:



Damm Oeschwald besteht:



Dämme Oeschwald und Zilfuri bestehen:



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	--

⁹ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	möglich - wahrscheinlich
Sekundärprozess	wenig wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	wenig wahrscheinlich Eine relevante Vorsättigung der Sturzmasse (ohne wesentliche Niederschläge) wird als wenig wahrscheinlich erachtet. Der Sturz brandet ins Tal und läuft am Gegenhang auf; es besteht ein 90°-Winkel zwischen Sturzrichtung und Murgangabfluss. Diese beiden Faktoren bewirken, dass die direkte Umwandlung vom Sturz- in einen Fließprozess wenig wahrscheinlich ist.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenarien 7 mit rund 8 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Ablagerung hauptsächlich unterhalb der Felswand und im Bereich Holzspicher

Prozesskennwerte

Prozessart	Murgangereignis aus Sturzablagerung, wenige Schübe
Ereignisdauer	einige Minuten pro Schub
Ereignisvolumen	400'000 m ³ (rund 5% der Sturzmasse fließen als Murgang weiter)
Spitzenabfluss	Q _{max} = 300 - 800 m ³ /s (grosse Variation möglich)
Fließgeschwindigkeit	In den steilen Abschnitten 3 m – 6 m/s, in den flachen Abschnitten 1 – 2 m/s
Reichweite	Die maximale Reichweite (Pauschalgefälle) von grossen Murgängen beträgt ca. 18 – 19 % (Minstigerbach, Durnagel und andere). Bei einer angenommenen Startzone im Bereich Holzspicher könnten die Murschübe bis auf eine Kote 1200 m fließen; auf Grund der hohen Zähigkeit ist ein Endpunkt auch auf Kote 1250 m oder 1300 m möglich.

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler, Oeschwald)	150'000- 200'000 m ³ wird im Gerinne oberhalb des KW abgelagert 200'000 m ³ lagern sich zwischen KW und GAP ab (ganze Breite Oeschwald).
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	Kleinere Volumina (ca. 10'000 - 50'000 m ³) werden mit beschränkter Reichweite (auch über die Dämme) weitertransportiert
Betroffene Gebiete	Ausuferungen treten beidseitig auf. Aufgrund des geringen Wassergehalts beschränkt sich die Reichweite auf die dammnahen und gerinnenahen Bereiche.
Wirkung auf Kander	gering Die Transportkapazität des Oeschibachs im Abschnitt GAP bis Dorfstrassenquerung ist massgebend für die eingetragene Geschiebemenge. Aufgrund des eher zähflüssigen Fließprozesses wird nur wenig Geschiebe durch den Oeschibach in die Kander eingetragen.

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschwald	Damm wird im vorderen Teil überströmt
Damm Zilfuri	Damm wird überströmt
Sammler (GAP)	Sammler wirkt, ist überlastet.

Intervention

Vor Ereignis	Freihalten des Sammlers
Während Ereignis	
Nach Ereignis	Freiräumen des Sammlers

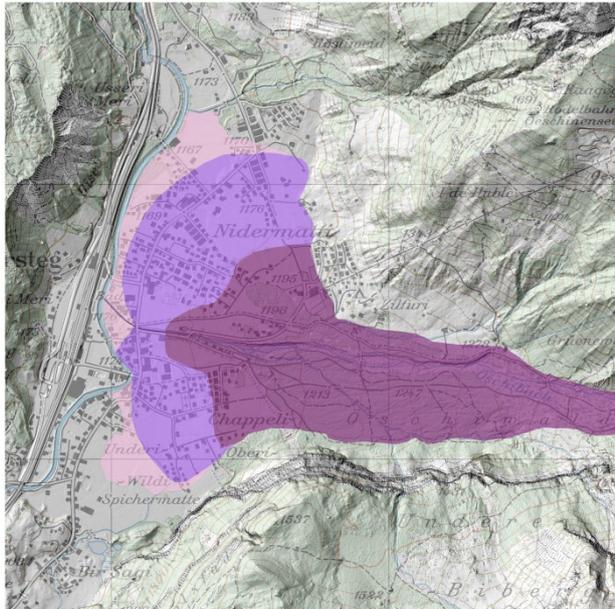
Szenario F2 - Schuttstrom bei gleichzeitigem Starkniederschlag

Beschreibung Starkniederschläge lösen ein grösseres Sturzereignis (8 Mio m³) aus. Aus diesem entwickelt sich unmittelbar ein grosser Murgang als Folge einer teilweise vorhandenen Sättigung der Sturzmasse und geringen Wasseraufnahmen im Oeschibach. Es wird von ca. 10 % der Masse ausgegangen, die sich verflüssigt. Die Grösse eines solchen Murganges kann deshalb eine halbe bis eine Million m³ betragen. Es wird ein eher zähes Fliesen vorherrschen mit nachfolgendem Verschwemmen von Schutt und Schlamm.

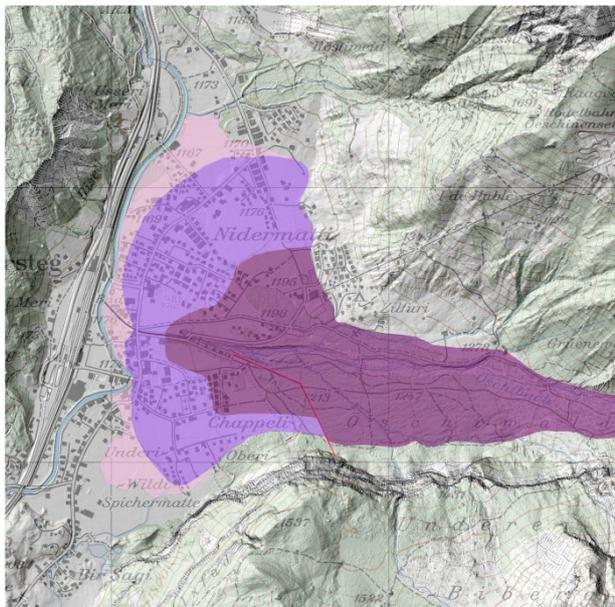
Einmaliges Ereignis; eine Wiederholung kann aber nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Situation im Wirkungsgebiet:¹⁰

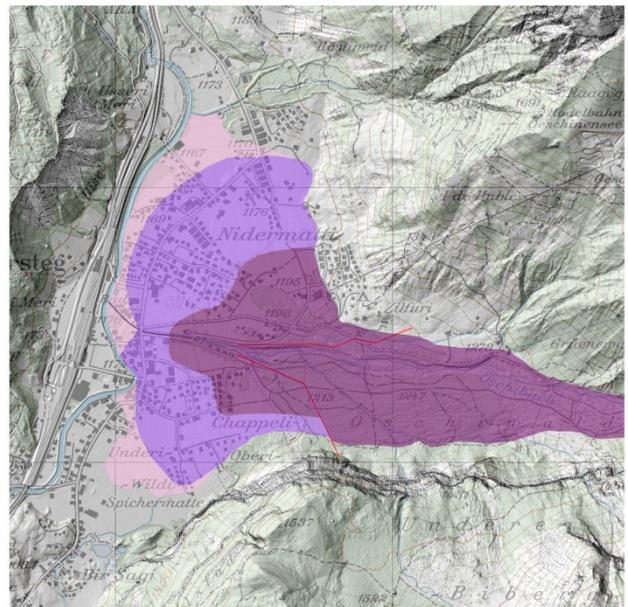
ohne Dämme:



Damm Oeschwald besteht:



Dämme Oeschwald und Zilfuri bestehen:



Legende:

<p> Ablagerungsmächtigkeit > 2 m oder Fließgeschwindigkeit > 2 m/s Grösste transportierte Blöcke > 1 m Gebäude werden zerstört</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit 1 - 2 m oder Fließgeschwindigkeit 0.5 - 2 m/s Grösste transportierte Blöcke < 1 m Gebäude werden beschädigt</p>	<p> Ablagerungsmächtigkeit < 1 m oder Fließgeschwindigkeit < 0.5 m/s Wasser und Schlamm dringt in Gebäude</p>
--	--	--

¹⁰ Durch die Kander verursachte Ausuferungen sind in den Karten nicht dargestellt.

Wahrscheinlichkeit des Szenarios (sehr wahrscheinlich / wahrscheinlich / möglich / wenig wahrscheinlich)

Primärprozess	möglich - wahrscheinlich
Sekundärprozess	wahrscheinlich
Gesamt-Wahrscheinlichkeit	möglich Starkniederschläge können einen Absturz von 8 Mio m ³ verursachen. Durch den Niederschlag ist der Wasseranteil in der Sturzmasse höher; damit ist die Wahrscheinlichkeit höher als beim 'trockenen' Sturz.

Voraussetzungen

Sturzscenario	Szenarien 7 mit rund 8 Mio. m ³ (Quelle: GEOTEST)
Form und Lage Sturzmasse	Ablagerung hauptsächlich unterhalb der Felswand und im Bereich Holzspicher

Prozesskennwerte

Prozessart	Murgangereignis aus Sturzablagerung, mehrere, langgezogene Schübe
Ereignisdauer	einige Minuten pro Schub
Ereignisvolumen	750'000 m ³ (rund 10% der Sturzmasse fließen als Murgang weiter)
Spitzenabfluss	Q _{max} = 300 - 800 m ³ /s (grosse Variation möglich)
Fliessgeschwindigkeit	In den steilen Abschnitten 4 m – 8 m/s, in den flachen Abschnitten 1 – 3 m/s
Reichweite	Die maximale Reichweite (Pauschalgefälle) von grossen Murgängen beträgt ca. 18 – 19 % (Minstigerbach, Durnagel und andere). Bei einer angenommenen Startzone im Bereich Holzspicher könnten die Murschübe bis auf eine Kote 1210 m fließen. Die Berechnungen mit dem 2-Parameter-Model von Perla, Cheng und McLung bestätigen diese Reichweite mit einem mü-Wert von 0.1; bei einem geringeren mü-Wert (0.04-0.08, was beispielsweise beim Durnagel erfüllt war) ergeben sich etwas grössere Reichweiten bis ca. Kote 1185 m. Für die Kartierung der betroffenen Flächen wurde dieser Wert verwendet.

Wirkungsraum

Ablagerungsvolumen (Sammler, Oeschiwald)	200'000 m ³ wird im Gerinne oberhalb des KW abgelagert 500'000 m ³ lagern sich zwischen KW und unterhalb Sammler ab (ganze Breite Oeschiwald).
Ablagerungsvolumen im Dorf Kandersteg	bei den gleichzeitig auftretenden Niederschlägen, werden grössere Volumen fluvial weitertransportiert werden (ca. 50'000 m ³)
Betroffene Gebiete	oberer Teil des Kegels mit Murgangablagerungen; Übersarung bis zur Hauptstrasse
Wirkung auf Kander	mittel bis gross Die Transportkapazität des Oeschibachs im Abschnitt GAP bis Dorfstrassenquerung ist massgebend für die eingetragene Geschiebemenge. Zudem kann Geschiebe im Bereich Querung Bahnhofstrasse in die Kander eingetragen werden. Die Aufladungen dürften im Bereich von rund 1 m liegen. Durch die Geschiebeeinträge kann es zu Ausuferungen in der Kander kommen. Angaben dazu finden sich im Teilbericht Kander (in Bearbeitung).

Verhalten Schutzbauten

Damm Oeschiwald	Damm wird im unteren Abschnitt überflossen/zerstört.
Damm Zilfuri	Damm wird überflossen/zerstört.
Sammler (GAP)	Sammler wird überlastet.

Intervention

Vor Ereignis	Freihalten des Sammlers
Während Ereignis	Einsatz von Maschinen aus Sicherheitsgründen kaum möglich
Nach Ereignis	Freiräumen des Sammlers