

Fallbeispiel Nr. 9 : der Felssturz von Amden vom 21. Januar 1974

Autor(en): **Haldimann, Peter**

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **3 (1998)**

Heft 1

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Fallbeispiel Nr. 9:

Der Felssturz von Amden vom 21. Januar 1974

PETER HALDIMANN*

Zusammenfassung:

Am frühen Morgen des 21. Januar 1974 fand am Schwarzberg über der Strasse Weesen–Amden (SG) ein Felssturz statt, welcher vorher und nachher die Öffentlichkeit wegen der Gefährdung der Strasse und der Anwohner des Walenseeufers stark beschäftigte. Dank der vorangegangenen, länger dauernden Beobachtungsphase und umfassenden Vorsorgemassnahmen waren bei diesem Felssturz weder Menschenopfer noch allzu grosse Schäden an Infrastrukturen zu beklagen.

1. Ausgangslage und Problemstellung

Einheimische Bauern beobachteten im Sommer 1972 in einem schuttbedeckten Nackentälchen am Schwarzberg (Koord. 727'400/222'800), dass sich am Fusse einer Felswand ein unverfärbter Streifen frischen Gesteins abzuzeichnen begann, d.h. dass sich der an den Fels angrenzende Schutt nach unten bewegte. Beunruhigt meldeten sie ihre Beobachtung der Gemeindebehörde von Amden, welche ihrerseits geologische Experten zuzog.

Die Fragestellung an den Geologen lautete:

- Wie gross ist die Gefahr eines Felssturzes?
- Welche Gesteinskubaturen können abstürzen?
- Wann kommt es zum Absturz?
- Wer ist gefährdet?
- Welche Vorkehrungen sind möglich und angezeigt?

In der Folge wurde das Gefahrengebiet geologisch kartiert. Die Bewegungen im Nackentälchen wurden systematisch überwacht, und es wurden umfassende Vorbereitungen für das Gefahrenmanagement getroffen.

2. Geologische Situation

Der Schwarzberg westlich Amden (Fig. 1) wird von oben nach unten von folgenden Schichten der Unteren Kreide aufgebaut (Fig. 2):

* Dr. Heinrich Jäckli AG, Limmattalstrasse 289, 8049 Zürich



Fig. 1:

Schwarzberg bei Amden von Süden: Felswände des Schrattenkalkes mit Umgrenzung der abgestürzten Felspartie.

- Oberer Schrattenkalk, massig, ca. 95 m mächtig
- Unterer Schrattenkalk, massig, im mittleren und obersten Teil gebankt, ca. 135 m mächtig,
- Drusbergschichten, mergelig, meist von Vegetation bedeckt, ca. 35 m mächtig,
- Kieselkalk einschliesslich Altmannschichten, im Steinbruch unterhalb der Absturzstelle abgebaut, rund 140 m,
- Valanginien-Kalk, ca. 80 m,
- Valanginien-Mergel, ca. 30 m.

Im Gebiet von Amden beschreiben diese Gesteine eine weitgespannte Schichtmulde, die sog. Amdenermulde, deren Achse mit etwa 10° nach SW einfällt. Beim Schafbett am Schwarzberg fallen die Schichten mit $20\text{--}30^\circ$ gegen SE, d.h. gegen den Walensee ein, was die Stabilität der Felsflanke verringert und Bewegungen seewärts erleichtert (Fig. 2).

Die Schichten werden schliesslich durch steilstehende Brüche und Verwerfungen intensiv zerhackt, welche ungefähr NW-SE streichen. Die bergseitige Felswand im Schafbett, entlang welcher sich die bewegten Massen gelöst haben, wird beispielsweise von einer solchen Verwerfungsfläche gebildet und stellt die Trennfuge zwischen stabilem und bewegtem Fels dar.

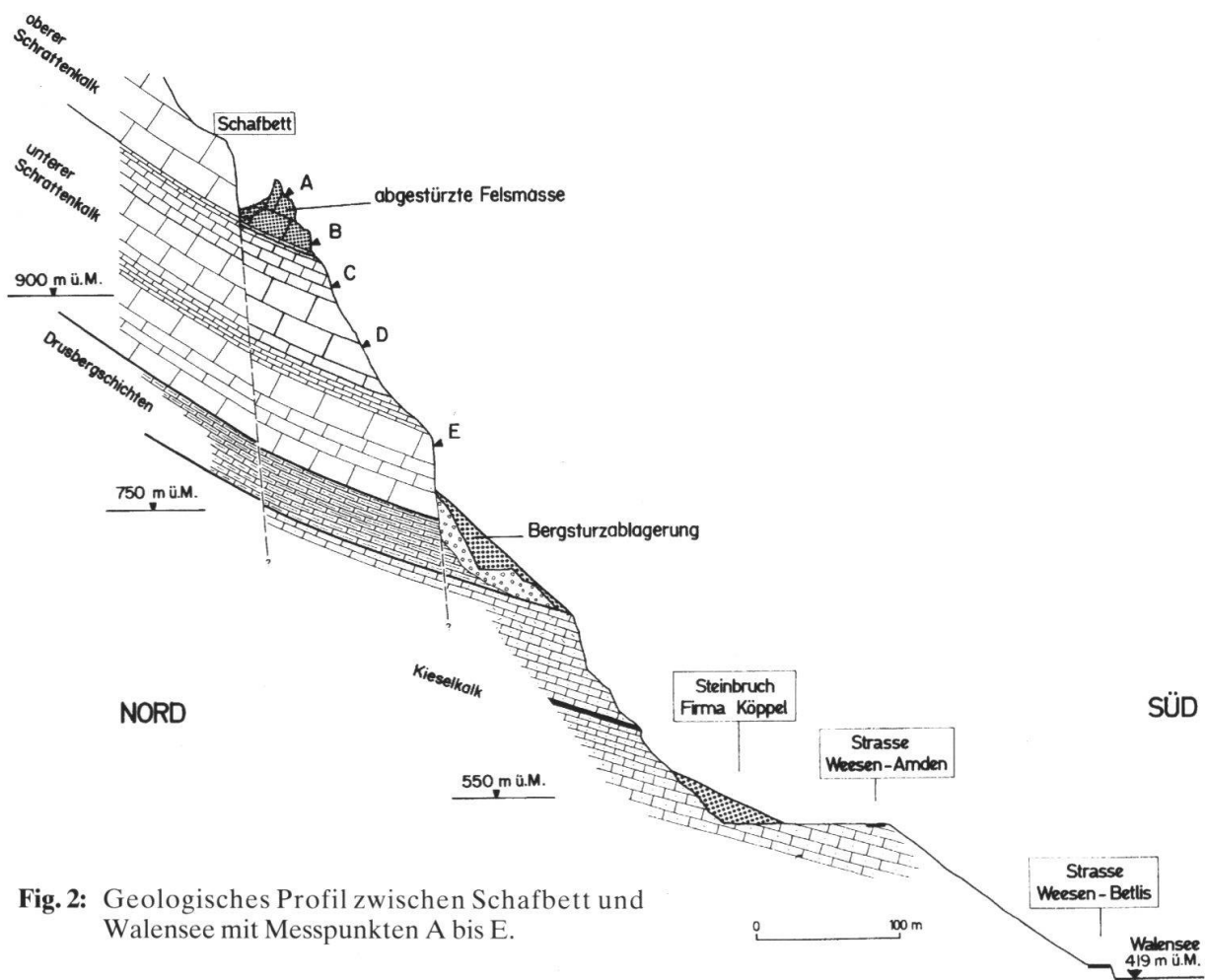


Fig. 2: Geologisches Profil zwischen Schafbett und Walensee mit Messpunkten A bis E.

3. Durchgeführte Untersuchungen

Im besagten Nackentälchen wurden sofort nach der ersten Feststellung von Bewegungen im Oktober 1972 auf einem 200 m langen Abschnitt 8 Profile mit Längen zwischen 15 und 65 m parallel zur Bewegungsrichtung gelegt und mit Bolzen markiert. Die ersten Kontrollmessungen dieser Bolzen erfolgten mit dem Stahlmessband von der stabilen, bergseitigen Felswand aus. Mit der Zeit wurden ausgewählte Messbolzen geodätisch vermessen, um Aufschluss über die horizontale und die vertikale Bewegungskomponente zu erhalten. Ferner wurden an zwei geeigneten Stellen verzugsfreie Invardrähte installiert.

Um eine dauernde Fernüberwachung der Bewegungen zu ermöglichen, wurden Ende Januar 1973 zusätzlich noch zwei elektronische Felsspione von 15 m Länge eingerichtet, welche Bewegungen via Draht nach Weesen meldeten. Leider war diese Anlage etwas anfällig auf atmosphärische Störungen (z.B. Gewitter) und fiel deshalb zeitweise aus.

Zur Erfassung und Begrenzung der Bewegungen in tieferliegenden Felspartien wurden in der Falllinie von den Felsköpfen im oberen Schrattenkalk bis zur Felswand des unteren Schrattenkalkes (Fig. 2) 5 Messpunkte angebracht und von ei-

nem Standort nördlich von Weesen durch Winkelmessung optisch auf ihre Vertikal- und Horizontalverschiebung kontrolliert. Diese differenzierten Bewegungskontrollen waren insbesondere für die Abschätzung der Kubatur der bewegten Felsmasse von grosser Wichtigkeit.

4. Untersuchungsergebnisse

Nach Beginn der Bewegungsmessungen im Oktober 1972 blieben die Horizontalbewegungen bis Ende November 1972 mit 2–3 mm pro Woche gering (Fig. 3).

Rund 10 Tage nach den starken Niederschlägen Ende November 1972 (in Weesen rund 300 mm) zeigte sich eine erste Beschleunigung aller Kontrollpunkte im Schafbett mit Geschwindigkeiten von 15–25 mm pro Woche horizontal und etwa 4–7 mm pro Woche vertikal.

Die Verminderung der Horizontalbewegung von den höheren zu den tieferliegenden Messpunkten A bis E in den Felswänden zeigte eindeutig, dass die aufgelockerte Felsmasse neben differentiellen Gleitbewegungen auf Schichtflächen eine ausgeprägte Kippbewegung nach aussen ausführte. Gestützt auf die Bewegungsmessungen musste die ursprünglich auf rund 100'000 m³ geschätzte sich bewegende Felskubatur eher noch höher geschätzt werden.

Glücklicherweise bewirkte die trockene Frostperiode im Hochwinter 1973 eine leichte Verlangsamung, die akute Gefahr schien vom Januar an gebannt, doch war für die folgende Schneeschmelzperiode eine erhöhte Gefährdung vorauszusehen.

Die Schneeschmelze von März bis Mai und starke Niederschläge im Juli 1973 brachten dann auch die erwartete Beschleunigung, welche ungefähr Mitte März einsetzte und bis Anfang August anhielt. Die dabei gemessenen Bewegungen überschritten jene vom Dezember 1972 um das Doppelte und erreichten 20–30 mm pro Woche.

Ähnlich wie ein Jahr zuvor lösten auch im Spätherbst 1973 stärkere Niederschläge eine dritte Beschleunigungsphase aus. Im Gegensatz zu früher klang aber diesmal die Beschleunigung nicht bald nach dem Einsetzen trockenen Frostwetters wieder ab, sondern akzentuierte sich ab Ende November zusehends von Tag zu Tag. In der letzten Dezemberwoche betrugen die Bewegungen 100–160 mm pro Woche, Mitte Januar bereits das Doppelte.

Die Geschwindigkeiten vergrösserten sich also progressiv. Seit Herbst 1972 bis zum 21. Januar 1974 hatte sich der Kontrollpunkt im Schafbett um rund 3 m verschoben, davon allein in den letzten 7 Tagen 1.2 m. Ein Felsabsturz war nicht mehr aufzuhalten, ein solcher musste nach dem 17. Januar stündlich erwartet werden. Der Felssturz ereignete sich schliesslich am 21. Januar 1974 in der Morgenfrühe, als nach einem anfänglich intensiven Steinschlag rund 60'000 m³ Gestein abstürzten.

5. Geologisches Modell, Mechanismen, Kausalität

Die Auswertung sämtlicher Messdaten, der geologische Befund aufgrund von Feldbegehungen und geologische Profilkonstruktionen ergeben folgendes Bild für die Bewegungsvorgänge vor und während des Felssturzes:

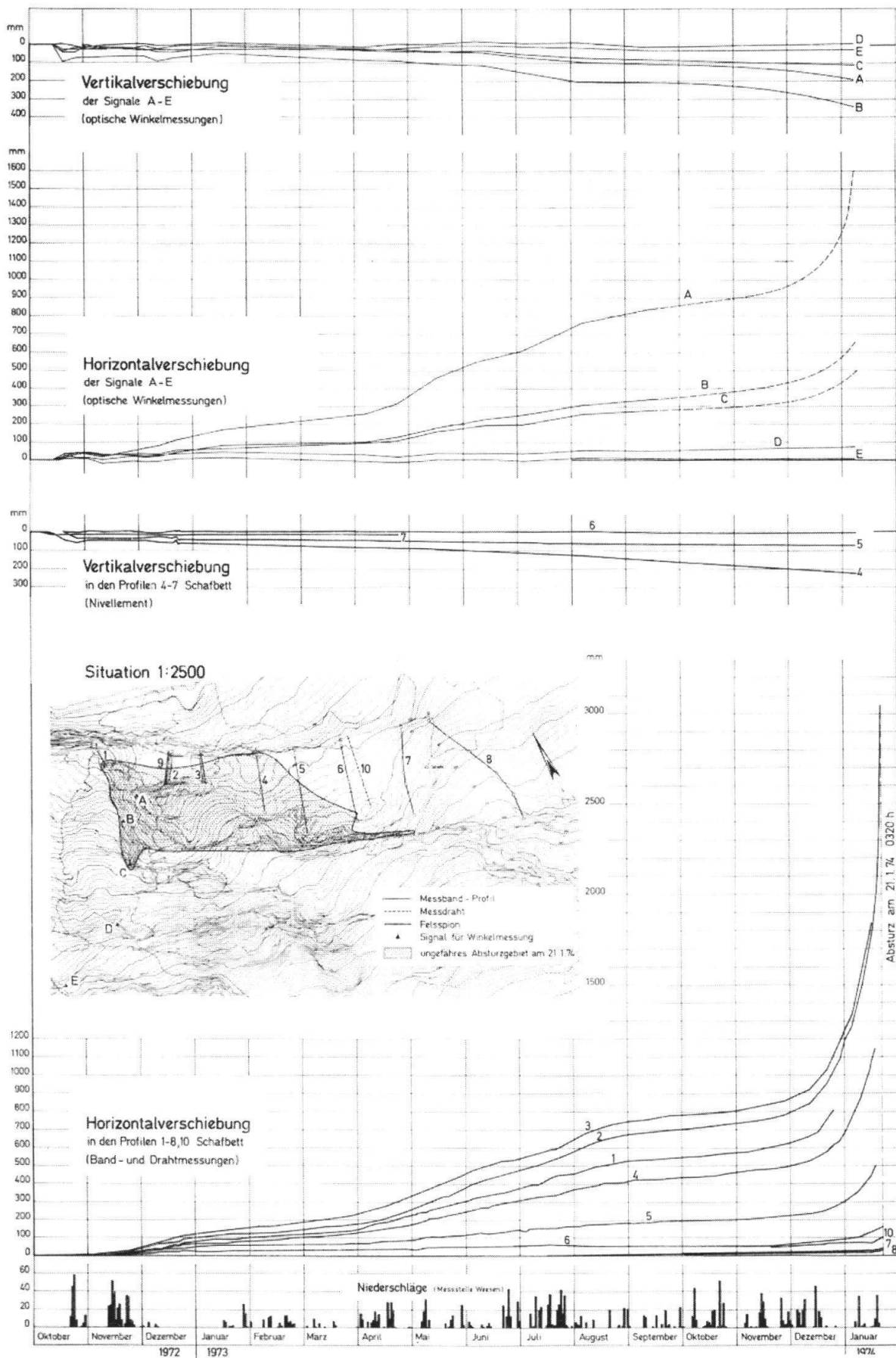


Fig. 3: Ganglinien der Bewegungen: Messpunkte A bis E (vgl. Fig. 2) und Profile 1 bis 10 vom Oktober 1972 bis Januar 1974.

Kippbewegung längs Klüften und Spalten

Der obere Schrattenkalk war durch zahlreiche senkrecht zur Schichtung stehende, breite Klüfte und Spalten sehr ausgeprägt in einzelne Felsscheiben aufgeteilt. Diese Felsscheiben führten eine Kippbewegung Richtung Walensee aus. Die Verschiebungsmessungen im Nackentälchen zeigten, dass die äussersten Felsscheiben am stärksten nach aussen kippten. Der gesamte Kippvorgang kann bildhaft mit einem sich aufblätternden Buch erklärt werden.

Gleitbewegungen längs Schichtflächen

Die basale Abscherungsfläche, längs welcher der Felssturz schliesslich erfolgte, liegt ungefähr auf der Grenze zwischen dem unteren und dem oberen Schrattenkalk, also in einer Zone, wo die Kalkschichten dünn gebankt sind. Kurz vor dem Absturz zeichneten sich grössere Horizontal- und Vertikalverschiebungen des Messpunktes A ab (Fig. 3), d.h. längs dieser mit 20–25° gegen den Walensee geneigten Schichtfläche fanden Gleitbewegungen statt.

Der Absturzvorgang

Da der Felsabsturz in der Nacht erfolgte, kennt man den genauen Absturzvorgang nicht. Aufgrund der geologischen Situation und der langen Zeitdauer des Absturzes von 17 Minuten ist jedoch anzunehmen, dass die durch die Klüfte voneinander abgetrennten Felsscheiben nacheinander nach aussen kippten und auf der steilen Sturzbahn zum unterliegenden Steinbruchareal vollständig zertrümmert wurden.

Das Pauschalgefälle zwischen Abrissgebiet und Ablagerungsgebiet in der Steinbruchsohle erreichte den selten anzutreffenden hohen Wert von 50–55°. Die Schuttmasse blieb im Ablagerungsraum in relativ konzentrierter Form liegen, ohne dass springende oder ausrollende Steine einen weiteren Bereich in Mitleidenschaft gezogen hätten. Dies ist nur erklärbar durch die beiden Umstände, dass der Abbruch nicht konzentriert en bloc, sondern zeitlich weit gedehnt, als langanhaltende «Felslawine» erfolgte, und dass die künstlich geschaffene, horizontale Steinbruchsohle als bremsender Puffer wirkte.

6. Risikoanalyse

Durch den Felssturz am Schwarzberg war in erster Linie der unterliegende Steinbruch an der Strasse Weesen–Amden und die Strasse selbst gefährdet.

Von früheren Felsstürzen in den Walensee (und auch in den Vierwaldstättersee) war bekannt, dass dabei unerwartet hohe Flutwellen die benachbarten und gegenüberliegenden Uferstreifen heimgesucht hatten. Falls bei Amden der Felssturz en bloc niedergefahren wäre und den Walensee zudem bei sommerlichem Hochwasserstand erreicht hätte, wäre eine Überflutung der nächsten Uferpartien zu erwarten gewesen. Die VAW untersuchte deshalb an einem Modell die entstehenden Flutwellen bei verschiedener Grösse des Bergsturzes, und das Baudepartement des Kantons St. Gallen erstellte mit Hilfe dieser Daten eine Überflutungskarte für verschiedene Wasserstände des Sees.

7. Gefahrenmanagement

Vom 19. Januar 1973 an wurde im unterliegenden Steinbruch jedes Sprengen verboten. Für die Sperrung der Strasse Weesen–Amden und Weesen–Betlis wurden Vorbereitungen getroffen, für die Uferanwohner in Weesen wurde die Evakuierung vorbereitet. Ferner wurden der Campingplatz und der Schifflanlegeplatz im glarnerischen Uferstreifen zwischen Weesen und der Linthmündung geschlossen.

Nach der Beschleunigung der Bewegungen im Sommer 1973 wurde der Steinschlag Tag und Nacht überwacht. Die Strasse Weesen–Amden wurde mit Verkehrssampeln versehen, die aufgrund eines akustischen Sensors bei jedem stärkeren Steinschlaggeräusch auf Rot geschaltet wurden.

Durch diese Massnahmen und ihre Publikation in der Presse erlitt Amden als Touristen- und Ferienort im Frühling und Frühsommer 1973 empfindliche wirtschaftliche Einbussen. Viele Fremde befürchteten, dort isoliert oder sogar vom Felssturz erschlagen zu werden und mieden Amden. Erst als im Herbst mit der Verminderung der Bewegungsgeschwindigkeiten auch die Vorsichtsmassnahmen etwas gelockert wurden, erholte sich der Fremdenverkehr wieder.

Um die alle Beteiligten belastende Ungewissheit des Zeitpunkt eines natürlichen Felssturzes zu beseitigen, wurde im Herbst 1973 geprüft, die absturzträchtigen Felspartien zu sprengen. Es bestand die Hoffnung, dass durch den gezielten Abbau der am stärksten bewegten Felsmasse die übrigen sich langsamer bewegenden Felspartien sich wieder beruhigen würden. Doch sollte vermieden werden, dass dabei die Strassen zerstört und im See eine Flutwelle verursacht würde. Deshalb sollte der Spreng-Abbau in kleinen Portionen erfolgen und am Südende des Steinbruches ein künstlicher Wall errichtet werden, hinter welchem der grösste Teil der abgesprengten Felsmasse hätte aufgehalten werden sollen.

Für solche Sicherheitssprengungen und die damit verbundenen Vorsorgemassnahmen an Infrastrukturbauten sah der Regierungsrat des Kantons St. Gallen im November 1973 einen Betrag von rund Fr. 4.5 Mio. vor.

Nachdem sich die Bewegungen im Winter 1973/74 wieder massiv beschleunigten, wurde Alarmstufe 2 (erhöhte Gefahr) verfügt. Die Strasse Weesen–Amden wurde nachts gesperrt und durfte tagsüber nur im abwechselnden Einbahnverkehr befahren werden, um Kreuzungen im Gefahrenbereich zu vermeiden. Am 17. Januar 1974 wurde die Strasse ganz gesperrt und Amden nur noch mit Helikoptern versorgt. In Weesen wurde ein Krisenstab eingerichtet. Zwei Dutzend Geologiestudenten der ETH Zürich hatten an 5 Stellen Filmkameras installiert, welche jederzeit bereit standen, das Ereignis zu filmen.

Nach einer Periode mit intensivem Steinschlag stürzte schliesslich der Felssturz im Umfang von etwa 60'000 m³ in der Morgenfrühe des 21. Januar 1974 ab, ohne dass er auf Film festgehalten werden konnte. Mit dem Absturz erübrigte sich auch die vorgesehene Sprengung und der Einsatz des dafür vorgesehenen Kredites.

Nach dem Absturz waren im Abrissgebiet noch verschiedene mittelgrosse Sprengungen erforderlich, um aufgelockerte Partien zum Absturz zu bringen, und es wurde ein Felskomplex von 5'000 m³ mit einer Grosssprengung in Richtung Steinbruch zum Absturz gebracht. Am 14. Februar 1974 konnten die Strassen Wee-

sen–Amden und Weesen–Betlis wieder für den Verkehr freigegeben werden. Insgesamt wurden nach dem Felssturz noch rund 25'000 m³ Felsmaterial abgesprengt.

8. Wichtige Aspekte des Fallbeispiels

Am Beispiel des Felssturzes von Amden kann gezeigt werden, wie durch sorgfältige geologische Beobachtungen in Verbindung mit einer intensiven Überwachung und einer laufend aktualisierten Analyse der Bewegungsabläufe die Prognostizierbarkeit eines grösseren Ereignisses ganz wesentlich verbessert werden kann. Im vorliegenden Fall konnte sowohl die abstürzende Kubatur als auch der Zeitpunkt des Ereignisses relativ präzise vorausgesagt werden.

Voraussetzungen für die Zuverlässigkeit dieser Prognose waren

- eine exakte Aufnahme und Interpretation der geologischen Verhältnisse,
- richtig angeordnete Bewegungsmessungen, mit der Situation angepassten Methoden und Messintervallen,
- eine laufend aktualisierte Analyse der Bewegungsabläufe,
- eine immer wieder neue Beurteilung des Risikos mit Anpassung des Gefahrenmanagements.

Das Gefahrenmanagement war zu jedem Zeitpunkt angemessen, verhältnismässig und wirkungsvoll. Dies erforderte ein interdisziplinäres Zusammenwirken unterschiedlicher Fachleute, namentlich Geologen, Vermessungsingenieuren, Sprengfachleuten und Politikern, welches im vorliegenden Fall ausgezeichnet gespielt hat.

Anmerkung

Der vorliegende Beitrag ist eine überarbeitete Kurzfassung eines Artikels von H. Jäckli und Th. Kempf, welcher 1975 in der Schweizerischen Bauzeitung No. 93.25 erschienen war.