Zeitschrift: Bulletin für angewandte Geologie

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie

Band: 5 (2000)

Heft: 1

Artikel: Ursachenanalyse der Hanginstabilitäten 1999

Autor: Eberhard, Mark

Kapitel: Die Hanginstabilitäten am Hinter Königstein (Küttigen, AG)

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-222274

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. angew. Geol.	Vol. 5	Nr. 1	S. 85–92	September 2000

Die Hanginstabilitäten am Hinter Königstein (Küttigen, AG)

mit 6 Figuren

MARK EBERHARD *

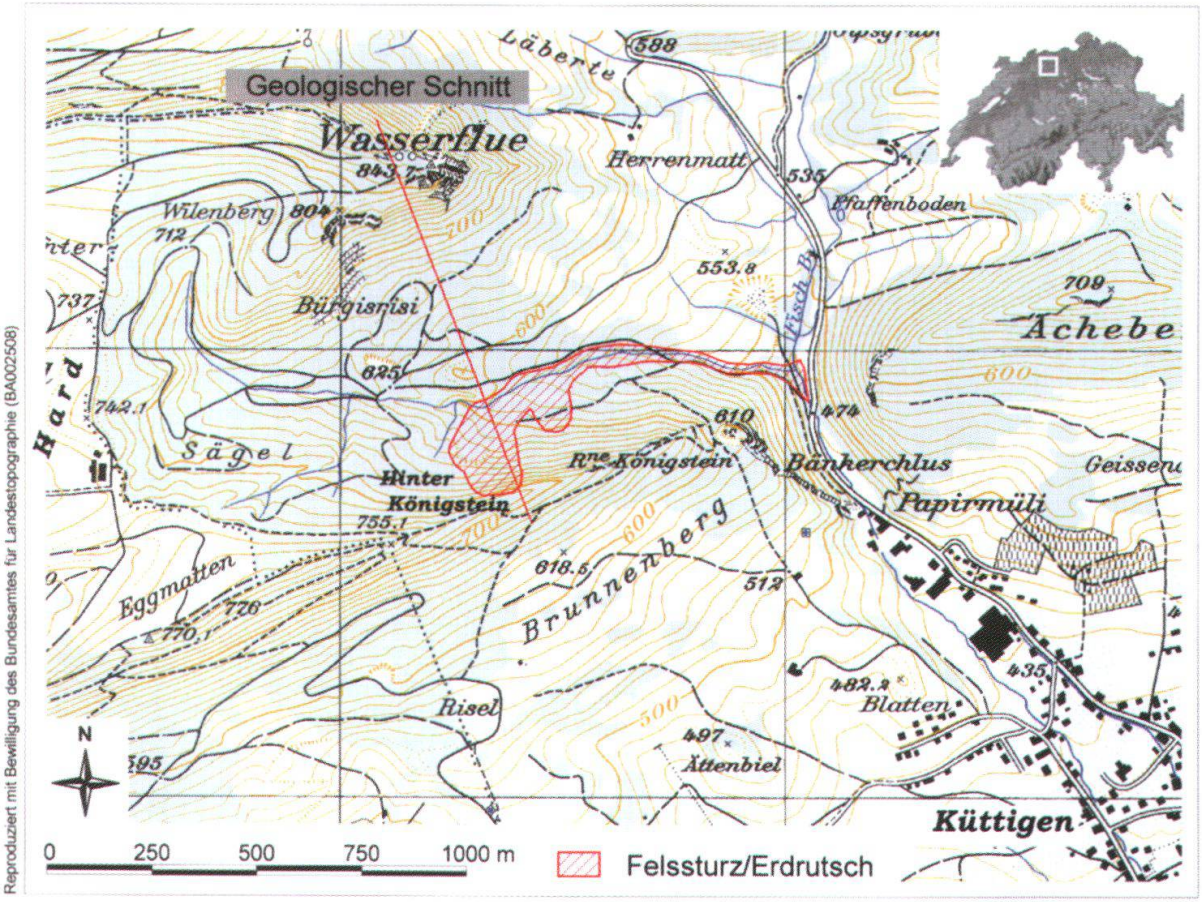
Zusammenfassung

Ende Februar 1999 löste sich am Brunnenberg nördlich von Aarau rund 150'000 m^3 Gestein, stürzte in die Tiefe und floss in Form einer wassergesättigten Masse bis an die Benkenstrasse. Aufgrund des geologischen Aufbaues am Brunnenberg sind weitere Felsstürze zu erwarten, welche die Anwohner in diesem Raum gefährden. Letztlich auslösendes Moment des Felssturzes war die Kombination von intensiven Regenfällen und der Schneeschmelze, welche zu einer Übersättigung der Opalinuston-Schichten führte und diese schliesslich zum "Fliessen" brachte.

1. Ereignis

Der sich im Aargauer Jura in Küttigen nördlich von Aarau (Koordinaten: 644'325/252'700) im Februar 1999 ereignete Felssturz darf hinsichtlich seiner Grösse, Dynamik und seinem Gefährdungspotential für die Anwohner in dieser Gegend als herausragendstes Naturereignis der letzten Jahre gelten.
In der Nacht vom 23. auf den 24. Februar 1999 stürzte im nördlichen Teil des Brunnenberges im Bereich Hinter Königstein auf einer Höhe zwischen 710 m ü.M. (Hauptrogenstein) und 660 m ü.M. (Opalinuston) rund 150'000 m^3 Gestein in die Tiefe. Es floss stark wassergesättigt in derselben Nacht ca. 800 m Richtung Osten bis unmittelbar an die in diesem Abschnitt auf 480 m Höhe liegende Benkenstrasse (Fig. 1, 2). Frische Ablagerungen am Gegenhang des Abrisses, die entstanden, als die hauptsächlich aus Opalinuston bestehenden Schlammmassen bis 1.5 m über das natürliche Terrain aufgeworfen wurden, zeugen von der grossen Gewalt und der Geschwindigkeit des Ereignisses (Fig. 3). Das entfestigte, mit Wasser vermischte Opalinustonmaterial wurde dabei explosionsartig an den Gegenhang geschleudert, dort zurückgeworfen und ist anschliessend der natürlichen Talung entlang Richtung Benkenstrasse geflossen. Im unteren Drittel des Prozessraumes konnten auf dem gewachsenen Terrain hangparallel verlaufende Rutschstriemen festgestellt werden. Auch diese Striemung, in Kombination mit der sich in diesem Bereich stark verengenden Talung, ist ein Hinweis auf die grosse Geschwindigkeit der Massenbewegung. Während die Gesteinstrümmer der betroffenen Kalke grösstenteils direkt unterhalb der Abrissstelle verblieben (Felssturz), floss die Opalinuston-Schlammmasse bis unmittelbar an die Benkenstrasse. Da sie den Fischbach auf-

* Eberhard & Partner AG, Schachenallee 29, 5000 Aarau



Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie (BA002508)

Fig. 1: Topographische Übersicht über das Felssturzgebiet am Brunnenberg in Küttigen (AG).

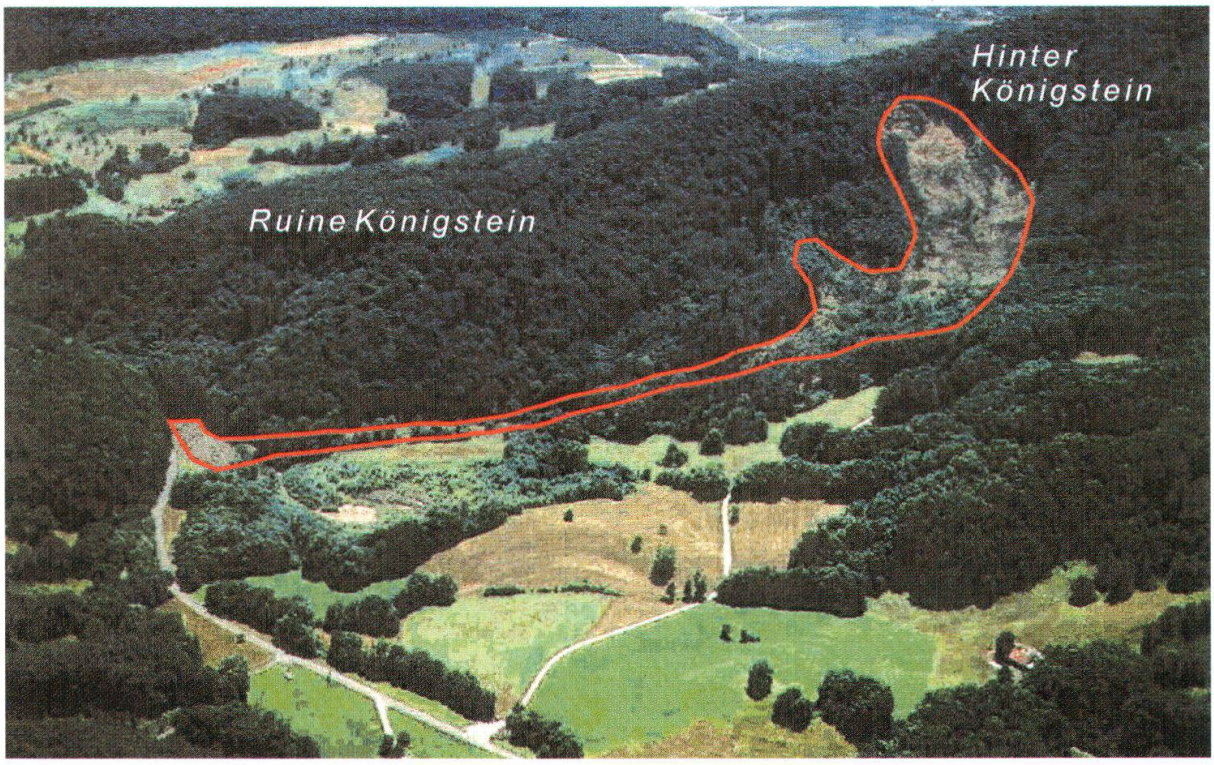


Fig. 2: Gesamtbild über das Felssturzgebiet (Flugaufnahme Richtung Süden).

staute und das ebenfalls aufgestaute Wasser des Wilebergbaches ungehindert in sie eindringen konnte, wurde als Sofortmassnahme der Fischbach um sie herumgeführt, in ein neues Bachbett verlegt und in der Folge eingedolt. Gleichzeitig wurde der Wilebergbach im oberen Teil des Felssturzes in einem teils offenen, teils geschlossenen Gerinne um die Schlammmasse herumgeführt und in den Fischbach eingeleitet. Da sich die Schlammmasse während der Ausführung der beschriebenen Massnahmen weiter Richtung Küttigen zu bewegte und ein murgangähnlicher Ausbruch zu befürchten war, wurde die Benkenstrasse gesperrt und ein Konzept zur Alarmierung und Evakuierung der Anwohner aufgestellt. Die hier geschilderte Rutschung kann als periodisch rückwärts schreitend respektive progressiv bezeichnet werden. Schon 1961 und 1974 wurden in diesem Bereich Felsbewegungen festgestellt, welche vorerst im Opalinuston verblieben und erst jetzt auch in die höheren Schichten der Murchisonae- bis Hauptrogenstein-Schichten hinaufgriffen.

2. Disposition

2.1 Grunddisposition

Geologisch baut sich der Brunnenberg vom Wilebergbach bis an die Krete beim Hinter Königstein aus den Opalinustonschichten über die Murchisonae-Kalke bis zu den kompakten Hauptrogensteinkalken auf (Fig. 3, 4). All diese Schichten gehören dem Dogger an. Sie wurden durch den letzten Schub der Alpenfaltung steil gegen Norden aufgestellt und fallen somit mit rund 60° gegen Süden Richtung Aarau ein. Neben dieser Schichtung sind die Kalke stark von in nördlicher Rich-

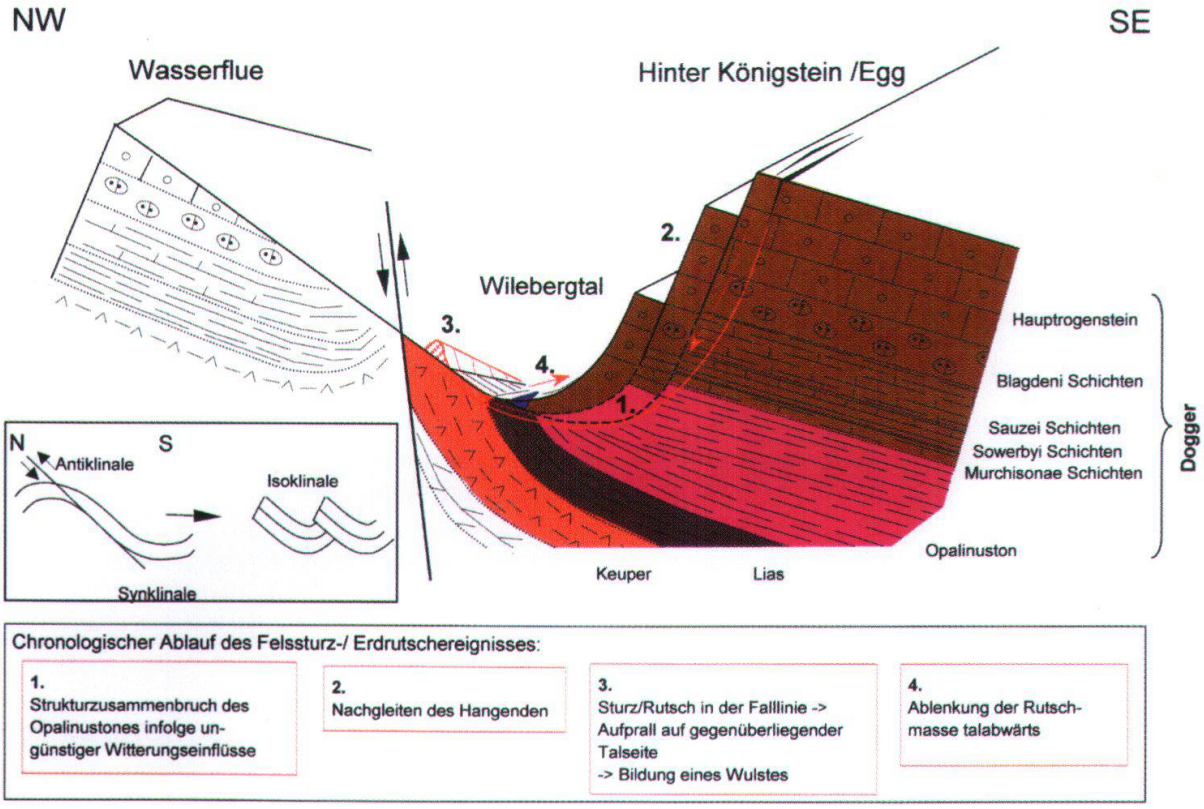
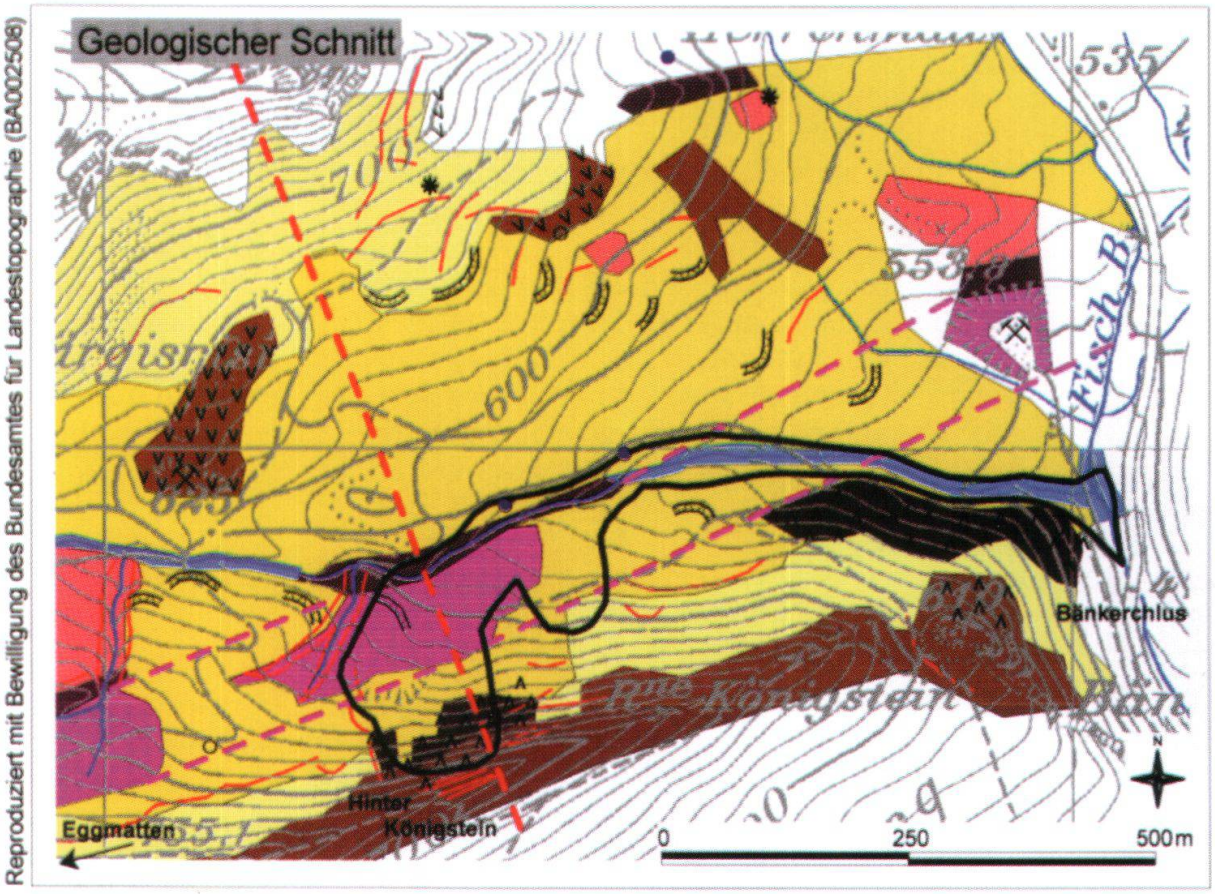


Fig. 3: Geologischer Schnitt durch den Felssturz im Wasserflue-Brunnenberggebiet und chronologischer Ablauf des Felssturzereignisses.



Legende

- Felssturz/Erdrutsch
- Anrisse
- Rutschwülste
- Versackungen
- Ausbisslinien des Opalinustones
- Quellen ungefasst/gefasst
- Doline
- Grube

- Gehängeschutt trocken
- Gehängelehm
- Alluvionen
- Hauptrogenstein
- Unterer Dogger
- Opalinuston
- Lias
- Keuper

- Dogger

- Lias

- Keuper

Fig. 4: Geologische Karte des Brunnenberggebietes.

tung fallenden Klüften durchzogen. Die Opalinustonschichten ziehen nördlich des Brunnenberges von Eggmatten bis in den Bereich nördlich der Bänkerchlus (Fig. 4). Die Schichten entfernen sich hierbei von Westen nach Osten vom eigentlichen Hangbereich des Brunnenberges über den Talbereich des Wilebergbaches an den Gegenhangbereich der Wasserflue.

Die starke Klüftung der Kalkschichten im Bereich der Felskrete ermöglicht dem Wasser einen ungehinderten Zugang bis tief in diese hinein. Durch Frost-Tau-Zyklen, vor allem am Übergang vom Winter zum Frühling, werden diese Klüftungen

zusätzlich aufgeweitet und vergrössert, so dass das Wasser bis zu den schlecht durchlässigen Opalinustonschichten gelangt, sich an diesen staut und in Form von Quellen hervortritt. Die Hauptentwässerungsrichtung verläuft südwärts, im Fallen der Schichten, also in entgegengesetzter Richtung der Rutschung. Da jedoch auch der quellfähige Opalinuston von feinen Kluftsystemen durchzogen ist, dringt das Wasser ebenfalls tief in diese Schichten ein und weicht sie auf. Der Opalinuston ist im trockenen Zustand ein festes Gestein. Durch Wasserzufuhr wird es jedoch stark aufgeweicht, so dass es vom festen in den "fliessfähigen" Zustand übertreten kann. Durch das auf den Opalinustonschichten lagernde Gewicht der Murchisonae- bis Hauptrogenstein-Kalke wird der Ton zusätzlich instabil. Das System gerät aus dem Gleichgewicht und die Tonschichten werden durch die Kalküberlast talwärts gedrückt. Die überliegenden Kalkschichten verlieren dadurch den Halt und stürzen ebenfalls zu Tale. Der hier geschilderte Vorgang wird durch das im Bereich des Brunnenberges vorliegende steile Relief noch zusätzlich begünstigt, da an der Basis die den Vorgang bremsende Fusslast weitgehend fehlt.

2.2 Variable Disposition

Die extremen Witterungsverhältnisse am Übergang vom Winter zum Frühling 1999 begünstigten die oben geschilderten Mechanismen und verschlechterten die schon ungünstige geologisch-hydrogeologische Grunddisposition. Anfang Januar bis zum Ereignis am 23./24. Februar 1999 erfolgten mehrere Frost-Tauphasen. Vor allem zu Beginn des Februars sanken die Temperaturen bis gegen -15 °C ab, um sich anschliessend wieder bei 5 – 6°C einzupendeln. Diese Daten stammen von der Wetterstation Buchs/Suhr auf rund 387 m ü.M.. Tiefgreifende Frosteinwirkungen und eine in der Auftauphase verursachte starke Durchnässung des Opalinustones waren die Folge. Vor dem Ereignis erfolgten zusätzlich ergiebige Regenfälle, welche durch das Wasser der Schneeschmelze noch ergänzt wurden und die schon gesättigten Bodenschichten zusätzlich mit Wasser belieferten.
Letztlich auslösendes Ereignis dürfte die Kombination von ergiebigen Regenfällen und einsetzender Schneeschmelze gewesen sein (Fig. 5).

3. Gefahrenmanagement

Die unruhigen Geländeformen im Bereich Hinter Königstein bis Eggmatten zeigen auf, dass im westlichen Teil (Richtung Eggmatten) schon mehrere Hangbewegungen erfolgt sind (Fig. 4). Die Steilheit des Geländes ist in diesem hinteren Bereich des Wilebergtales nicht mehr so ausgeprägt wie im vorderen, vom jetzigen Felssturzgebiet bis in den Bereich der Ruine Königstein gelegenen Teil. Die Ausgleichsbewegungen sind im hinteren Talbereich somit schon grösstenteils erfolgt. Kleinere Hangbewegungen sind jedoch nach wie vor zu erwarten. Von der Abrissstelle Richtung Bänkerchlus bis dort, wo der Opalinuston in den Gegenhang hineinzieht, ist die Steilheit des Geländes jedoch gross und weitere grössere Felsstürze sind auch in Zukunft zu erwarten.

3.1 Überwachungsmethoden

Nach den ersten Massnahmen, wie der Umleitung des Fischbaches, der Verlegung des Wilebergbaches (Entwässerung der Schlammmasse), der ständigen Beobachtung der Anrissstelle durch Zivilschutzleute und der Beobachtung der Risse auf der

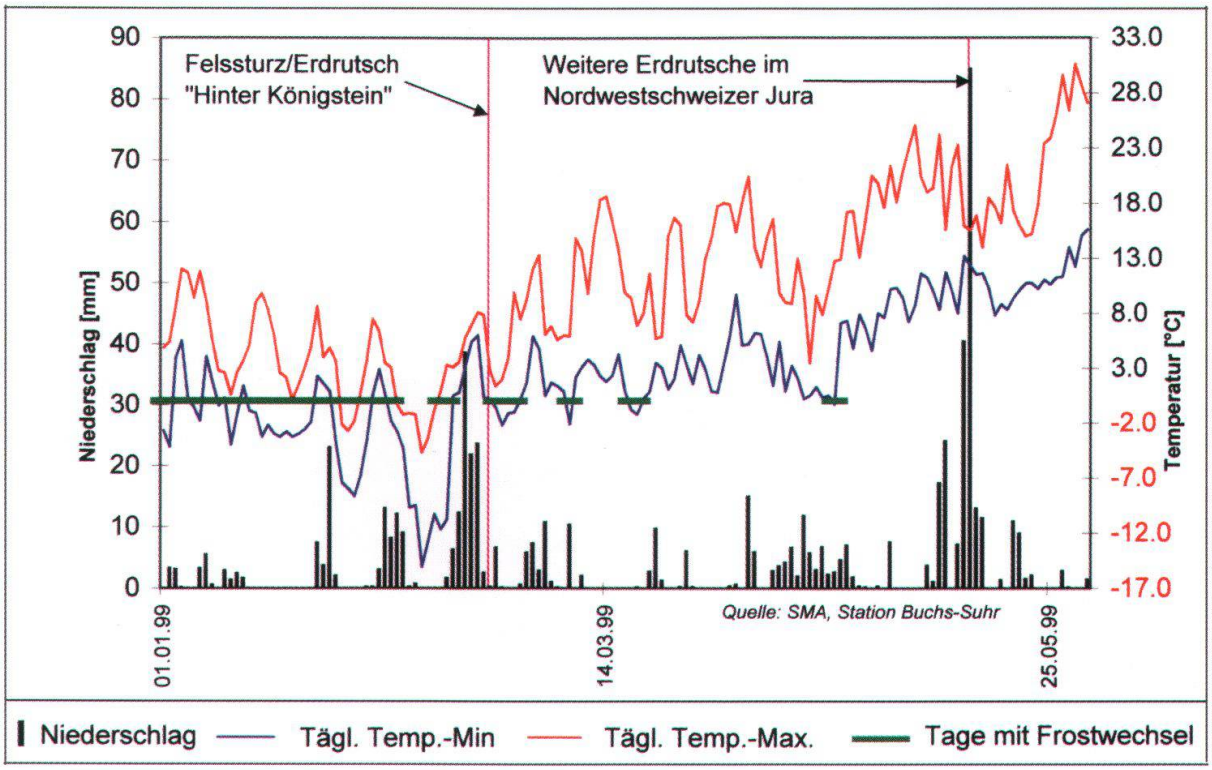
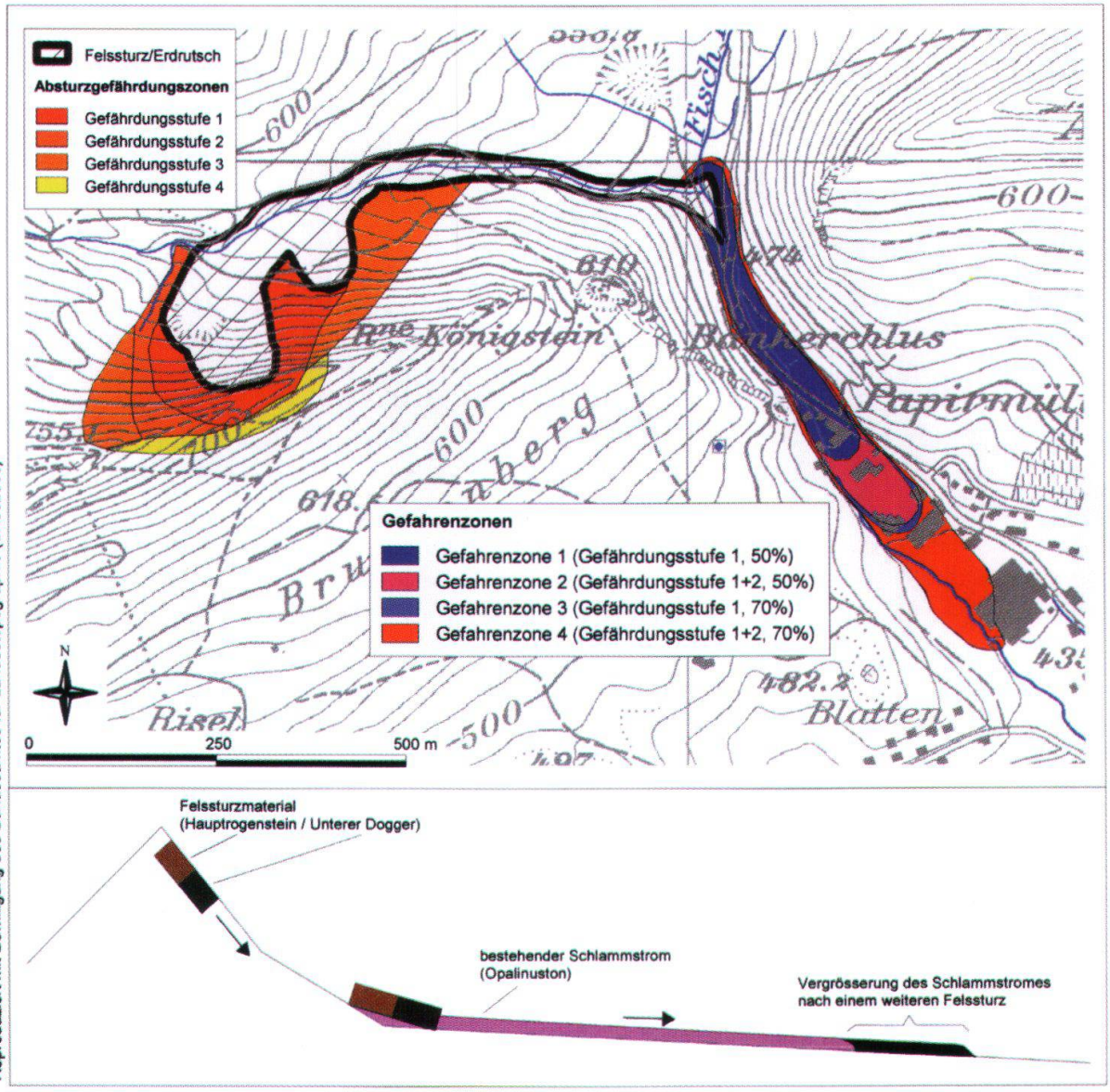


Fig. 5: Die klimatischen Verhältnisse vor, während und nach dem Felssturz.

Krete des Brunnenberges, wurden so bald als möglich exaktere Methoden der Überwachung vorgenommen. Neben der Absperrung des gesamten Gefahrengebietes inklusive der Benkenstrasse wurde zusätzlich ein erstes Sicherheitsdispositiv (Alarmsystem) eingerichtet, mit dem bei weiteren zu befürchtenden Felsstürzen oder Murgängen eine Alarmierung und gegebenenfalls eine Evakuierung der Bevölkerung hätte erfolgen können. In einem zweiten Schritt wurden vom Gegenhang (Liasrippe) aus mittels eines Theodoliten die Felsbewegungen sowie an einzelnen Stellen die Bewegungen des Schlammstromes beobachtet. Zu diesem Zweck wurden entlang der Anrissstelle und in der Felssturzmasse Reflexionsprismen sowie im Schlammstrom einzelne Fixpunkte versetzt und in der Folge Winkelmessungen vorgenommen. Gleichzeitig wurden die Risse auf der Krete des Brunnenberges mittels einfacher Distanzmessungen kontrolliert. Seit einigen Monaten ist dort nun ein automatisches Überwachungssystem installiert. Mittels 6 Weggebern, welche tief in Spalten hinter und seitlich der Abrissstelle installiert sind, werden die relativen Bewegungen der Felspartien (Distanzmessungen) permanent registriert und in einen Datenlogger eingespiesen. Das ganze System wird mit Solarenergie betrieben. Bei Überschreitung eines definierten relativen respektive absoluten Bewegungsbetrages im Spaltensystem wird eine Alarmmeldung per Mobilfunk übermittelt. Diese wird interpretiert und je nach Sachlage das Sicherheitsdispositiv in Gang gesetzt. Zur definitiven Interpretation der Bewegungsbeträge werden die gesamten Daten periodisch vor Ort abgerufen.

3.2 Verhalten der Anrissstellen

Die mittlerweile über eine Periode von rund 12 Monaten erfolgten Winkelmessun-



Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie (BA002508)

Fig. 6: Gefahrenkarte im Bereich des Brunnenberges.

gen lassen erkennen, dass vor allem das östliche Anrissgebiet sowie die Sackungsmasse innerhalb des Rutsches (Fig. 4) immer noch in Bewegung sind. Die neu eingerichteten Spaltenmessungen ergeben zur Zeit Bewegungen von maximal 0.3 mm pro Monat.

3.3 Gefährdung der Anwohner

Auf der Basis einer ersten geologischen Bestandesaufnahme wurde unmittelbar nach dem Naturereignis eine Beurteilung der Gefährdung der Bevölkerung in der Bänkerchlus durch weitere Felsstürze vorgenommen und in der Folge eine Gefahrenkarte erstellt (Fig. 6). In einer Erstbewertung wurde aufgrund des sehr nassen Schlammmaterials und der labilen Felspartien an der Abrissstelle ein potentielles Ausdehnungsszenario der Schlammmasse durch nachträglich in sie hineinstürzende Felspartien erstellt. Dies erlaubte es, eine Ersteinschätzung der Gefährdung der

Anwohner durch ein solches Ereignis vorzunehmen. Für die Ausscheidung der Gefahrenzonen wurde einerseits das Anrissgebiet in Gefährdungsstufen eingeteilt sowie andererseits der Wassergehalt der Schlammmasse, welcher mit bis 50 Volumenprozent (Labordaten) recht hoch lag, mitberücksichtigt. Die Gefährdungsstufen des Anrissgebietes geben Auskunft darüber, wie absturzgefährdet eine Felspartie ist. Dabei bedeutet Stufe 1 eine hohe und Stufe 4 eine niedrige Absturzgefährdung. Falls nun 50 % der Gefährdungsstufe 1 in die immer noch nasse Schlammmasse hineinstürzt, ergibt sich die Gefahrenzone 1, das heisst, dass dann die Bevölkerung in dieser Zone stark gefährdet ist. Im Laufe der Zeit trocknete infolge der Entwässerung des Systems die Schlammmasse langsam aus und im Anrissgebiet liess sich durch die regelmässig eingehenden Bewegungsmessungen eine Verlangsamung der Deformationen feststellen, so dass eine Gefährdung der Bevölkerung durch nachstürzende Felsmassen in den Sommermonaten praktisch ausgeschlossen werden konnte. In der Folge konnte nun eine den veränderten Verhältnissen angepasste Gefahrenkarte erarbeitet werden.
Wie aber verhält sich das System in Zukunft, speziell am Übergang vom Winter zum Frühling, also dann, wenn wiederum die gleichen Ausgangsbedingungen in Form von Frost-Tauphasen und hohen Niederschlägen wie zur Zeit des Felssturzereignisses herrschen?
Wenn wir den räumlichen Verlauf des Opalinustones bis zu seinem Übergang zum Gegenhang sowie die aufgelockerten Kalkschichten auf der Krete des Brunnenberges ansehen, so verbleiben im östlichen Teil noch einige Felspartien, welche potentiell stark rutschgefährdet sind (Fig. 4). Da diese noch näher beim Siedlungsraum liegen, ist bei einem entsprechend grossen Felssturz die Gefährdung der Bevölkerung noch grösser wie bis anhin. Die schon ausgeführten Überwachungs- und die im nächsten Kapitel erläuterten Sanierungsmassnahmen sind somit im Hinblick auf die kommenden Winter-Frühlingsperioden dringend notwendig.

3.4 Zukünftige Sicherungsmassnahmen

Die vordringlichsten Massnahmen gegen weitere Felsstürze respektive zur Verminderung der Gefährdung der Anwohner, wie die Entwässerung des Schlammstromes sowie die Umleitung des Wilebergbaches, wurden bereits durchgeführt. Des weiteren sind zusätzliche Hanganschnitte, z.B. in Form von Waldwegen, zu vermeiden sowie die Stabilisierung schon erfolgter Hangschwächungen vorzusehen. Zur Diskussion stehen auch Dammsperren im Bereich des Talbereiches mit der Absicht, einem zukünftigen Ereignis so viele Hindernisse wie möglich in den Weg zu stellen, dessen Energie zu brechen und die gesamte Schlammmasse soweit wie möglich von der Benkenstrasse und den besiedelten Gebieten fernzuhalten.

4. Folgerungen

Wie schon erwähnt ist die hier geschilderte Rutschung progressiv, d.h., dass sie in absehbarer Zeit wieder reaktiviert wird und sich weiter rückwärts bzw. seitwärts ausdehnt. Die Gefährdung der Anwohner ist somit ohne Sicherungsmassnahmen nach wie vor vorhanden und sogar noch grösser wie bis anhin. Bis diese Sicherungsmassnahmen errichtet sind, ist das automatische Überwachungssystem notwendig.