

Verklauungsgefahr der Elbe durch grosse Massenbewegungsprozesse zwischen Schmilka und Pirna

Inhalt

- Einleitung
- Geologische Beschreibung
- Geomorphologische Beschreibung
- Szenarienbildung
- Modellierung der relevanten Szenarien
- Modellierungsergebnisse
- Analyse der Reichweiten von Bergstürzen mittels Pauschalgefälleanalyse
- Verklauungsgefahr der Elbe durch grosse Massenbewegungen
- Schlussfolgerung

Einleitung

- Teil 1: Beurteilung möglicher Massenbewegungen, welche zu einem Aufstau der Elbe führen können
- Teil 2: Hydraulische Modellierung Aufstau (abhängig von den Resultaten Teil 1)
- Perimeter: Elbe zwischen der tschechischen Grenze und Pirna

Durchgeführte Arbeiten:

- Grundlagenbeschaffung und -aufbereitung (Höhenmodell, Geologie, Ereignisse, etc.)
- Dreitägige Geländebegehung (Nov. 2014)
- Szenariendefinition
- Modellierung der relevanten Prozesse
- Flächendeckende Pauschalgefälleberechnung
- Interpretation der Modellierungsergebnisse

Betrachtete Naturgefahrenprozesse:

Sturz

Stein- und Blockschlag



Felssturz



Bergsturz !



Betrachtete Naturgefahrenprozesse:

Rutsch

Böschungsversagen

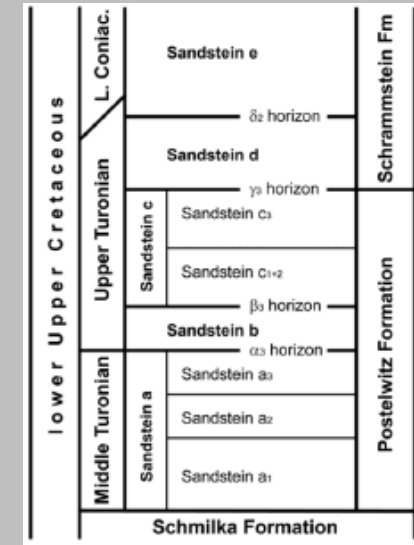


Wasser

Murgang

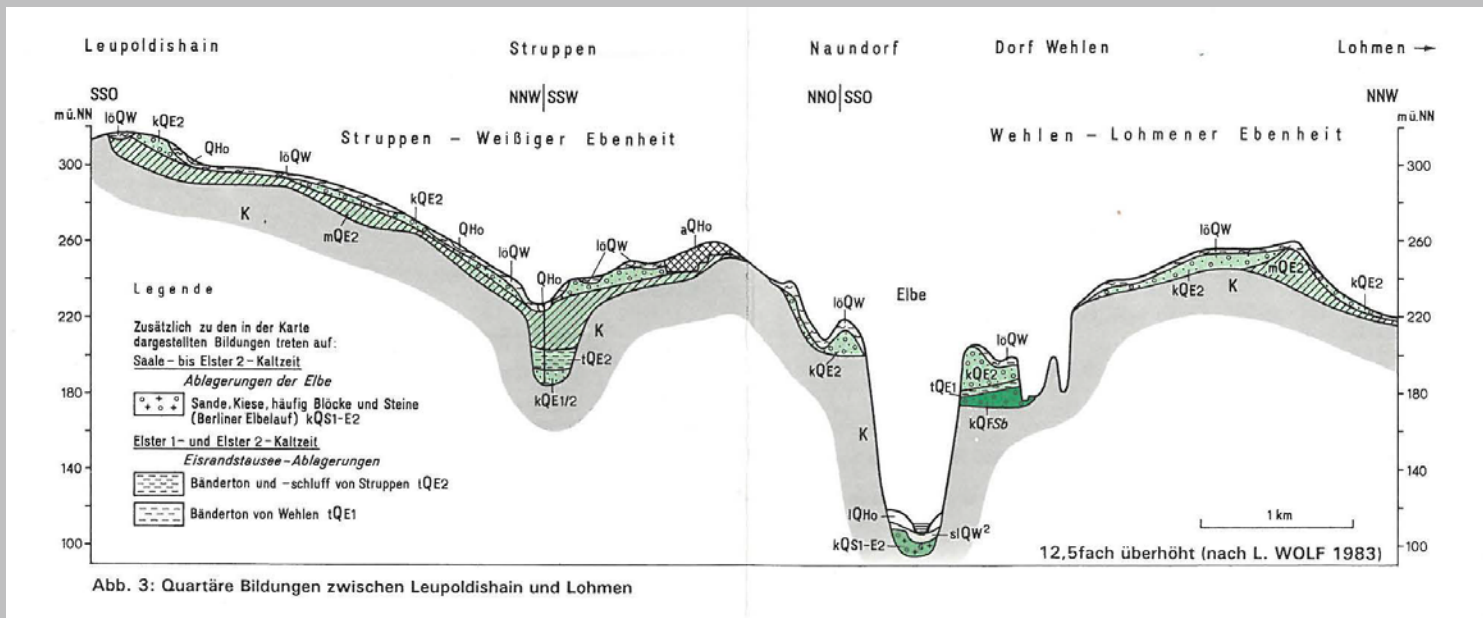
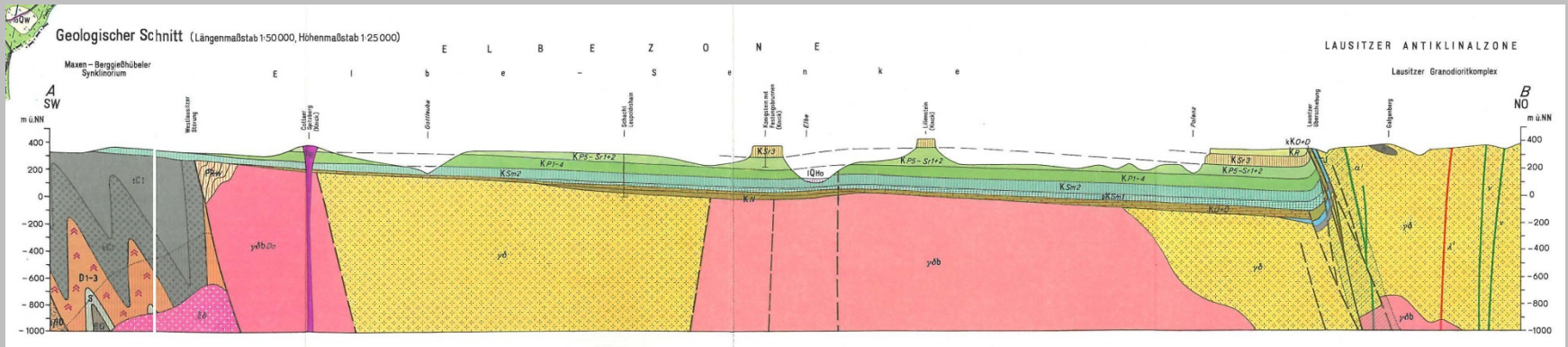


Geologische Beschreibung



- Gesteine: Sandsteine, Mergel und Tone der Oberkreide
- Stratigraphie: ausgeprägte Gliederung der Sandsteinabfolgen
- Präferenzielle Rückwitterung entlang von Schichtfugen
- Pleistozäne Lössbedeckung, glaziale und interglaziale Schmelz- und Flussablagerungen
- Tektonik: Halbgraben mit Lausitzer Überschiebung; «Riesenfussflexur» NW-SW
- Kluftsystem: generell NW-SE, konjugiertes System NE-SW (bisweilen NNE-SSW)

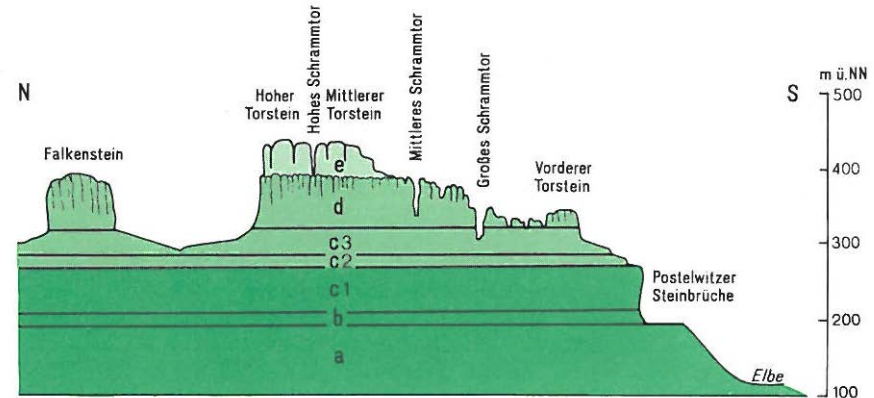
Geologische Beschreibung



Geologische Beschreibung



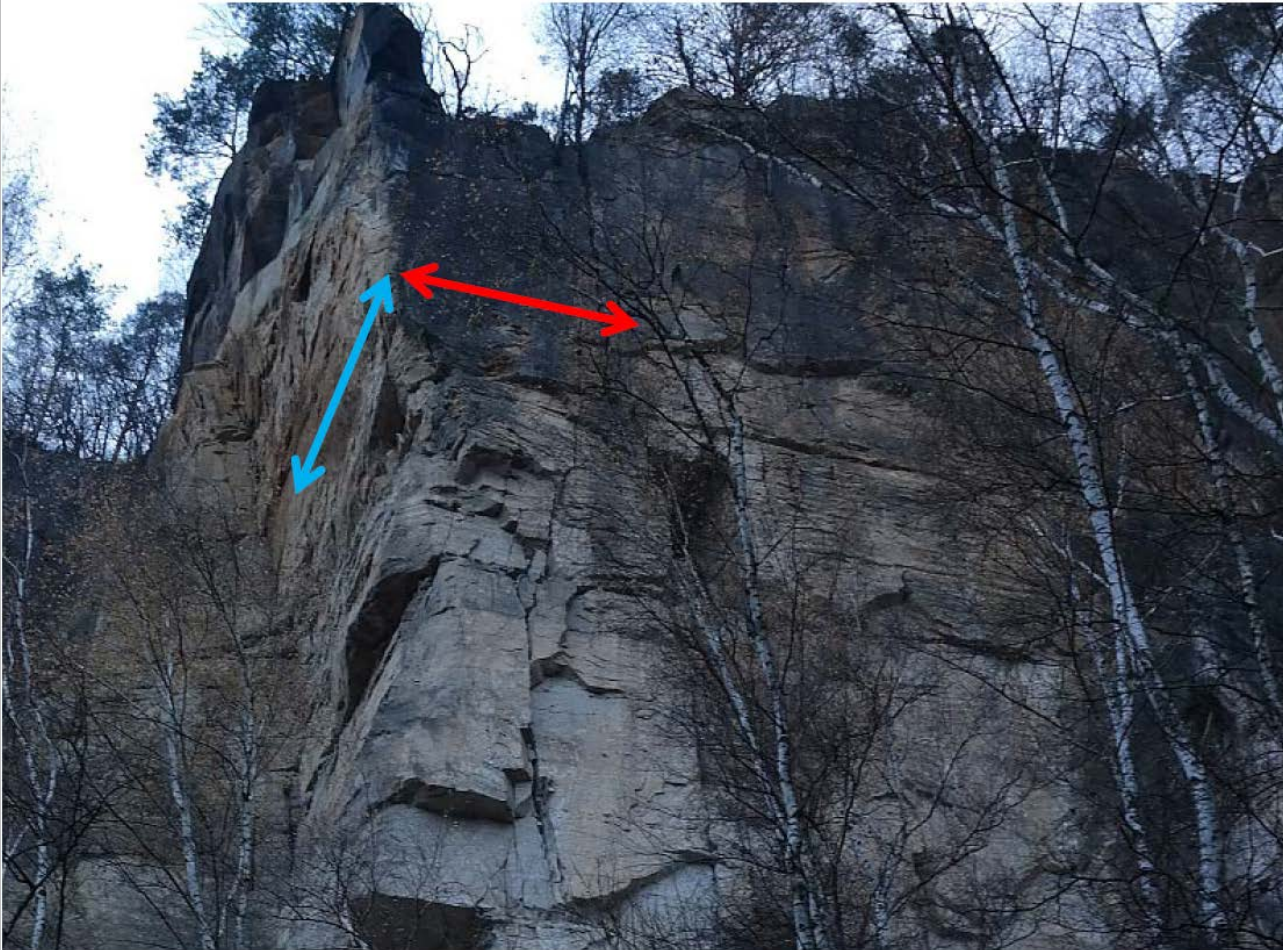
Abb. 5: Steinbruch Lohmgrund I (A25)
Aufbau des "Cottaer (Bildhauer-) Sandsteins"



e Rathewalder Schichten KR
d } Schrammstein - Schichten KSR1-3
c3 }
c2 }
c1 } Postelwitzer Schichten KP1-5
b }
a }

Abb. 6: Schnitt durch den Falkenstein und die Vorderen Schrammsteine
(nach SEIFERT, geändert nach MIBUS 1975)

Geologische Beschreibung



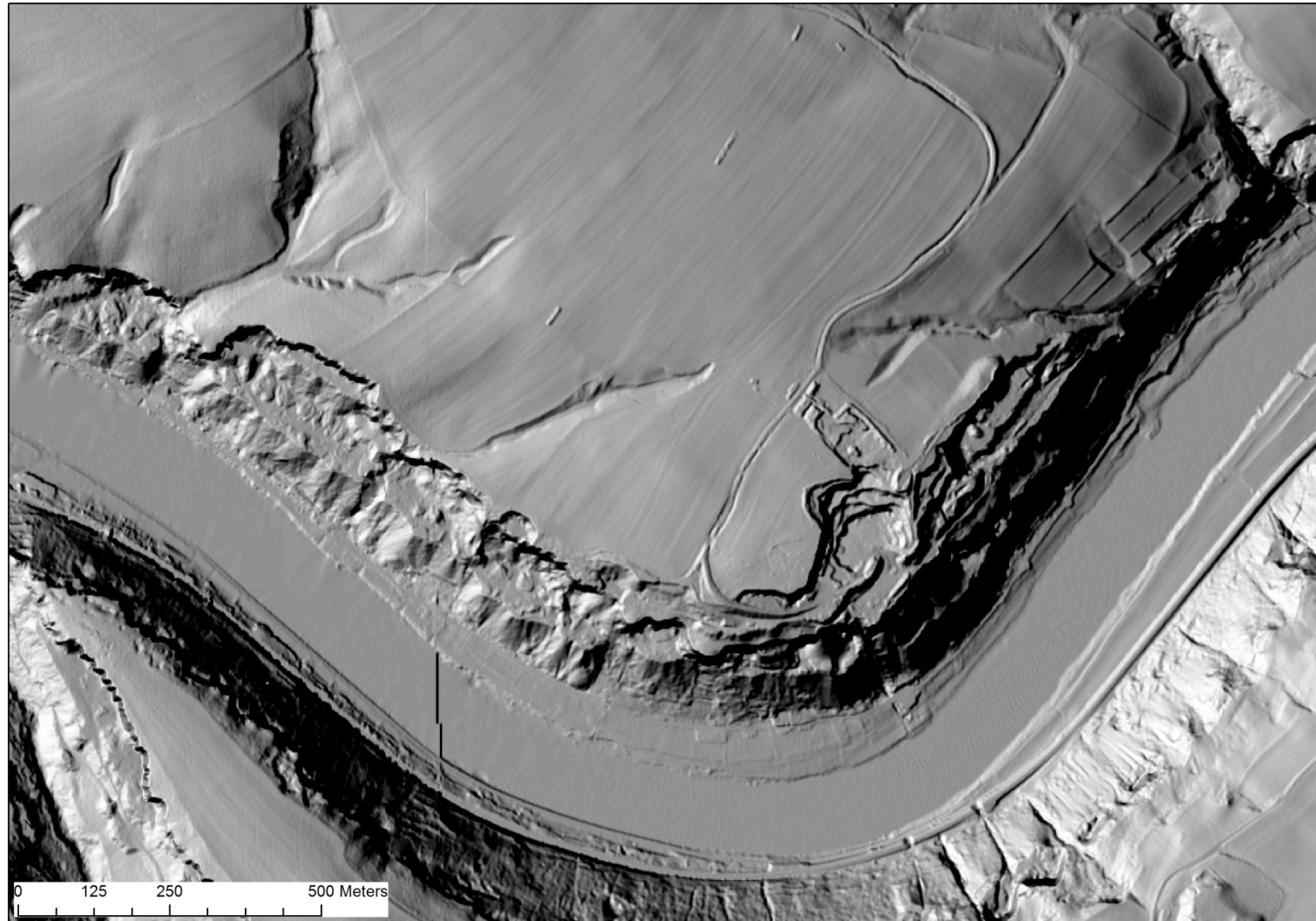
Tektonische
Haupt-
Richtungen gem.
unseren
Messungen

Bruchwand Weissen Brüche,
durchschlagende Klüftung (rot = SW-NE, blau = NW-SE).

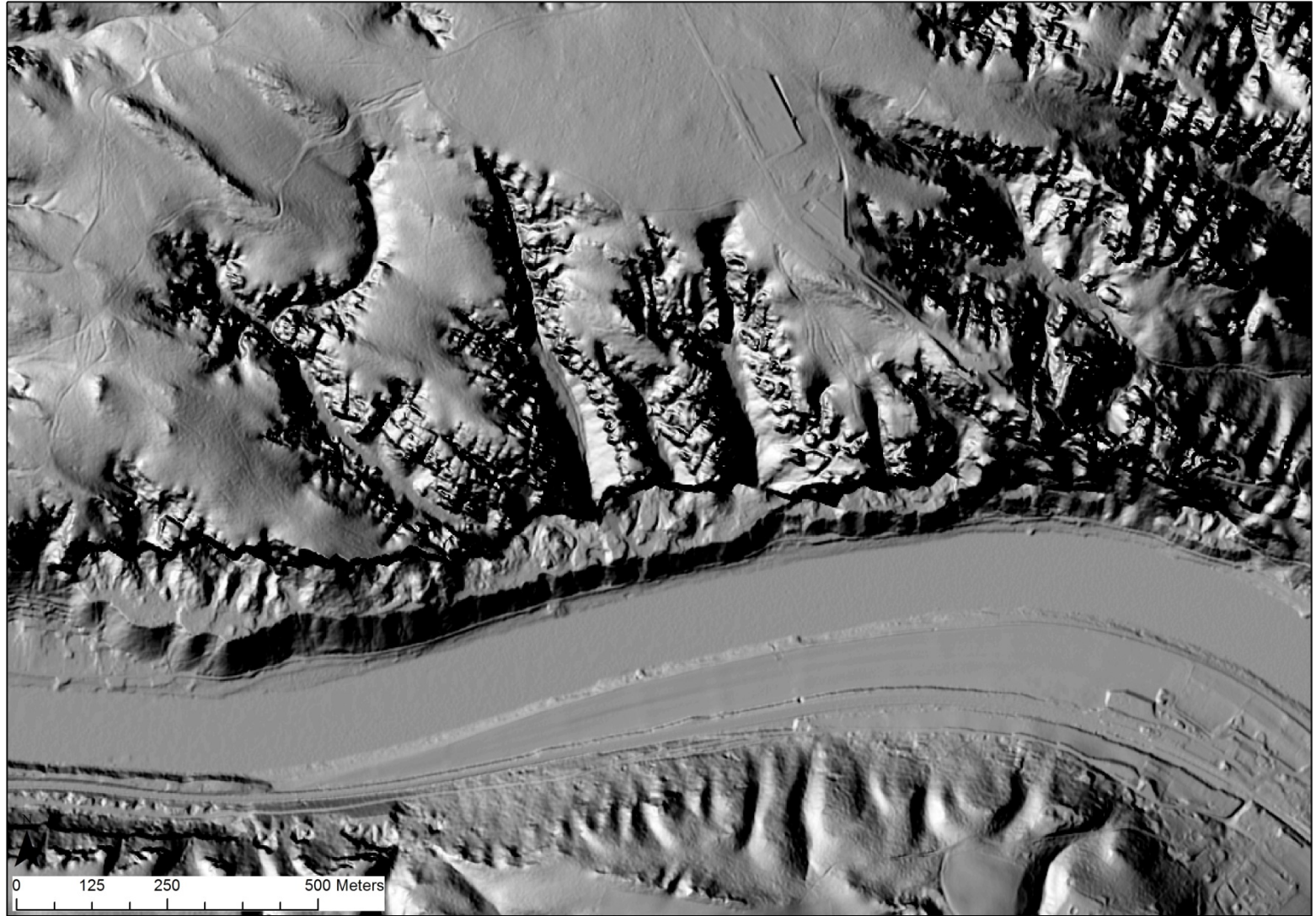
Geomorphologische Beschreibung



Zeichener Brüche



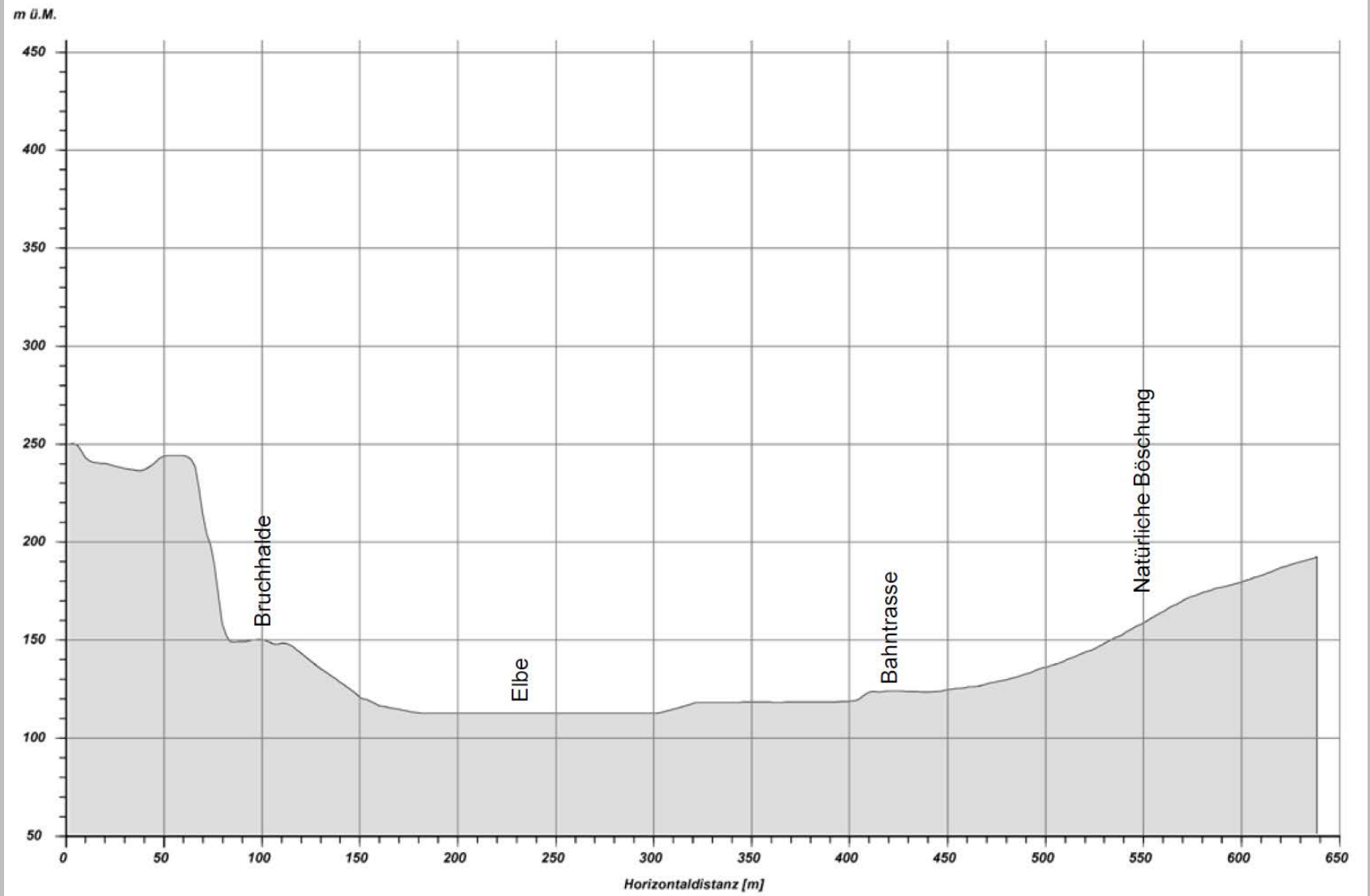
Weisse Brüche



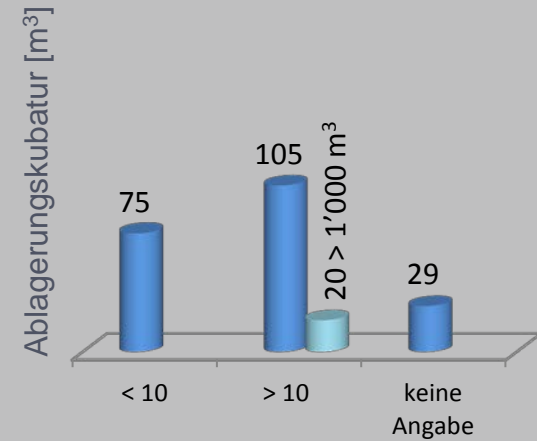
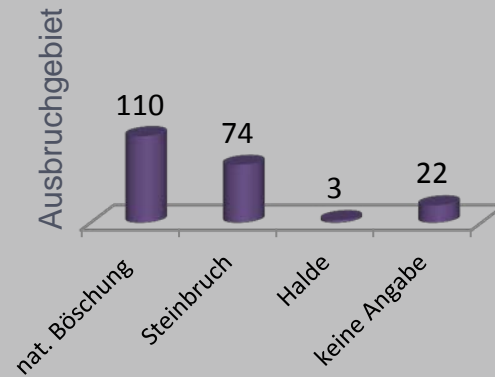
Postelwitzer Brüche



Geomorphologische Beschreibung



Auswertung des Ereigniskatasters 209 Ereignisse erfasst (Stand: Nov. 2014)



Schadensobjekte:

- Gebäude
- Strassen
- Bahngleise
- Wanderwege
- Leitungen

Szenarienbildung Sturz / Rutsch

Massgebend für die Gebirgsstabilität der Felswände sind:

- Wandmorphologie (insb. Höhe und Neigungswinkel)
- Durchtrennungsgrad des Gebirges; Dichte und räumliche Lage der Störungszonen
- Verbreitung und Einfallen von Stauhorizonten (Ton-, Mergelschichten)
- Aufbau- bzw. Vorhandensein von Kluftwasserdrücken

Szenarienbildung Sturz / Rutsch

Massgebend für die Stabilität der Schutthalden:

- Lockergesteinszusammensetzung und Schichtung
- Verlauf der Felsoberfläche unter den Schutthaldenkörpern
- Hydraulische Verhältnisse; Art und Menge des Wasserzuflusses; Drainageverhältnisse im Lockergesteinskörper, etc.

Prozessbeschreibung

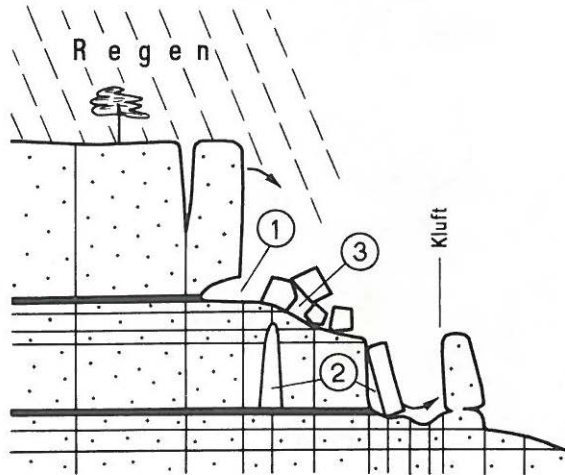
Bankung

großbankig

wasserstauende Schicht

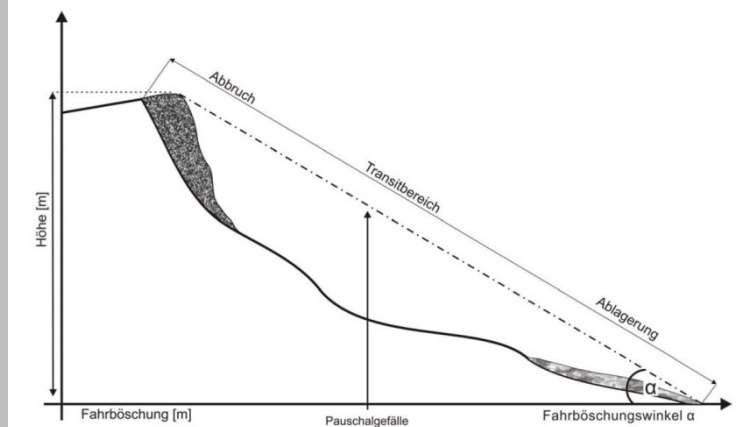
mittelbankig

kleinbankig

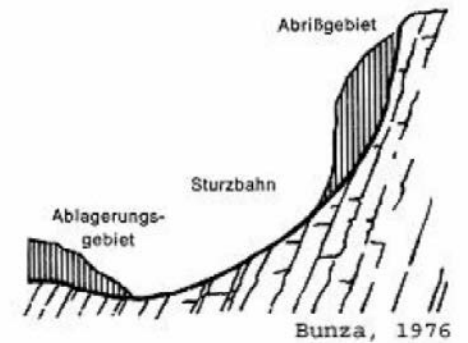


- ① Schichtfugenhöhle ② Klufthöhlen ③ Trümmerhöhle

Abb. 4: Zerstörung der Felsmassive und Höhlenbildung
(verändert nach ULLRICH 1975)

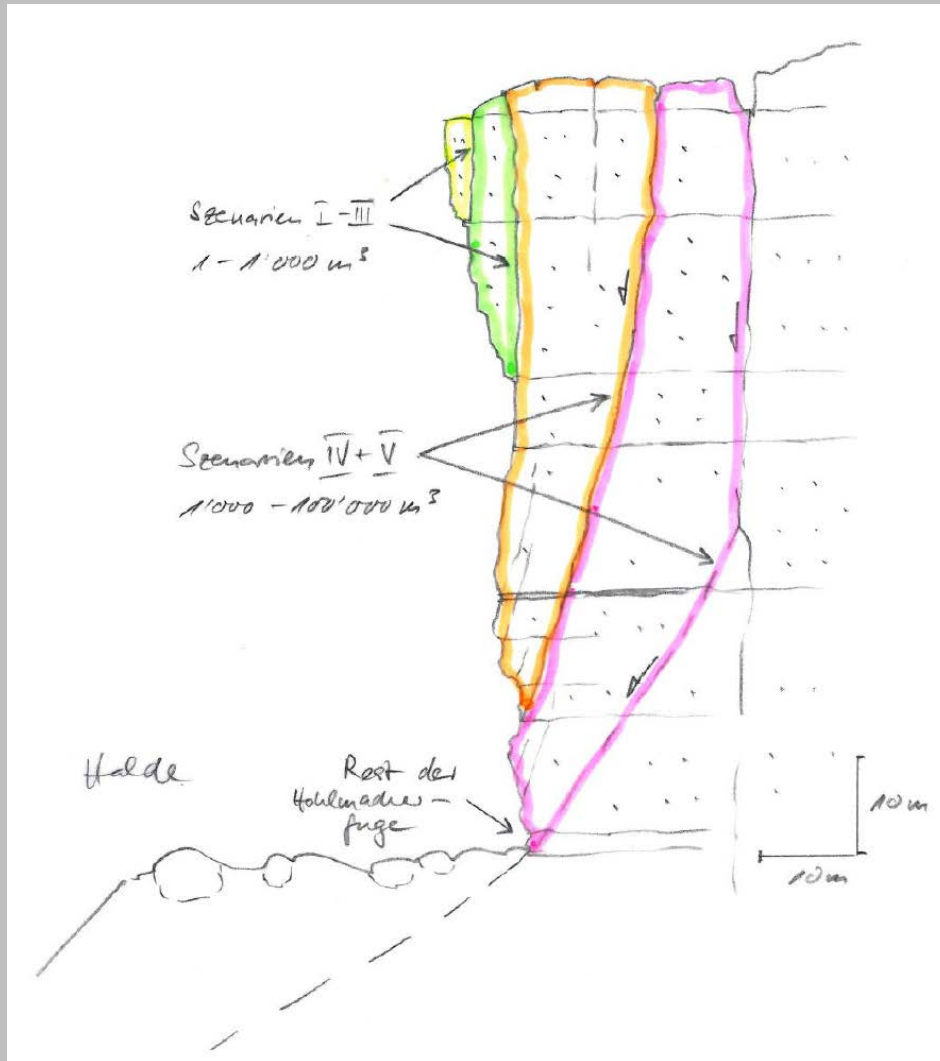


Fahrböschung und Fahrböschungswinkel. Je geringer der Fahrböschungswinkel α , desto mehr Rutschmasse ist abgegangen und desto mehr Energie hatte sie.



Skizze Bergsturz Val Pola

Szenarienbildung Sturz / Rutsch



Schematische Darstellung möglicher Sturzscenarien aus den Steinbruchwänden

Szenarienbildung Sturz / Rutsch

Szenario	Gesamtkubatur [m³]	Bezeichnung	Lokalisierung	Wiederkehrdauer
Sz I	1 - 10	kleiner Blocksturz	alle Felszonen	häufig; mehrere Ereignisse/Jahr
Sz II	10 - 100	mittlerer Blocksturz	alle Felszonen	häufig; ca. 1 Ereignis/Jahr
Sz III	100 - 1'000	kleiner Felssturz	Steinbrüche aus- geprägte Felszonen	häufig; ca. 1 Ereignis/10 Jahren
Sz IV	1'000 - 10'000	mittlerer Felssturz	Steinbrüche	selten; ca. 1 Ereignis/100 Jahren
Sz V	10'000 - 100'000	grosser Felssturz	grosse Brüche - besondere Zonen	sehr selten
Sz VI	100'000 - 1'000'000	kleiner Bergsturz	grosse Brüche - besondere Zonen	sehr selten
Sz VII	1'000'000 - 5'000'000	mittlerer Bergsturz	Tektonische Sonderzonen	äusserst selten
Sz VIII	> 5'000'000	grosser Bergsturz	Tektonische Sonderzonen	Restrisiko

Szenarienbildung Sturz / Rutsch

Sz VI- VIII

hypothetische Bergsturzereignisse:

- historisch nicht dokumentiert
- Geländeformen des Elbsandsteingebirges geben keine Rückschlüsse auf ein solches Ereignis
- eventuell Grund für Änderung des Elbelaufs

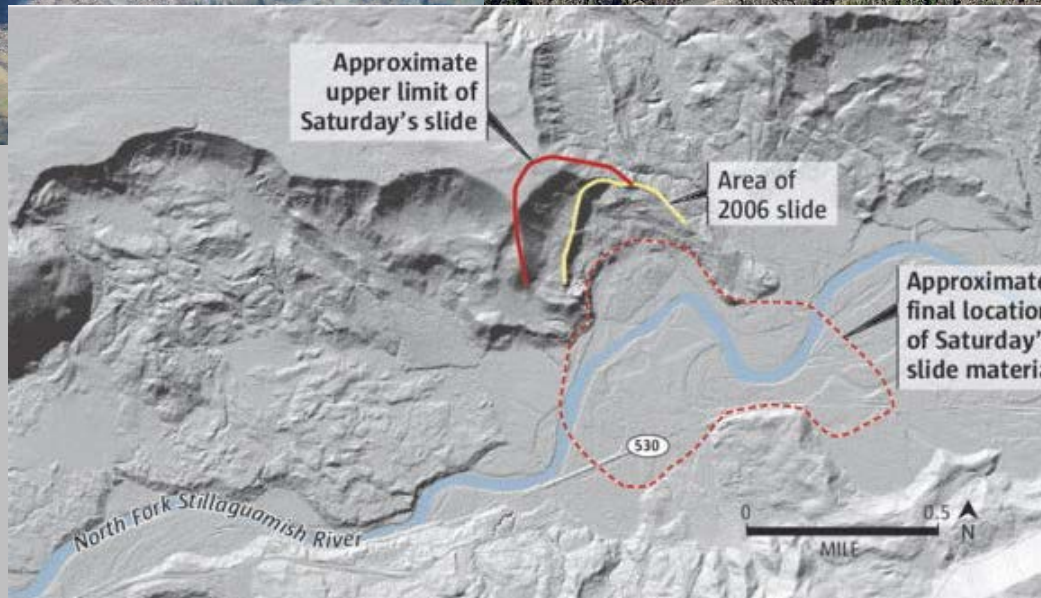
Oso Landslide - Übersicht



[<http://www.washington.edu/news/2014/04/04/uw-researchers-radar-company-conduct-aerial-surveys-of-oso-site/> (19.03.2015)]



[<http://us.resiliencesystem.org/snohomish-county-oso-mudslide-resources> (19.03.2015)]

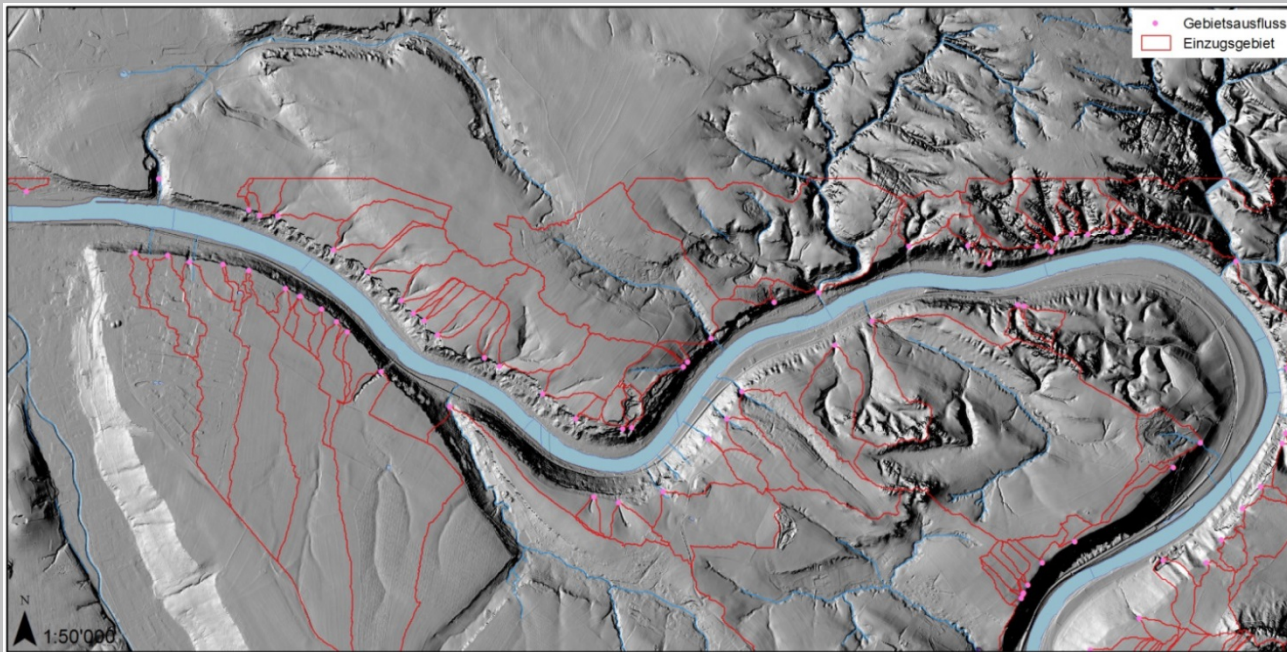


Oso Landslide - Daten

- 22.03.2014, Washington USA
- Volumen: 7.7 Millionen Kubikmeter
- Ausdehnung: 2.6 Quadratkilometer
- Ursache: Auf Porendruck und Wasserdurchfluss anfällige Tone die als instabile Schicht agieren
- 43 Tote
- Überschwemmung durch stauen des Flusses Stillaguamish

Szenarienbildung Wasser

- Murgang- und Rutschprozesse treten punktuell unterhalb von Abflussrinnen auf
- Grunddisposition: Vorhandensein von Lockergestein- und Feinmaterial; Geländeneigung
- Auslösefaktoren: Starkniederschlag; Verklausung; Rutschung



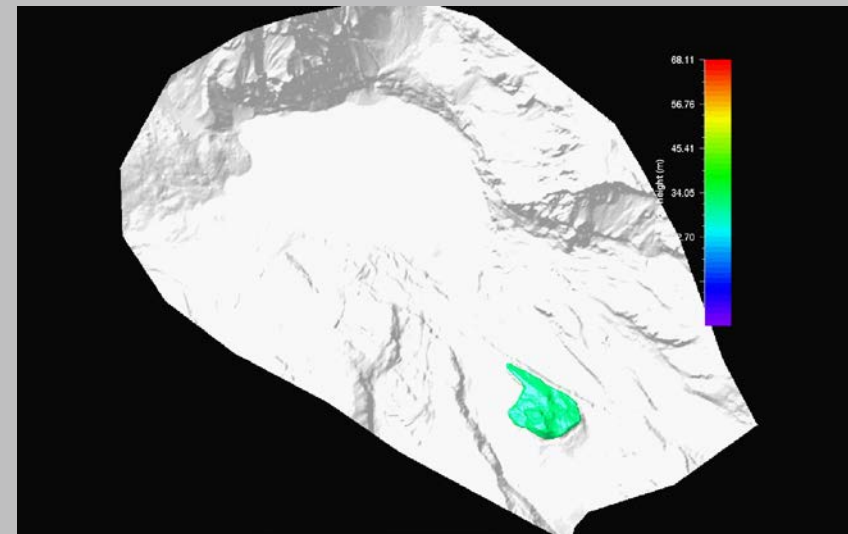
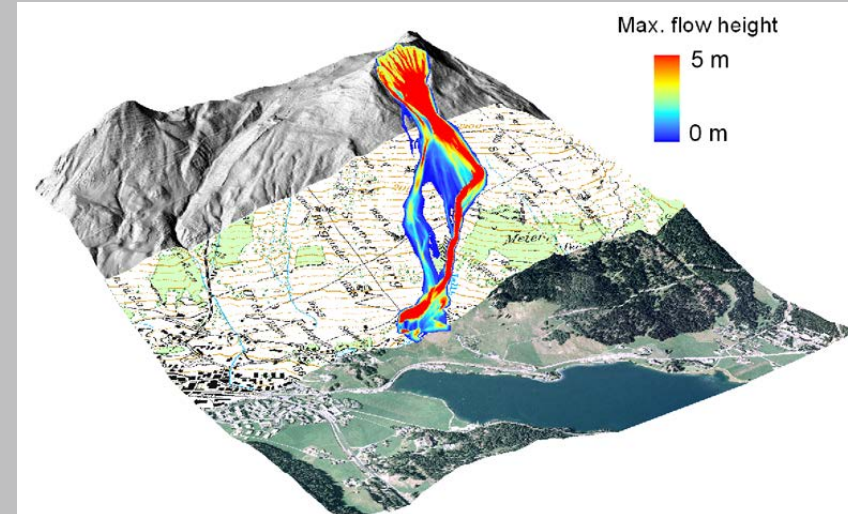
Szenarienbildung Murgang

Szenario	Gesamtkubatur [m³]	Bezeichnung	Lokalisierung	Wiederkehrdauer
Sz I	1'000 – 3'000 m ³	kleiner Murgang	Gebietsauslass; Abflussrinnen oberhalb von Abbruchhalden	häufig; ca. 1 Ereignis/10 Jahren
Sz II	4'000 – 6'000 m ³	mittlerer Murgang	Gebietsauslass; Abflussrinnen oberhalb von Abbruchhalden	selten; ca. 1 Ereignis/100 Jahren
Sz III	7'000 – 10'000 m ³	grosser Murgang	Gebietsauslass; Abflussrinnen oberhalb von Abbruchhalden	sehr selten; ca. 1 Ereignis/300 Jahren

Modell

RAMMS::Debris Flow

- entwickelt am Eidgenössischen Forschungsinstitut WSL/SLF in Davos
- zweidimensionales dynamisches Murgangmodell
- Vorhersage von Auslaufdistanz, Fließgeschwindigkeit und Fließdrücken in dreidimensionalem Gelände
- Voellmy-Reibungsmodell: Coulomb'sche Reibungsterm und turbulente Reibung
- Anwendung zur Modellierung von Bergstürzen
- Erhöhung des coulomb'schen Reibungsterm
- Verringerung der turbulenten Reibung



Modell

RAMMS:Debris Flow

Kubatur	520'000 – 21'000'000 m ³
Dichte des Materials	2'500 kg/m ³
Reibungsparameter	μ : 0.3 - 0.6 ξ : 300 – 500 m/s ²
Auslösemethode	Block Release. Die Rutschmasse wird als Block auf das angepasste Höhenmodell gesetzt.
Momentum	8 - 10 %
Auflösung digitales Höhenmodell	5 m

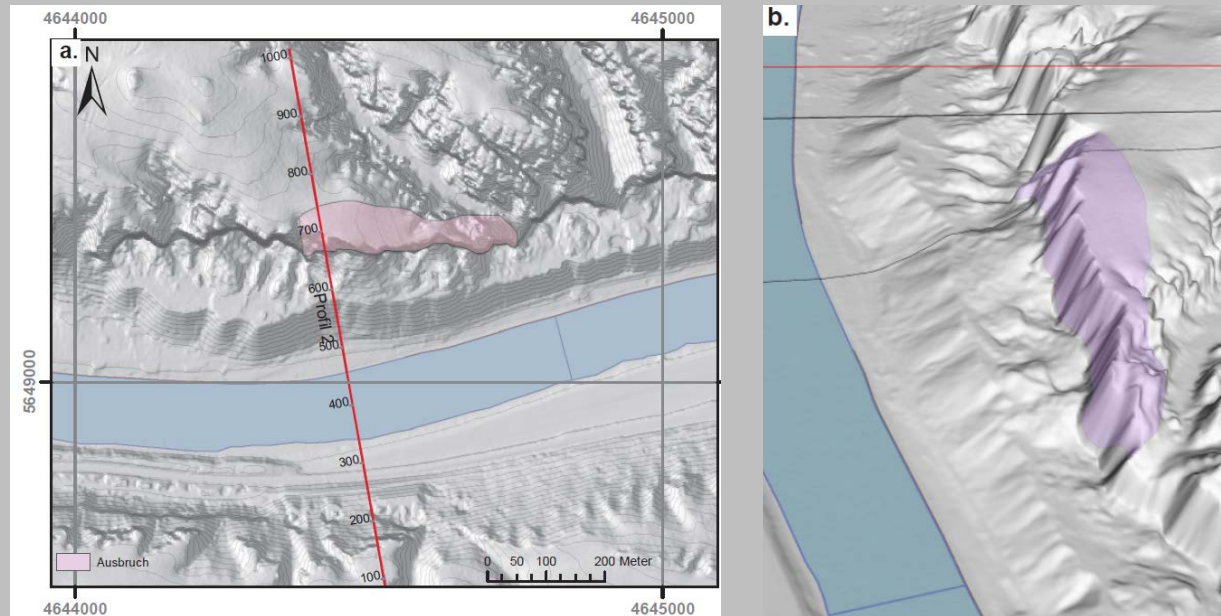
Sturz / Rutsch

Kubaturen	2'000 – 10'000 m ³
Dichte des Materials	1'900 kg/m ³
Reibungsparameter	μ : 0.2 ξ : 200 m/s ² Die verwendeten Reibungsparameter beschreiben einen Murgang mit einer Fließdynamik zwischen granular und flüssig.
Auslösemethode	Abflussganglinie (Hydrograph). Der Hydrograph wurde oberhalb der Haldenterrassen gesetzt.
Momentum	5 %
Auflösung digitales Höhenmodell	2 m

Murgang

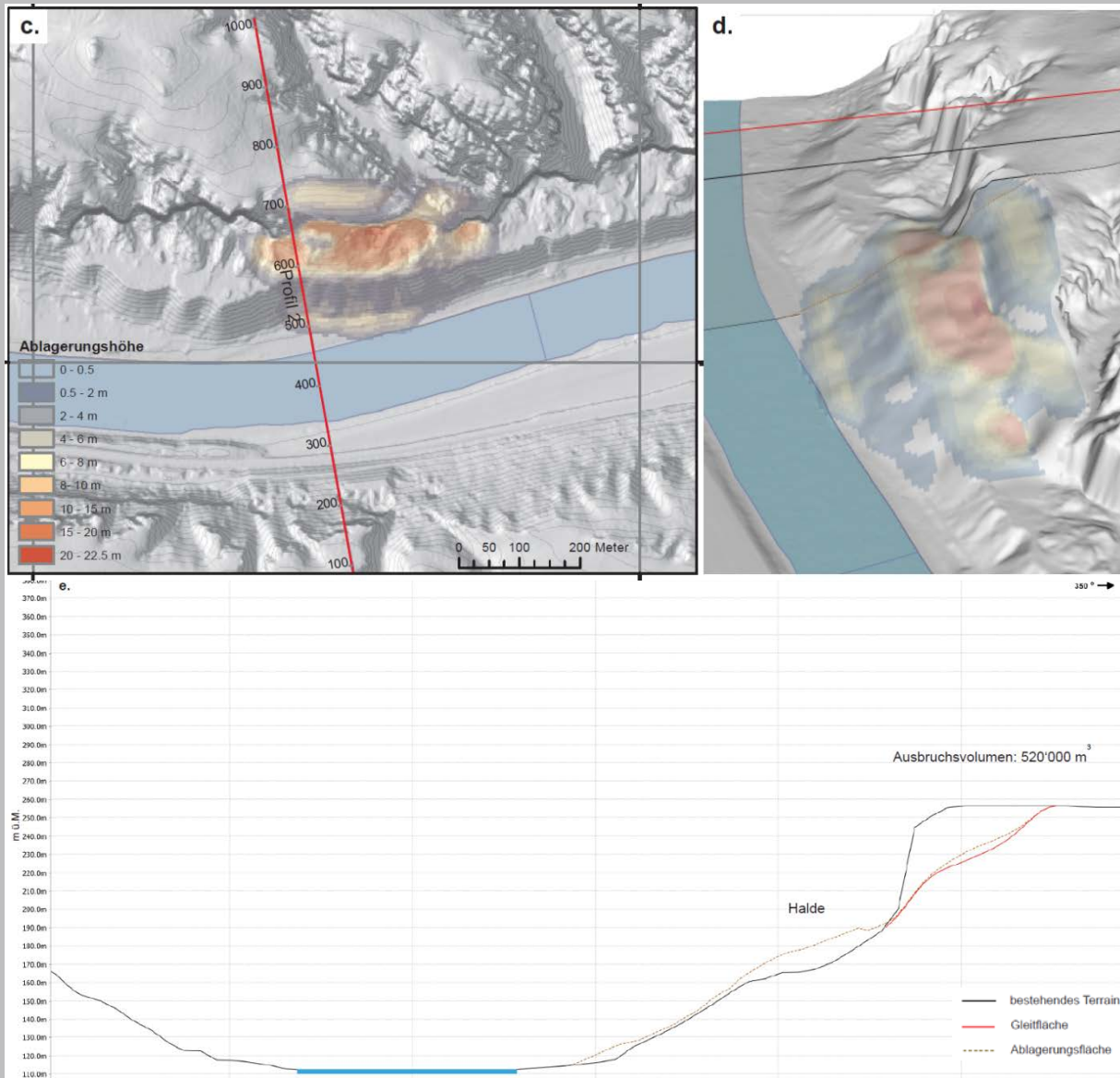
Modellierung der relevanten Szenarien

Kleiner Bergsturz; Weisse Brüche (Sz VI)



- Ausbruchvolumen 520'000 m³
- Ablösung entlang einer vermuteten steilen tektonischen Grenzfläche (ENE-WSW)
- relativ flache hangauswärts geneigte Gleitfläche

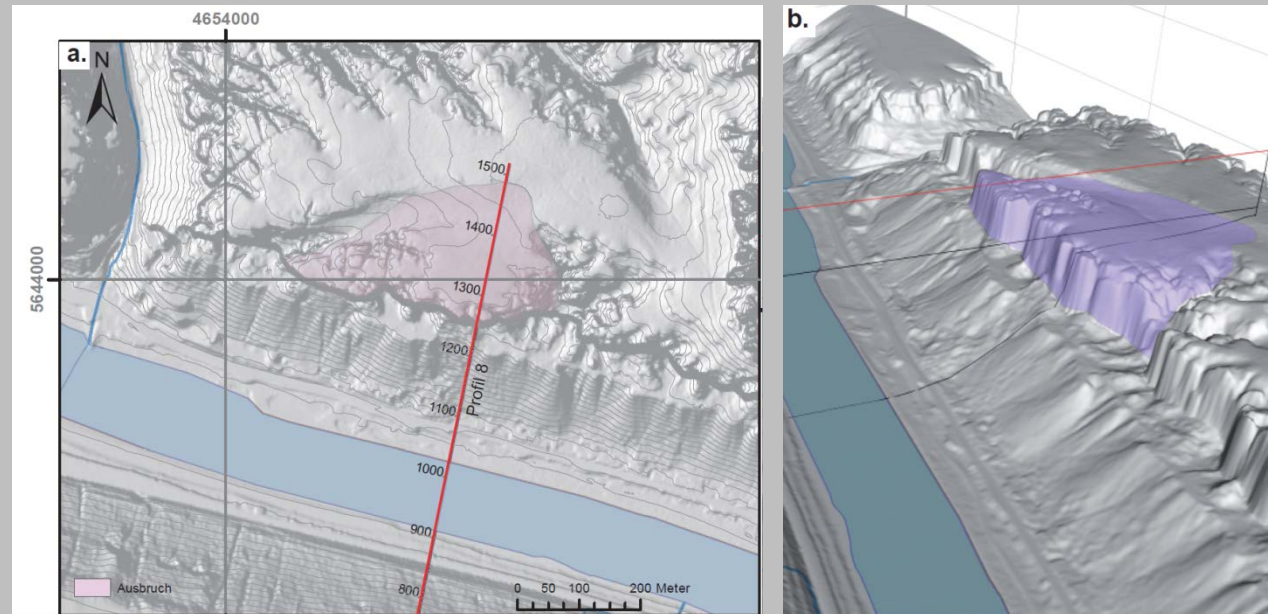
Modellierungsergebnisse Sturz / Rutsch



Kleiner Bergsturz
Weisse Brüche
(Sz VI)

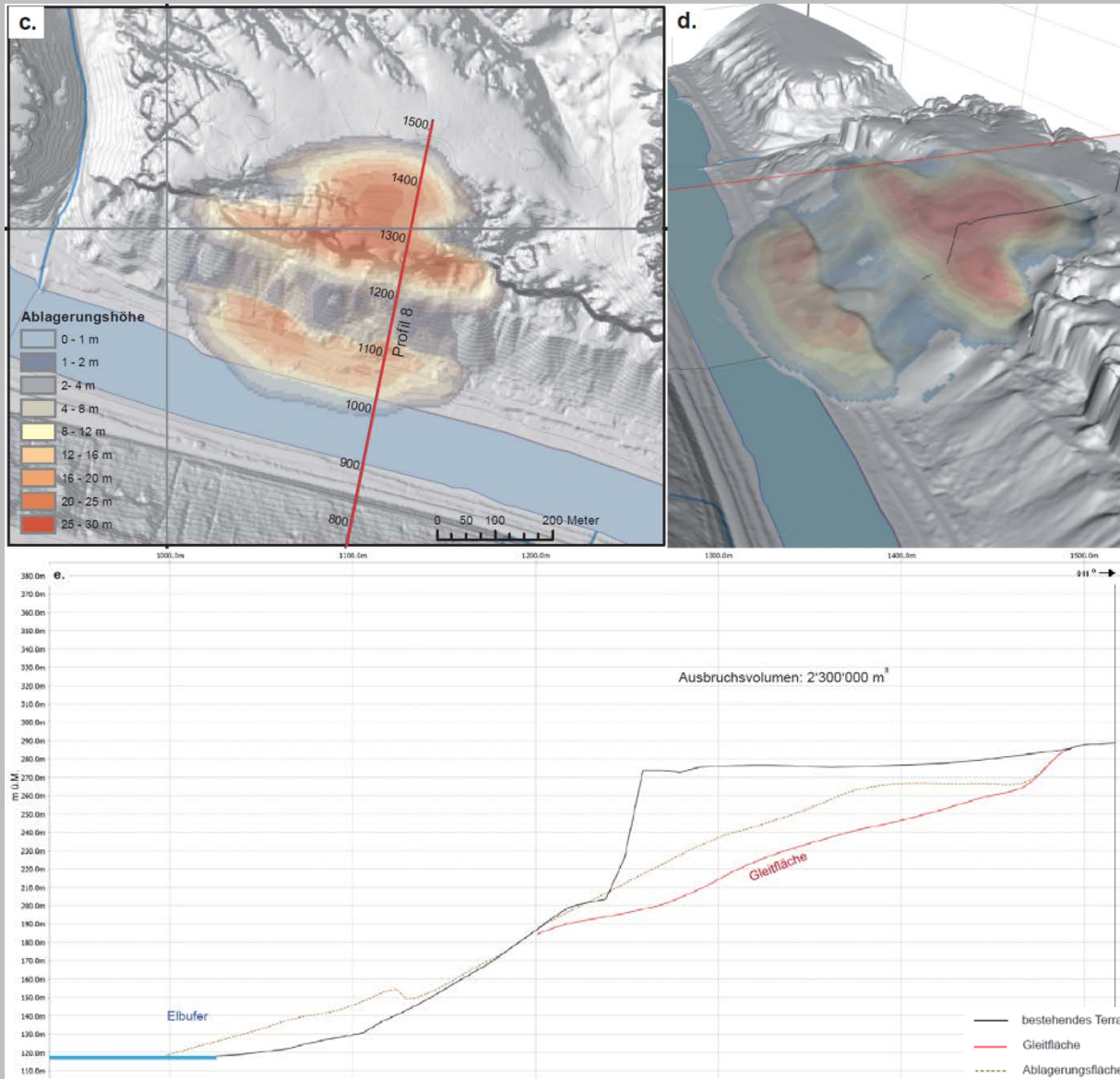
Modellierung der relevanten Szenarien

Mittlerer Bergsturz; Postelwitzer Brüche (Sz VII)



- Ausbruchvolumen 2'300'000 m³
- steil stehende und tiefgreifende Bruchfläche
- talauswärts geneigte Gleitfläche

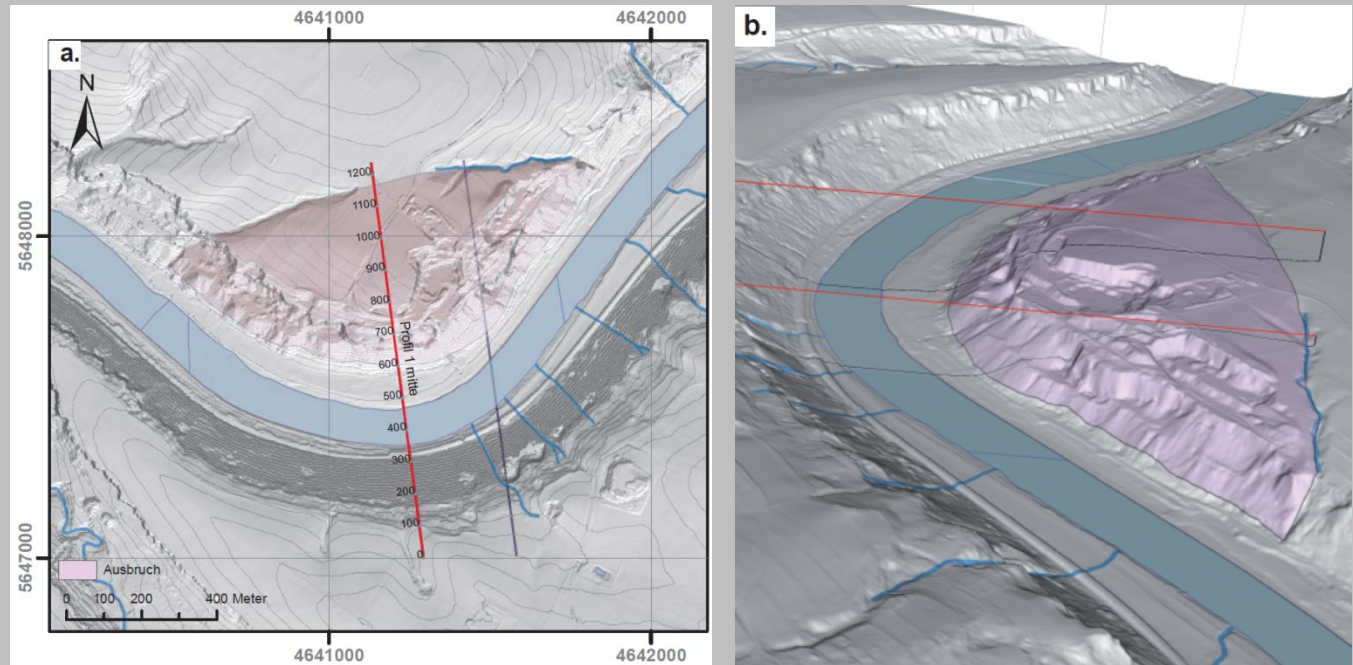
Modellierungsergebnisse Sturz / Rutsch



Mittlerer Bergsturz
Postelwitzer Brüche
(Sz VII)

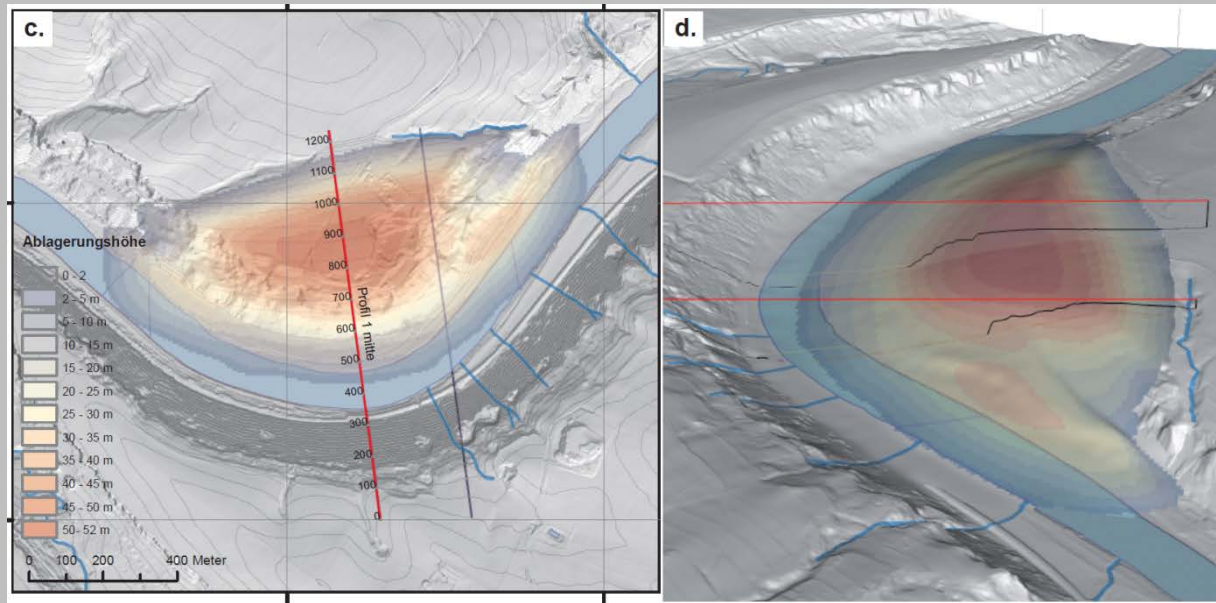
Modellierung der relevanten Szenarien

Grosser Bergsturz; Zeichener Brüche (Sz VIII)

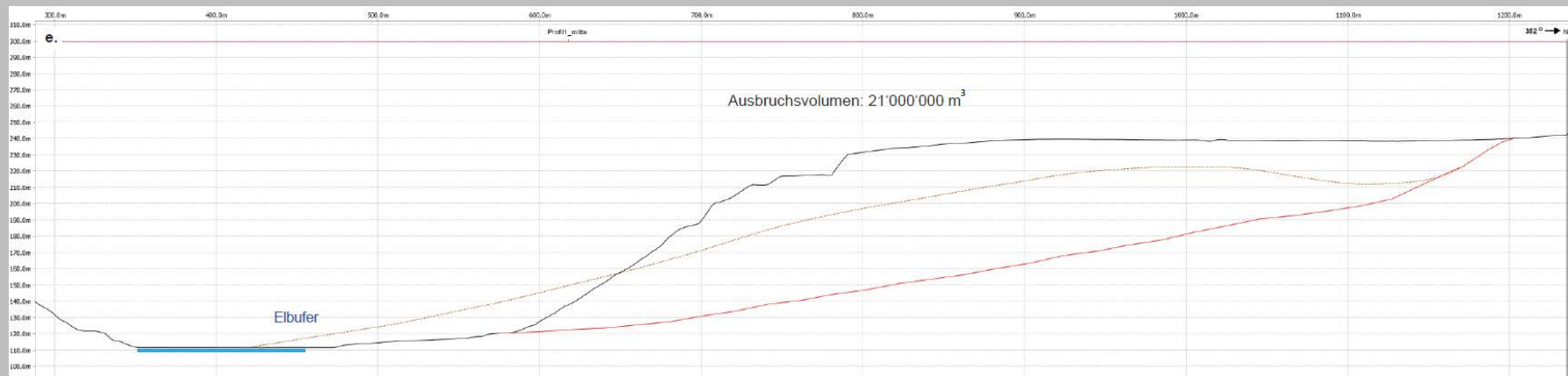


- Ausbruchvolumen 21'000'000 m³
- Abgleiten des gesamten Gebirgsabschnittes
- Ablösung entlang einer postulierten tektonischen Grossstörung

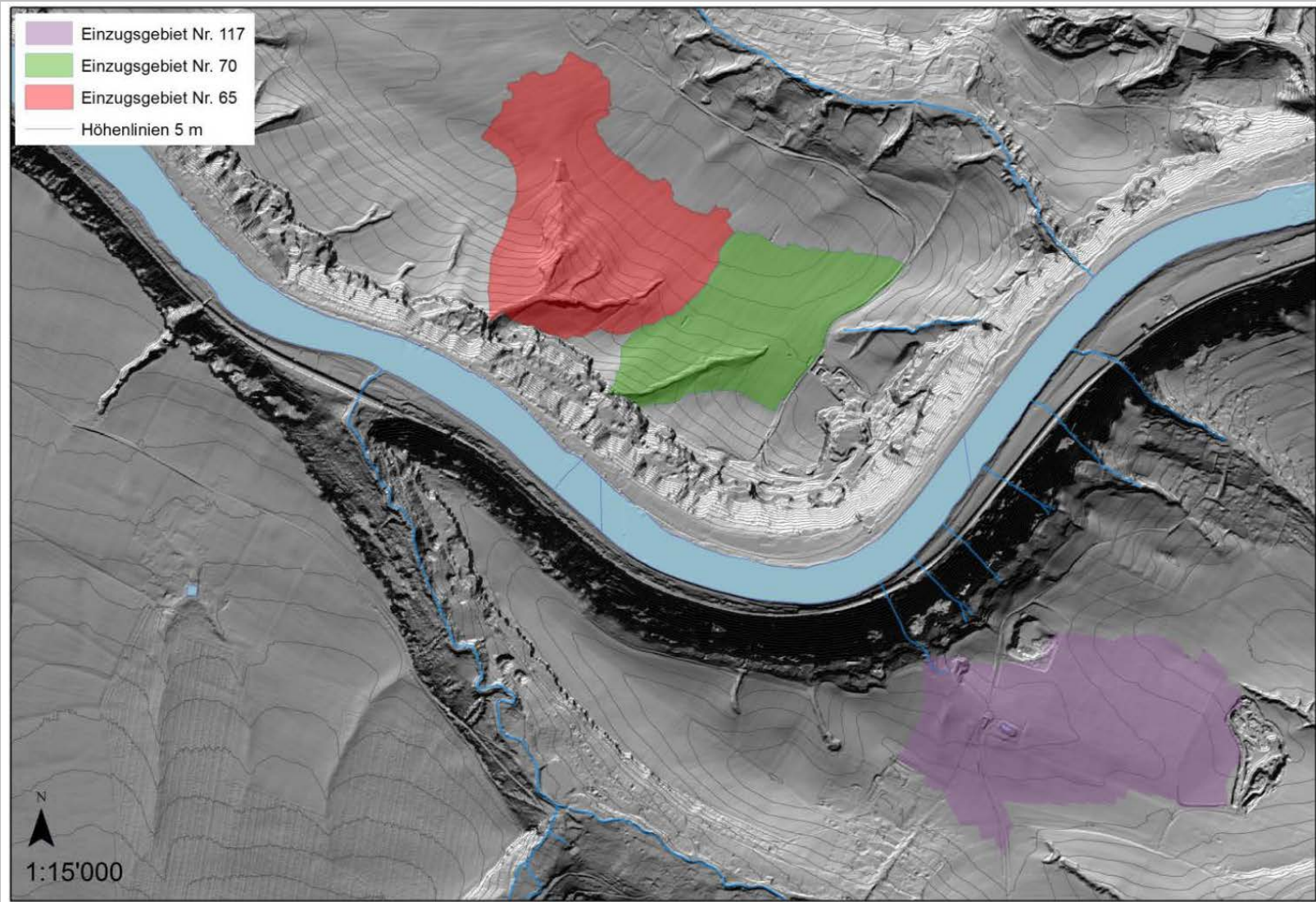
Modellierungsergebnisse Sturz / Rutsch



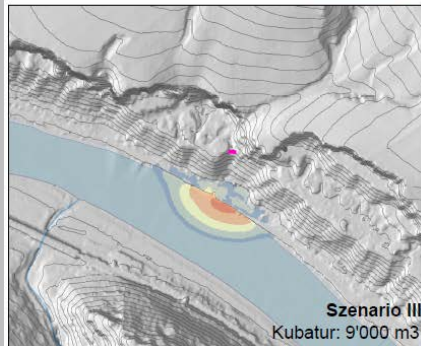
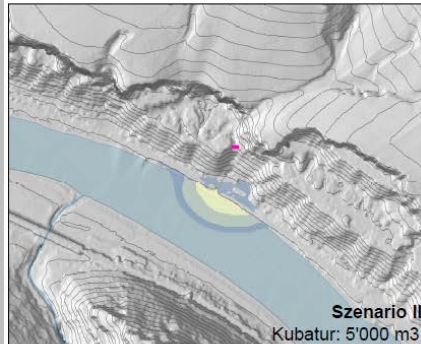
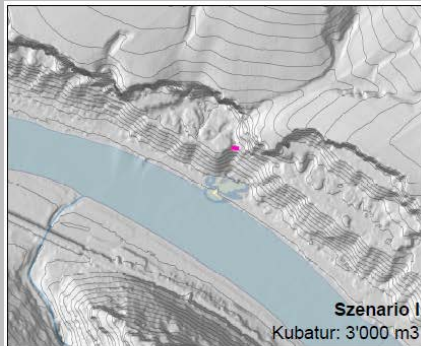
Grosser Bergsturz
Zeichener Brüche
(Sz VIII)



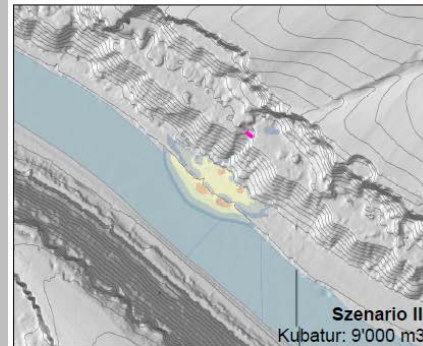
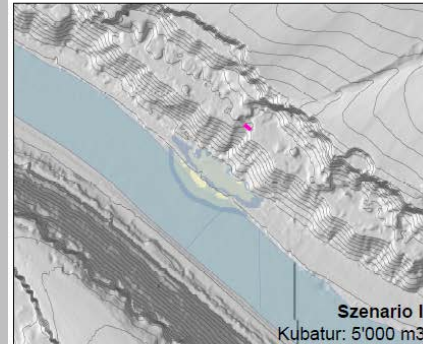
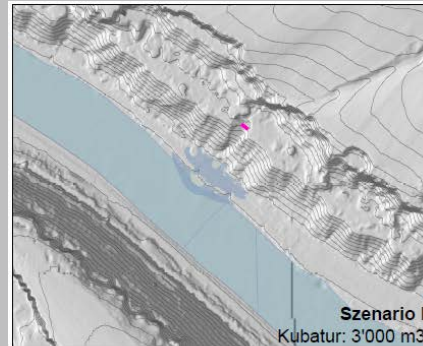
Modellierung der Szenarien Murgang



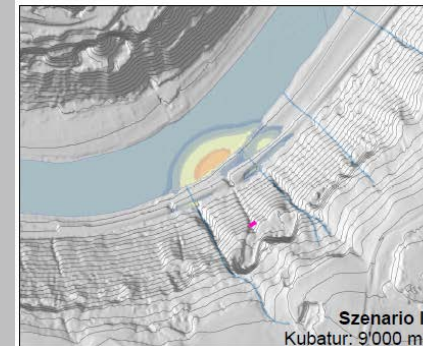
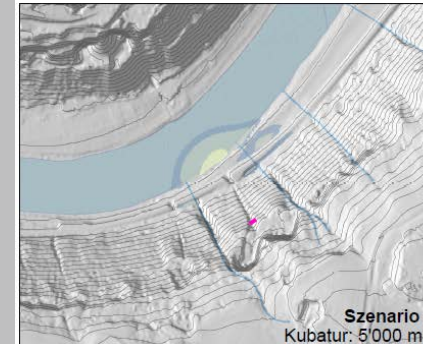
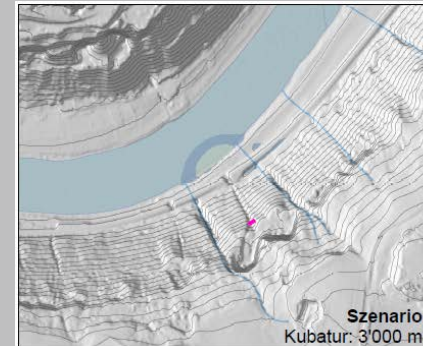
Modellierungsergebnisse Murgang



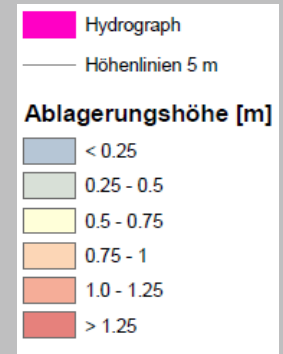
EZG 65,
Fährhaus Zeichen



EZG 70,
Südöstlich Fährhaus Zeichen



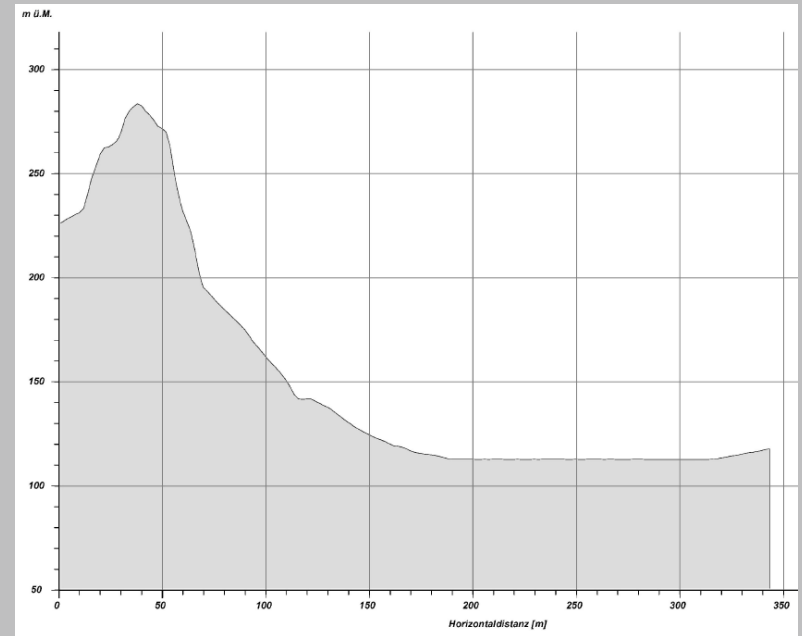
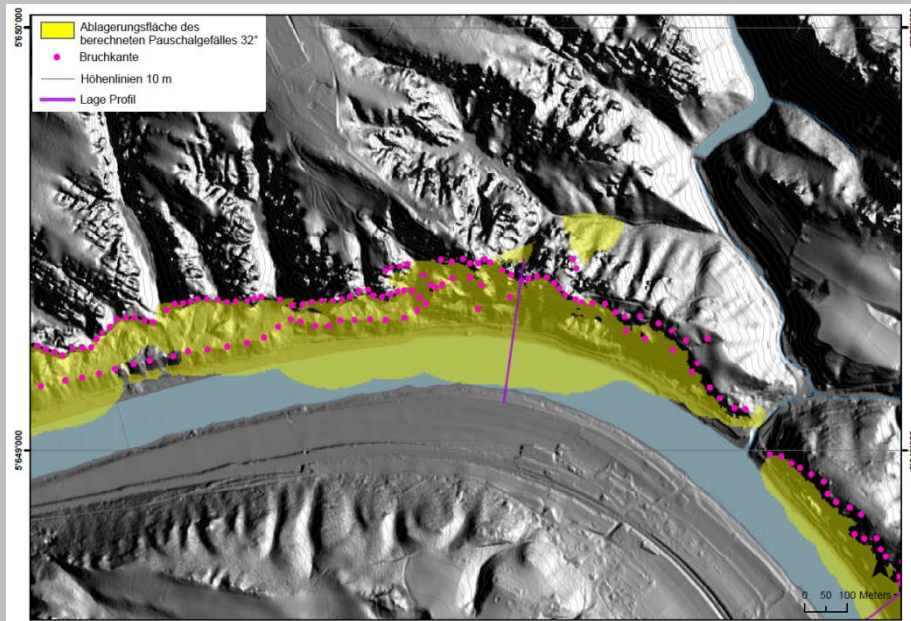
EZG 117,
Obervogelsang



Analyse der Reichweiten von Bergstürzen mittels Pauschalgefälleanalyse

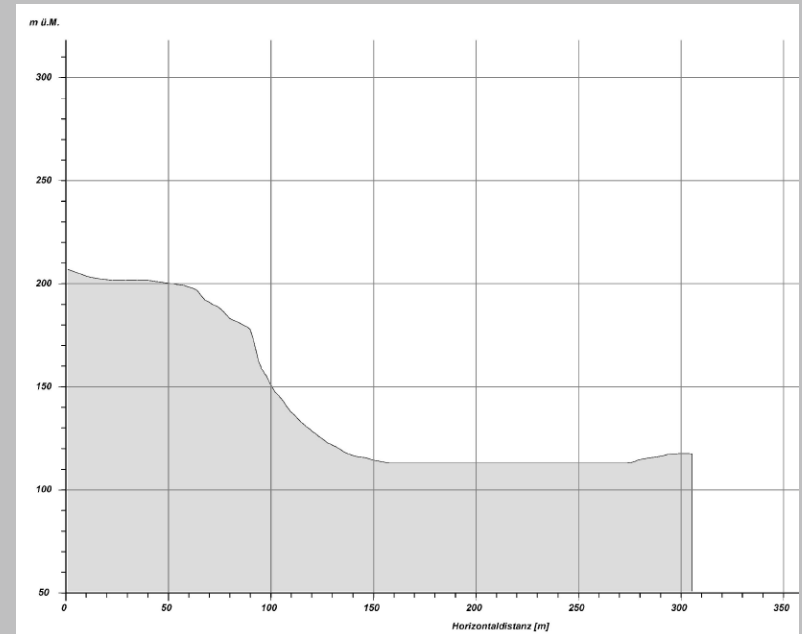
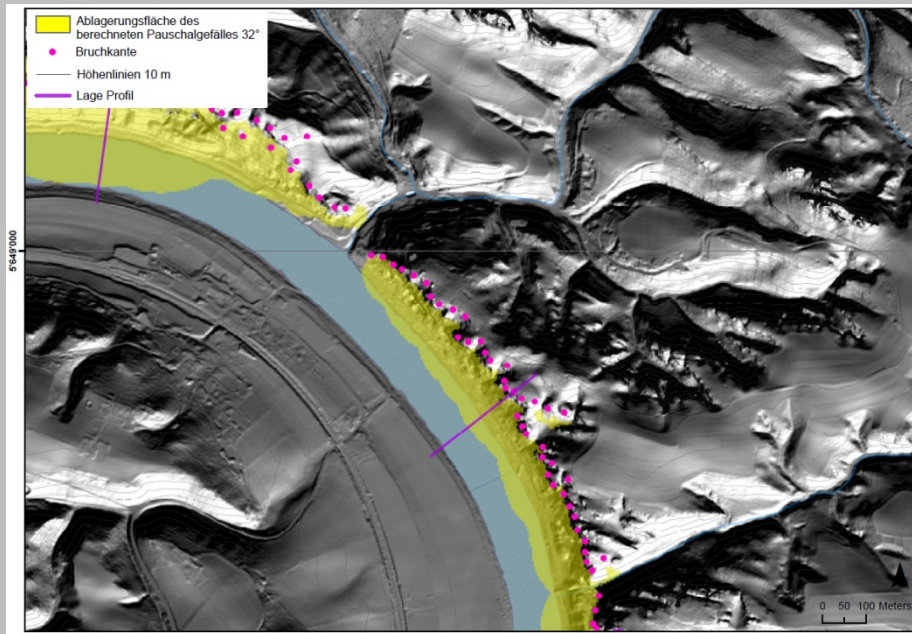
- Pauschalgefälleanalyse mittels ArcGIS
 - Festlegung der Geländekanten
 - Grenzgefälle 32°
 - Theoretische Reichweiten von Sturzblöcken ohne Berücksichtigung der Geländeparameter
 - Pessimistische Szenarien
-
- Aufzeigen einer generellen Prädisposition von Zonen, bei welchen bei grossen Felsstürzen Fragmente bis in den Uferbereich / Fahrwasser der Elbe gelangen können

Analyse der Reichweiten von Bergstürzen mittels Pauschalgefälleanalyse



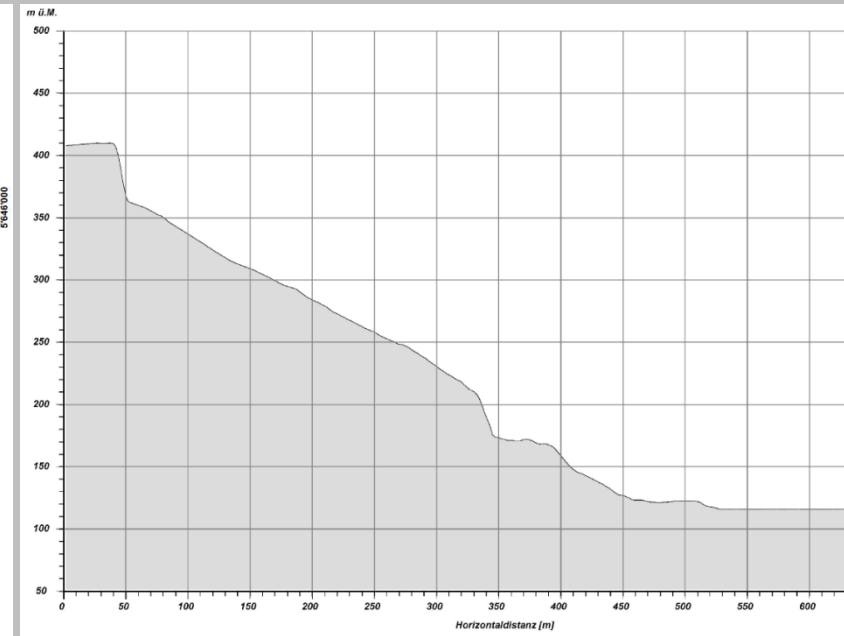
Weisse Brüche II

Analyse der Reichweiten von Bergstürzen mittels Pauschalgefälleanalyse



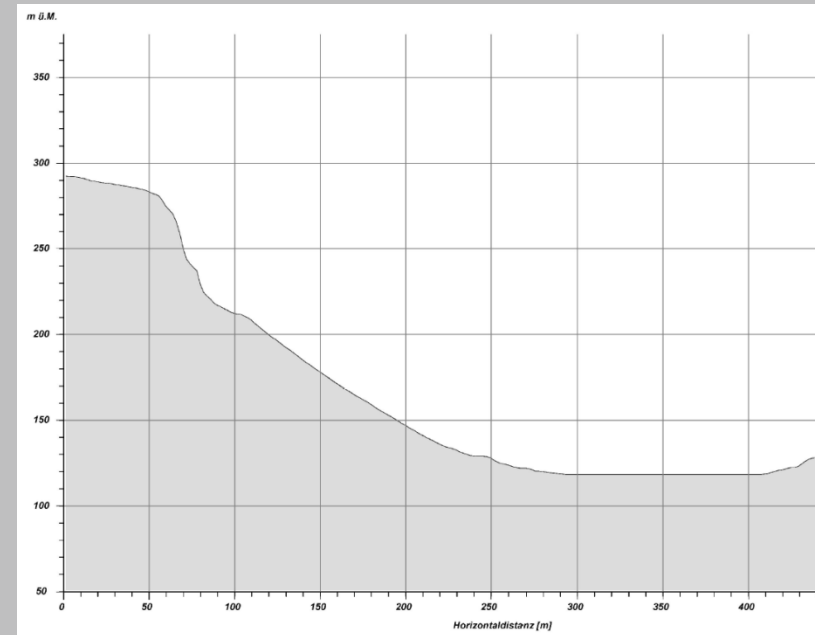
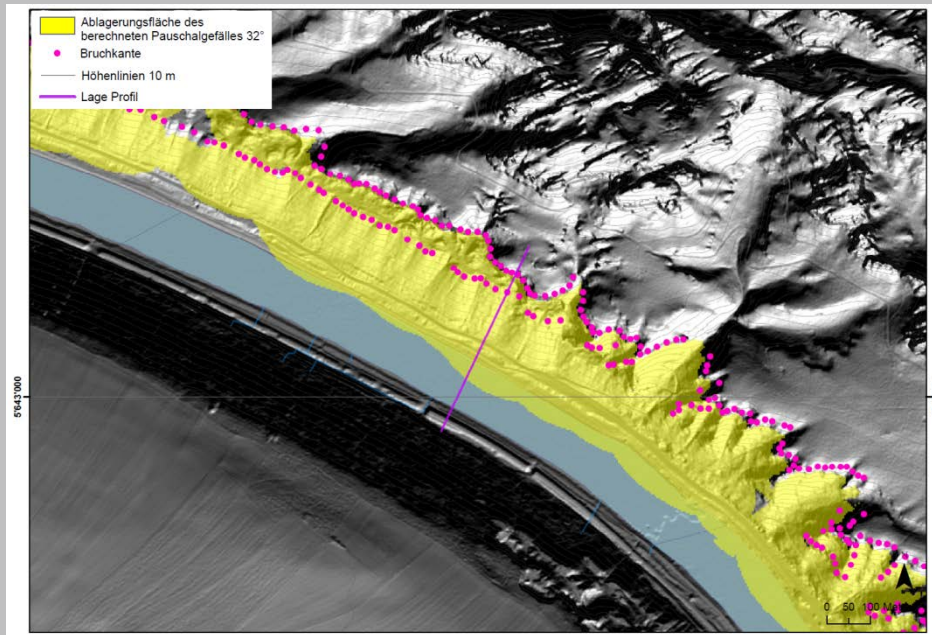
Schulhain Brüche II

Analyse der Reichweiten von Bergstürzen mittels Pauschalgefälleanalyse



Obere Kirchleiten Brüche / Lilienstein

Analyse der Reichweiten von Bergstürzen mittels Pauschalgefälleanalyse



Postelwitzer Brüche III

Verklausungsgefahr der Elbe durch grosse Massenbewegungen

- keine historischen Ereignisse (grosse Bergstürze) bekannt
- während der Eiszeitgeschichte hat es vermutlich Ereignisse gegeben, welche den Elbelauf veränderten
- die «tiefgründige» Gebirgsstabilität ist als gut zu bezeichnen
- das natürliche Gebirge und die künstlichen Halden sind gut drainiert
- aktuell sind keine Anzeichen für grosse Felsgleitungen / Bergstürze zu erkennen
- Murgangkubaturen sind als gering einzustufen

Verklausungsgefahr der Elbe durch grosse Massenbewegungen



Eine Vollverriegelung der Elbe durch grosse Massenbewegungen wird als eher unwahrscheinlich erachtet

Gefahrenpotential entlang der Elbe durch Massenbewegungen

- Entlang des gesamten Elbabschnitts besteht eine Gefährdung durch Sturz Rutsch- und Murgangprozesse mit einer hohen Eintretenswahrscheinlichkeit
- Schadenpotential stellen die am Hangfuß befindliche Siedlung und Verkehrsinfrastruktur dar



Massnahmen zur Überwachung grosser Felsbewegungen



Arbeit am Hängenden Seil

- Sicherung
- Räumung

Drohnenbefliegung

- Inspektion aus der Luft



[<http://flyandcheck.de/drohne.html> (19.032015)]

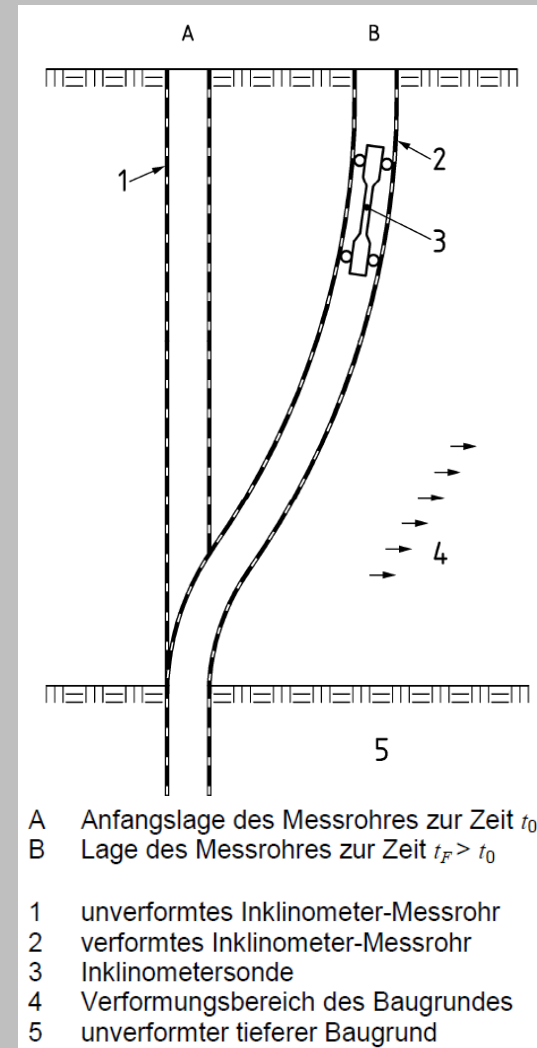
Massnahmen zur Überwachung grosser Felsbewegungen

Inklinometer

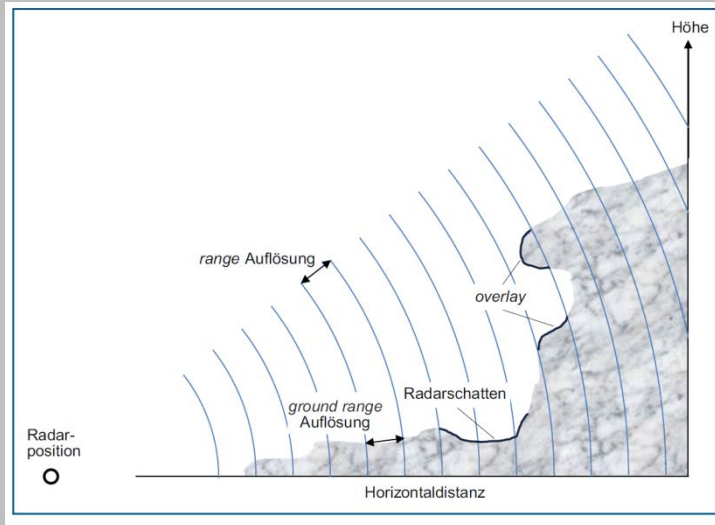
- Überwachung der Hangbewegungen
- Detektieren von Gleithorizonten



[<http://www.stump.ch/de/home/mit/projekte/kombi-setzungsmessungen-mit-piezometer/>]
(19.03.2015)]



Massnahmen zur Überwachung grosser Felsbewegungen



- Radarinterferometrie
- Überwachung des Hanges aus der Ferne

