Der Felssturz von Bristen am 1. Oktober 1983

Autor(en): **Schneider, Toni R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 46

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75564

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

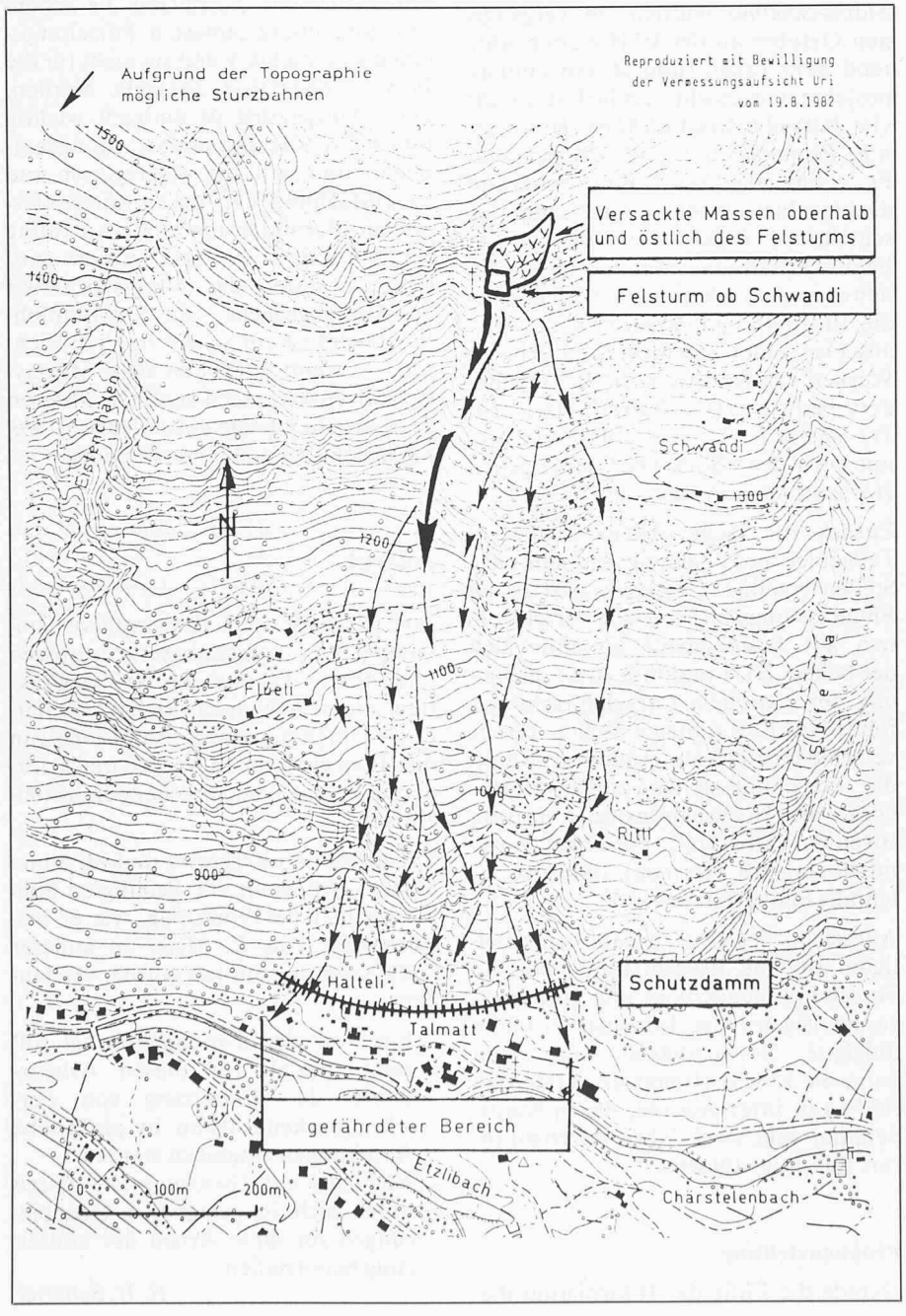
http://www.e-periodica.ch

Der Felssturz von Bristen am 1. Oktober 1983

Von Toni R. Schneider, Uerikon

Bedrohen als absturzgefährdet erkannte Felsmassen Siedlungen und Verkehrswege, so sind neben der Überwachung Schutzmassnahmen aktiver und/oder passiver Art zu ergreifen. Am Beispiel des Felssturzes von Bristen am 1. Oktober 1983 wird gezeigt, wie diese Massnahmen unter Berücksichtigung geologischer und topographischer Gegebenheiten sowie anderer Randbedingungen zum Bau eines Auffangsystems möglicherweise herabstürzender Bergmassen führten. Nach der geologischen Situation und besonders des absturzgefährdeten Felsturmes ob Schwandi wird die Vorphase des Felssturzes mit dem Zerfall und den vorangehenden Verschiebungen, die messtechnisch erfasst wurden, ebenso beschrieben wie die Projektierung und der Bau des Schutzdammes von Halteli-Talmatt. Dabei geht der Autor auf die denkbaren Szenarien des Abbruchs, die Randbedingungen für die Planung der Schutzmassnahmen und die aus geologischer Sicht zu erfüllenden Bedingungen des Schutzsystems ein. Mit der detaillierten Beschreibung des Felssturzes und der Bewährung des Auffangsystems sowie der Nachphase mit weiteren Blockstürzen endet der Beitrag.

Bild 1. Situation. Reproduziert mit Bewilligung der Vermessungsaufsicht Uri vom 19.8.1982



Einleitung

Seit längerer Zeit als absturzgefährdet erkannte und dementsprechend überwachte Felsmassen können unverhofft in stärkere Bewegung geraten, so dass ein Absturz innerhalb relativ kurzer Zeit befürchtet werden muss. Bedroht die potentielle Sturzmasse Siedlungen und Verkehrswege, so stellt sich die Frage nach möglichen Schutzmassnahmen aktiver und/oder passiver Art. Ihre Realisierbarkeit hängt weitgehend von den örtlichen geologischen, topographischen und anderen Randbedingungen ab; sie muss von Fall zu Fall anhand der vorliegenden Gegebenheiten abgeschätzt werden.

Am Beispiel des Felssturzes von Bristen vom 1. Oktober 1983 soll im folgenden gezeigt werden, aufgrund welcher geologischen Ausgangslage und welchen Beurteilungen der Gesamtsituation ein bestimmtes Schutzsystem – der Damm von Halteli-Talmatt – gewählt und konzipiert wurde. Als eher seltener Fall ist zu bewerten, dass das Schutzsystem nur wenige Tage nach Vollendung seine Leistungsfähigkeit zu beweisen hatte, weil das erwartete Grossereignis eintrat: der Absturz des Hauptteiles der sich bewegenden Masse. Mit dem Beitrag soll somit aus geologischer Sicht eine der Möglichkeiten gezeigt werden, wie unter entsprechenden Voraussetzungen Objekte vor Steinschlägen und Felsstürzen geschützt werden können.

Geologische Situation

Das Felssturzgebiet befindet sich auf der rechten Seite des unteren Maderanertals zwischen dem Sufertal und der Eistenchälen im Hang oberhalb der Weiler Halteli und Talmatt (Bild 1). Tektonisch gehört das Gebiet zum Altkristallin des Aar-Massivs, im speziellen zu den Erstfelder Gneisen im weiteren Sinne. Diese umfassen granitoide bis migmatitische Gneise von herzynischem Alter. Vorherrschend handelt es sich um graue bis helle, feldspatreiche, häufig glimmerarme Gneise. Die Variation reicht von flaserig-lagigen Gneisen über aderige Gneise und Bändergneise bis zu granitoiden Schollengneisen, ohne dass scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Typen gezogen werden können. Im Felssturzgebiet dominieren plattige bis gebankte, flaserige bis lagige Gneise.

Das wichtigste Trennflächensystem und auch Gefügeelement sind die Schieferungsflächen (s-Flächen), weil durch die Glimmerregelung und die Glimmerlagen eine Spalt- bzw. Ablö-

sungsfläche vorgezeichnet ist. Zwei s-Flächenlagen dominieren. Die eine streicht NNE–SSW und fällt mittelsteil bis steil ESE-wärts ein (Mittelwert 23/72° E). Sie ist herzynischen Alters. Die zweite streicht ENE–WSW und fällt steil SSE-wärts ein (Mittelwert 57/62° SE). Ihre Anlage entspricht der Richtung der alpinen Hauptschieferung. Die quer zum Maderanertal streichenden herzynischen Strukturen dominieren im unteren Teil des Hanges. Stellenweise sind die Gneise gefältelt, wobei auch flachliegende oder N-fallende Schieferungsflächen vorkommen. Im oberen Teil des Hanges dominiert die alpine Schieferungsrichtung. Hier sind streckenweise Hangverlauf- und Schieferungsrichtung parallel, so dass die Felsaufschwünge aus Plattenschüssen bestehen.

Die Gneise sind durchwegs stärker geklüftet. Die Kluftabstände und Durchtrennungsgrade liegen im Dekameter- bis Meterbereich. Drei Kluftsysteme können unterschieden werden: Das Hauptkluftsystem K1 steht steil und streicht senkrecht zur Schieferung und damit auch zum Talhang. Das zweite Kluftsystem K2 streicht vorwiegend gleich wie die alpine Schieferung, zum Teil auch W–E und steht senkrecht oder fällt steil nach Norden ein. Das Kluftsystem K3 steht senkrecht auf beiden Schieferungssystemen und fällt flach bis mittelsteil gegen NNW ein.

Im grossen ist die Morphologie des Hanges glazial geprägt. Eigentliche Rundhöckerstrukturen bzw. durch Gletscher bearbeitete Felsoberflächen finden sich beispielsweise bei Schwandi und Flüeli. Moränenablagerungen sind weitgehend identisch mit dem Kulturland (Schwandi, Ritli, Flüeli). Nach dem Rückzug der Gletscher begannen sich die Gehängeschutthalden und Runsenschuttkegel zu bilden, die durch Steinschlag und Felssturz genährt wurden und werden. Bach- und Lawinenschuttkegel finden sich am Fusse der Felswände bei Halteli-Talmatt. Der Talboden wurde vom Chärstelenbach geschüttet.

Im grossen ist der Hang im obersten Teil eher schwach geneigt. Unterhalb von etwa 1600 m ü. M. beginnt eine Steilstufe. Sie wird von Terrassen unterbrochen. Erst im Bereich der Gehängeschutthalden und Runsenschuttkegel am Fusse der Felswände nimmt die Hangneigung wieder ab. Im Detail ist das Gelände jedoch sehr kleinräumig gegliedert und enthält zahlreiche kleine Verflachungen, Felssporne, Verschneidungen und Felsbänder.

Felsturm ob Schwandi

Am unteren Rand einer ausgedehnten Sackungsmasse NW von Schwandi (Bild 1) führte die postglaziale Abwitterung zur Ausbildung eines grösseren Felsturmes, des Felsturmes ob Schwandi. Ähnliche Felsformen sind auch an mehreren anderen Stellen der Talflanke zu beobachten. Im Gegensatz zum Felsturm ob Schwandi ist hier jedoch die Gefahr eines Absturzes gering.

Die Masse des Felsturmes kann vor dem Felssturz auf etwa 12 000 bis 15 000 m³ geschätzt werden. Der rund 30 bis 40 m hohe Turm war auf der Nordseite durch ein komplexes, teilweise parallel zur alpinen Schieferung, teilweise W–E-streichendes Spaltensystem vom bergseitigen Felskörper getrennt. Auf der E-Seite bildete ein breiter, dem Kluftsystem K1 zuzuordnender Spalt die Begrenzung. Die Süd- und Westseite standen frei und folgten Flächen der Kluftsysteme K2 und K3 bzw. K1. Die Basisgleitfläche des leicht nach hinten geneigten Turmes war ursprünglich nicht aufgeschlossen. Später zeigte sich, dass sie entlang einer schieferungsparallelen Scherzone verläuft. Der Turm wies intern mehrere parallel zu den Kluftsystemen verlaufende Risse auf.

Bild 2. Der Felsturm ob Schwandi am 12. August 1982 von SW vor dem Absturz (Kreise = Referenzpunkte zu Bild 3)



Bild 3. Der Felsturm ob Schwandi am 1. Oktober 1983 von SW nach dem Absturz (Kreise = Referenzpunkte zu Bild 2)



Aufgelockert war vor allem der obere Teil der Westseite. Der Fels war längs der Schieferung in flache quaderförmige Blöcke zerlegt (Bild 2).

Der kritische Zustand des Felsturmes war seit längerer Zeit bekannt. Aus diesem Grund wurde vom Forstdienst Uri 1977 ein Spaltenmesssystem zur Erfassung der Bewegungen eingerichtet und ein- bis zweimal jährlich gemessen (Bild 4).

Vorphase des Felssturzes

Der Zerfall des Felsturmes setzte, soweit dies der Bevölkerung heute noch in Erinnerung ist, vor rund 15 Jahren ein. An der SW-Ecke entstand durch kleinere Ausbrüche ein hängendes, unterschnittenes Felspaket. Dieses bedrohte die Benutzer des Fussweges und wurde deshalb mit einer Sprengung zum Absturz gebracht.

1981/82 brachen auf der W-Seite Blöcke mitsamt dem Messpunkt 8–8′ weg (Bild 4). Auf der E-Seite waren im Spalt der Messstelle 9 ebenfalls relativ frische Blöcke zu verzeichnen.

Die von Ende 1977 bis Ende 1982 durchgeführten Verschiebungsmessungen zeigten beträchtliche Öffnungsgeschwindigkeiten. Sie lagen an den Hauptablösungsstellen in der Grössenordnung von 3 bis 4 cm pro Jahr. Soweit sich dies aufgrund der kurzen Messdauer beurteilen liess, hatte der Turm in den letzten beiden Jahren eine leichte Beschleunigung erfahren. Einzig Messstrecken über Spalten im Inneren des Turmes blieben z.T. relativ unverändert (3–3′, 6–6′, 9–9′). Gesamthaft liessen sich die Messungen so interpretieren, dass sich der Turm als Ganzes in SSW-Richtung bewegt mit angenähert gleichen Bewegungsgrössen im Bereich des Kopfes und des Fusses. Anzeichen eines Abkippens gab es nicht.

In der Periode vom 3. September 1982 bis zum 20. Mai 1983 stieg die Öffnungsgeschwindigkeit bei den Messstellen im rückwärtigen Bereich auf 8 bis 10 cm pro Jahr. Zudem begannen sich die auf der Westseite gelegenen Risse mit den Messstrecken 4–4′ und 5–5′ stärker zu öffnen. Zwischen dem 20. und 30. Mai 1983 wurden Bewegungen von 8 bis 30 cm (in 10 Tagen!) gemessen. Die kurzfristige Nachmessung wurde durchgeführt, nachdem sich ein weiterer Block gelöst hatte und auch ein Teil des Fussweges abgeglitten war. Die Blöcke unterhalb des östlichen Spaltes bewegten sich stark. Im rückwärtigen Spalt war das Fallen von Steinen und Blöcken zu hören. Die Situation hatte sich demnach soweit verschlechtert, dass die Behörden am 30. Mai 1983 die Evakuierung des Gebiets Halteli-Talmatt anordneten, die Maderanertalstrasse sperrten und eine permanente Überwachung des Gebiets organisierten.

Die in der Folge täglich durchgeführten Messungen ergaben, dass sich die Lage gegen Mitte Juni 1983 leicht beruhigte. Vom 16./17. Juni an traten jedoch wieder stärkere Bewegungen auf. Am 21. Juni wurde von der postierten Wache dauernder Steinfall im rückwärtigen Spalt und auf der Westseite sowie eine anhaltende Bewegung der grossen Blöcke am Fuss des Felsturmes gemeldet. Ein Block von 20 bis 30 m³ Inhalt stürzte, in mehrere Teile zerfallend, ab, blieb jedoch im darunter liegenden Wald liegen. Die Tannen an der Südwestecke des Turmes neigten sich stark gegen den Hang. Die quaderförmige Platte bei der Messstelle 3 hatte sich um 21,7 cm nach aussen geneigt. Aufgrund der bedrohlichen Situation wurden kurzfristig weitere Häuser beim alten Sportplatz evakuiert.

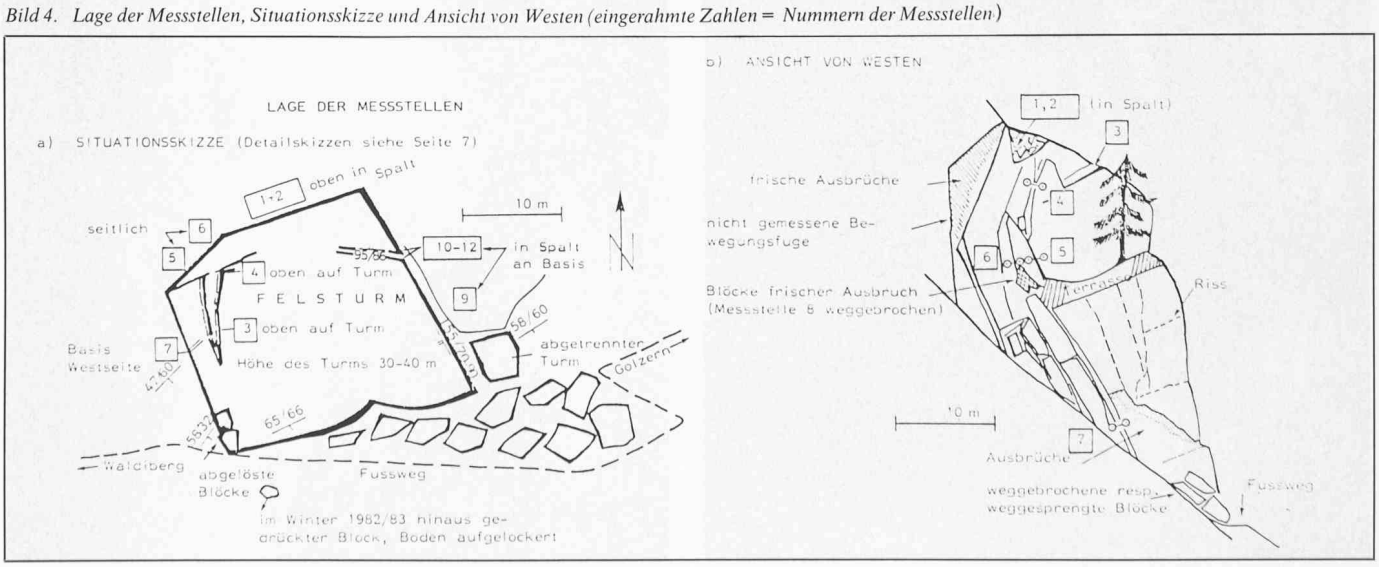
In der Nacht vom 21. auf den 22. Juni 1983 wurde von Anliegern etwa um 4 Uhr das Abstürzen von grösseren Blöcken beobachtet. Am Morgen des 22. Juni war die Felsplatte beim Messpunkt 3, die schätzungsweise 50 bis 100 m³ umfasste, abgestürzt. Zudem waren auf der Westseite mehrere Blöcke herausgefallen.

Aus dem Bereich des Messpunktes 7 ereignete sich ständiger Steinfall. Zudem wurde auf dieser Seite erstmals ein Teil der Basisgleitfläche sichtbar, die dort aus einer durchgehenden Zone mit stark zerbrochenem Fels besteht. Der obere Teil des Turmes mit den Messstellen 1 und 2 hatte sich ebenfalls stark verändert. Der Spalt war teilweise eingefallen, und der Turm hatte sich deutlich gesenkt. Dagegen blieb die Vorderfront intakt, d. h. es konnten keine neuen Risse beobachtet werden. In der Lockergesteinsböschung unterhalb des Turmes wurden ebenfalls keine grösseren Veränderungen festgestellt.

Da die bisherigen Messpunkte entweder zerstört oder infolge der ständigen Steinschlaggefahr unbenutzbar geworden waren, wurden drei neue Messstrecken eingerichtet. Auf dem Turm installierte man zwei Messbänder, so dass die Verschiebungen direkt gemessen werden konnten, und im östlichen Spalt wurden die Messstellen behelfsmässig mit einem Filzstift markiert. Um auch eine allfällige Bewegung zwischen anstehendem, gesundem Fels und versackter Felsmasse erfassen zu können, wurden oberhalb des Felsturmes drei Messbolzen versetzt.

Ende Juni und im Verlauf des Monats Juli 1983 entstanden im Terrain unterhalb des Felsturmes Risse, und die vorliegenden Blöcke begannen sich zu bewegen. Diese Auflockerungsspuren reichten bis rund 35 m unterhalb des Turmes.

Bild 4. Lage der Messstellen, Situationsskizze und Ansicht von Westen (eingerahmte Zahlen = Nummern der Messstellen)



Die Verschiebungsmessungen zeigten, dass die Bewegung besonders in der Zeit der grössten Verschiebungen nicht kontinuierlich verlief, sondern ruckweise. Ende Juni bis Mitte Juli 1983 verlängerten sich die neu eingerichteten Messstrecken um rund 1 cm pro Tag. Als Folge der langanhaltenden Schönwetterperiode im Juli verlangsamte sich die Bewegung deutlich. Der Turm bewegte sich bis zum 9. September um 1 bis 5 mm pro Tag. An der rückwärtigen Spalte konnte festgestellt werden, dass sich die Felsmasse um rund 2 m gesenkt hatte. In horizontaler Richtung hatte sich der Spalt von 120 bis 140 cm auf etwa 200 cm verbreitert. Der Turm bewegte sich in diesem Bereich somit steil nach unten. Der Verschiebungsvektor wies eine Neigung von 60° bis 70° auf.

Auf der Westseite war Anfang September 1983, d. h. nach Abschluss der Bauarbeiten am Schutzdamm, die Situation gegenüber jener von Ende Juni nahezu unverändert. Am Fuss der Ablösungsstelle lag reichlich loses Material in Form von kleineren Blöcken. An der oberen Kante hing immer noch ein Block. Auch im Fussbereich bei der Messstelle 7 konnten keine auffallenden Veränderungen festgestellt werden.

Stark geändert hatte sich dagegen die Situation im Bereich des rückwärtigen Spaltes. Der Turm hatte sich weiter gesenkt, und das die Spalte füllende Material war vor allem auf der Ostseite teilweise abgestürzt. In seiner Fortsetzung nach Osten war ein neuer Riss entstanden. Zudem hatte sich oben auf der Vorderseite ein neuer N–S-streichender Riss gebildet, von dem ein weiterer in Richtung des östlichen Spaltes abzweigte. Erstmals wieder zugänglich war auch der untere Teil der Ablösung, in der sich die Messstellen 10, 11 und 12 befanden.

Der früher gegen hinten (Westen) geschlossene Spalt war nun durchgehend offen, auf der Gegenseite konnte der Punkt 5 erkannt werden. Der Spalt war bis auf die Höhe der Messpunkte mit Versturzblöcken gefüllt. Oben hingen grosse Klemmblöcke, welche die Felsbrücke unterhalb des Messpunktes 2 bildeten. Wichtig für die Beurteilung der Weiterentwicklung des Geschehens war ferner die Beobachtung, dass die Rückseite des Turmes im oberen Teil stark gespalten war. Der Querriss bei der Messstelle 9 hatte sich wenig verändert, doch soll sich der gegen oben anschliessende Felskeil zeitweise bewegt haben.

Auf der Südseite des Felsturmes war an der Basis ebenfalls ein neuer Riss entstanden. An der Südwestecke hatten sich die dortigen Tannen noch stärker bergwärts geneigt, und zwischen Turm und Lockergestein zeigte sich ein grösseres Loch. Im übrigen war die Südseite des Turmes noch weitgehend intakt, insbesondere blieben die horizontal verlaufenden Klüfte und Risse geschlossen.

Im Lockergestein unterhalb des Felsturmes waren Lockerungserscheinungen verbreitet. Der Waldboden wies bis zu 20 cm breite Risse auf. Die Auflockerungserscheinungen erstreckten sich über die gesamte steile Böschung bis unmittelbar oberhalb des anstehenden Felsens, der dort zwei Rippen bildet. Als positiv war zu werten, dass sich frei aufliegende, unten nicht abgestützte Blöcke gegen die westlich anschliessende Runse zu offensichtlich nicht bewegt hatten, d. h. das Lockergestein wurde nicht gegen die Runse gestossen. Eine Kontrolle der entsprechenden Messstrecken ergab, dass sich die versackte Felsmasse oberhalb des Felsturmes nicht bewegt hatte.

Projektierung und Bau des Schutzdammes von Halteli-Talmatt

Unterhalb des Weges, der am Fusse des Felsturmes entlang verläuft, fällt das Gelände steil ab. Ein im Winter 1982/83 aus dem Lockergestein herausgedrückter Block und der in diesem Bereich stark aufgelockerte Waldboden waren Anzeichen dafür, dass die Grundgleitfläche in die Luft ausstreicht. Am 31. Mai 1983 wurde im Laufe einer Begehung festgestellt, dass die Messungen nach wie vor unverändert starke Bewegungen ergaben. Aufgrund der vorgefundenen Situation konnte ein Absturz des Felsturmes in den folgenden Tagen bis Wochen nicht ausgeschlossen werden. Denkbar waren folgende Szenarien eines Abbruchs:

- Der Turm stürzt als Ganzes ab. Angesichts der zahlreichen erkannten Trennflächen konnte jedoch damit gerechnet werden, dass er sich während des Sturzes in Einzelblöcke von einigen m³ bis z.T. über 100 m³ auflösen würde.
- Der Fuss gleitet unten weg, ein Teil des Fusses stürzt ab, der restliche Turm bleibt liegen.
- Der Turm zerfällt nur teilweise, indem z. B. auf der Westseite weitere Teile ausbrechen und Verstürze im Bereich des bergseitigen Teiles die treibende Kraft reduzieren. Als Folge der Entlastung wird die Lage beruhigt, und die Bewegung verlangsamt sich bis zu einem endgültigen Stillstand.

Als Ursache für die starke Beschleunigung der Bewegungen wurden die intensiven Frühlingsniederschläge in Verbindung mit der Schneeschmelze, die zu Kluftwasserdrücken und Festigkeitsverlusten im Bereich der Gleitfläche führten, vermutet. Da je nach Wetterentwicklung in den folgenden Wochen sowohl ein Rückgang der Niederschläge als auch ein Ende der Schneeschmelze erwartet werden konnte, war aber durchaus auch mit der Möglichkeit einer Beruhigung zu rechnen, also damit, dass sich der Absturz stark verzögert oder überhaupt nicht einstellt. Aufgrund dieser generellen Beurteilung durfte damit gerechnet werden, dass eine gewisse Zeit für die Planung und Ausführung von Schutzmassnahmen zur Verfügung steht.

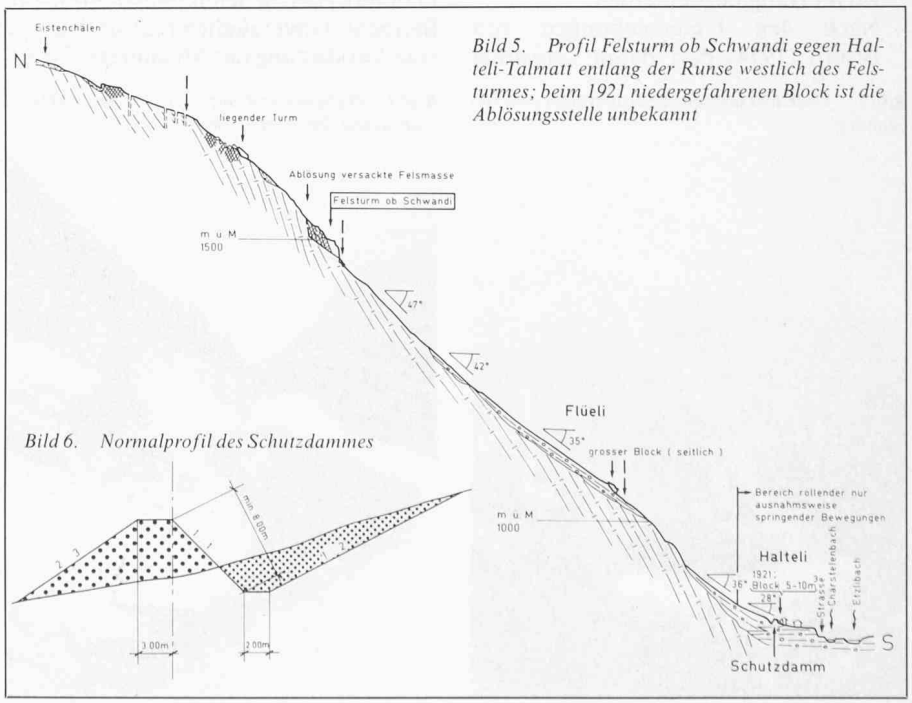


Bild 5. Profil Felsturm ob Schwandi gegen Halteli-Talmatt entlang der Runse westlich des Felsturmes; beim 1921 niedergefahrenen Block ist die Ablösungsstelle unbekannt

Bild 6. Normalprofil des Schutzdammes

Folgende Gegebenheiten mussten als Randbedingungen für die Planung der Schutzmassnahmen in Betracht gezogen werden:

- Als schlimmstes Ereignis ist mit dem Absturz einer Felsmasse von maximal 15 000 m³, d. h. mit einer relativ grossen Gesamtmasse, zu rechnen.
- Als maximale Einzelblockgrösse sind bis zu 100 m³ zu erwarten.
- Der Felsturm bildet die vorderste Front einer wesentlich grösseren versackten Felsmasse. Nach dem Niederfahren des Turmes ist auch weiterhin mit einer gewissen Steinschlag- und Felssturzaktivität zu rechnen.
- Aufgrund der Topographie sind unterhalb des Felsturmes mehrere Sturzbahnen möglich, auch wenn damit gerechnet werden kann, dass die Hauptsturzmasse durch die westlich des Turmes vorbeiziehende Runse niederfahren wird. Östlich von Flüeli kann sich der Sturz jedoch sowohl in Richtung Halteli als auch in Richtung Talmatt auffächern. Das gesamte Gebiet von Halteli-Talmatt ist somit als gefährdet zu bewerten (Bild 1).
- Das Gelände unterhalb des Felsturmes weist durchwegs Neigungen von 35° bis 47° auf, und es fehlen eigentliche Auffangräume. Erst im Bereich von Halteli-Talmatt wird das Gelände flacher. In Verbindung mit Beobachtungen über die Reichweite bisheriger Steinschläge und Felsstürze ist damit zu rechnen, dass mindestens 5% des losbrechenden Materials, d. h. im schlimmsten Fall etwa 700 m³, das Gebiet Halteli-Talmatt erreichen werden. Von den restlichen 95% kann man erwarten, dass sie irgendwo im Hang liegenbleiben.
- Nach den Untersuchungen von Broilli (1974) darf damit gerechnet werden, dass nach dem Überspringen des überliegenden Felsbandes die abstürzenden Massen im Bereich der Gehänge- und Runsenschuttkegel oberhalb von Halteli-Talmatt schon nach wenigen Dekametern in einen vorwiegend rollenden, nur noch vereinzelt springenden Bewegungsablauf übergehen werden (Bild 5).
- Im Gebiet von Halteli-Talmatt müssen nicht nur die sich über einen Hangbereich von rund 300 m erstreckenden Liegenschaften geschützt, sondern auch die Zirkulation der Anwohner zwischen den Gebäuden und der Verkehr auf der Talstrasse sichergestellt werden.
- Aufgrund der bereits durchgeführten Evakuierung und der akuten Felssturzgefahr sind Massnahmen vorzusehen, die möglichst rasch zu einem hohen Schutzgrad führen. Dies gilt auch für den Fall, dass sich die Situation wieder beruhigt, denn innerhalb der nächsten ein bis 100 Jahre ist bei den vorliegenden Verhältnissen mit einem grösseren Ereignis zu rechnen.

Diese Beurteilung der Situation schloss aktive Massnahmen wie Verankerungen, Unterfangungen, Unterstützungen und Felsabtrag ebenso aus wie vorsorgliche Sprengungen. Letztere wurden insofern als ausserordentlich problematisch bewertet, weil mit ihnen höchstens ein Teil der potentiellen Sturzmasse hätte entfernt werden können und zudem ein grosses Risiko bestand, dass durch die Teilablösungen weitere Felsbereiche in eine kritische Lage übergeführt werden. Diese Beurteilung der Auswirkungen von Sprengungen musste gegen erhebliche Widerstände von Teilen der einheimischen Bevölkerung durchgesetzt werden. Folglich kamen nur passive Schutzmassnahmen in Betracht. Unverzüglich realisierbar war eine Verkürzung der Messintervalle am Felsturm auf täglich bis zweitägig. Als den Verhältnissen am besten entsprechende Schutzmassnahme wurde den kantonalen und kommunalen Behörden der Bau eines Schutzdammes vorgeschlagen, der aus geologischer Sicht folgende Bedingungen zu erfüllen hatte:

- Der Damm muss das gesamte Siedlungsgebiet von Halteli-Talmatt abdecken, also eine Länge von etwa 320 m haben.
- Um die Sturzmasse bei rollender Bewegung aufzuhalten, ist der Damm möglichst tief im Hang im Bereich der beginnenden Verflachung anzulegen.
- Für die Bergseite des Dammes mit einer Neigung von 1 : 1 ist eine Mindesthöhe von 8 m vorzusehen.
- Die Kronenbreite hat mindestens 3 m zu betragen.
- Bergseits des Dammes ist durch Abtrag ein möglichst ebenes Vorgelände zu schaffen, damit sich die Sturzmasse beruhigt und nicht zusätzliche Umlenkungen erfährt.
- Zwischen bergseitigem Anschnitt und Dammschüttung ist möglichst ein Massenausgleich zu erzielen, um die Transportstrecke kurz zu halten (Bild 6). Das vorliegende Gehänge- und Runsenschuttmaterial wurde für das Vorhaben, den Bau eines möglichst weichen und den Schock aufprallender Felsmassen weitgehend absorbierenden Dammes als geeignet bewertet. Grössere Blöcke müssten allerdings gesprengt werden.
- Die befahrbare Sohle des Auffanggrabens darf nicht breiter als 2 m sein; wo sie breiter wird, muss der Damm entsprechend erhöht werden.
- In der bergseitigen Böschung des Dammes dürfen keine grösseren Blöcke an der Oberfläche liegen.
- Die talseitige Böschung ist so flach anzulegen, dass sie begrünt und bewirtschaftet werden kann. An Stellen, wo Gebäude ins Dammprofil reichen, muss man eine Stützmauer aus Blöcken vorsehen.
- Der Graben bergseits des Dammes muss für Landwirtschaftsfahrzeuge zugänglich sein, um einerseits das hangaufwärts gelegene Areal weiterhin bewirtschaften zu können und anderseits die Säuberung von abgestürztem Material zu ermöglichen.
- Das Gebiet bergseits des Dammes ist mittels Durchlass zu entwässern.

Mit der Detailprojektierung des Dammes, basierend auf speziell aufgenommenen Querprofilen, der Ausschreibung und der örtlichen Bauleitung wurde von den Behörden *Vinzenz Epp*, Ingenieurbüro für Hoch- und Tiefbau, Flüelen, beauftragt.

Bild 7. Übersicht über das Felssturzgebiet vom Gegenhang



Bild 9. Östlicher und mittlerer Teil des Auffanggrabens mit den Sturzblöcken



Sowohl die Behörden als auch der Autor waren sich bewusst, dass die Auslegung des Auffangsystems einem Kompromiss zwischen Machbarem und Wünschbarem entspricht, wobei die Frage der Bauzeit einen massgebenden Einfluss hatte. Von dem System durfte erwartet werden, dass es den Grossteil der bis in seinen Bereich niederfahrenden Sturzmassen auffangen und damit das Siedlungsgebiet weitgehend schützen wird. Einzelne Ausreisser und Abpraller auf bereits liegendem Material sind bei Felsstürzen jedoch immer möglich. Es musste deshalb weiterhin damit gerechnet werden, dass einzelne kleinere Steine und Blöcke den Damm überspringen werden. Entscheidend war jedoch, dass die erhöhte Gefährdung des Gebiets durch Naturereignisse mit Hilfe des vorgesehenen Auffangsystems wieder auf das für Berggebiete unvermeidbare Normalmass an Risiko zurückgestuft werden konnte.

Nachdem die Finanzierung sichergestellt war, wurde der Damm durch ein Konsortium einheimischer Unternehmer (Bau AG, Erstfeld; Fedier AG, Amsteg; Bonetti AG, Amsteg und Andermatt) zwischen dem 22. August und dem 9. September 1983, d. h. in der bemerkenswert kurzen Zeit von drei Wochen, im Rohbau fertiggestellt. Wesentlich zu diesem Erfolg haben die günstigen Witterungsbedingungen beigetragen (keine Niederschläge) und die Tatsache, dass die Arbeiten nie aufgrund erhöhter Felssturzgefahr unterbrochen werden mussten (eine entsprechende Beobachtungs- und Alarmorganisation war eingerichtet). Nicht zu unterschätzen ist auch der Umstand, dass die einheimischen am Bau Beteiligten aus Solidarität zu ihren Mitbürgern jederzeit bereit waren, Sonderleistungen zu vollbringen. Aus ausführungstechnischen Gründen wurde die Dammkrone auf 3,5 m verbreitert. Der Damm erreichte schliesslich ein Volumen von 22 126 m³. Die reinen Baukosten beliefen sich - soweit dies heute überblickt werden kann - auf etwa Fr. 660 000.–, die dank Subventionen und grosszügigen Spenden weitgehend abgedeckt werden konnten. Nach einer offiziellen Prüfung des Standes der Bauarbeiten konnte am 17. September 1983 die Evakuierung aufgehoben und das gesperrte Gebiet für die Bewohner wieder freigegeben werden.

Der Felssturz am 1. Oktober 1983

Die bereits im Rahmen der Vorphase geschilderte Situation mit Verschiebungsbeträgen von 0,2 cm pro Tag blieb bis Mitte September 1983 unverändert. Bis Ende September verschlechterten sich die Verhältnisse jedoch dramatisch:

- Am 26. September brach auf der Westseite des Turmes unmittelbar oberhalb der Messstelle 7 eine Felsmasse von etwa 50 m³ los. Die abgestürzte Masse blieb im oberen Drittel des Hanges liegen, ohne allzugrossen Waldschaden anzurichten. Kein einziger Block erreichte das Auffangsystem Halteli-Talmatt.
- Die Klemmblöcke im östlichen Spalt brachen ein, so dass die Messstelle nicht mehr erreicht werden konnte.
- Aus dem Turmbereich, der als «Terrasse» bezeichnet wurde, stürzten Blöcke ab, und Bäume fielen um.
- Ein Teil des Weges brach ab an der Stelle, wo dieser gegen die Runse aus dem Wald trat.
- Im groben Blockschutt unterhalb des Turmes zeigten sich stärkere Auflokkerungen.
- Die Wasserführung in der Runse westlich des Turmes verlegte sich vom Westrand an die ursprüngliche Stelle im zentralen Bereich der Mulde. Eine kräftige Quelle (1 bis 2 l/s) entsprang an der Grenze der abgestürzten Lockergesteinsmasse zum Fels.
- Im Bereich des östlichen Spaltes wie auch in der Front des Turmes öffneten sich Klüfte.
- Kleinere Blöcke und Steine lösten sich laufend auf der Westseite des Turmes aus dem Bereich der freigelegten Gleitzone.
- In den Spalt bergseits des Turmes kollerten mehr oder weniger laufend Blöcke.
- Der oberste Abrissrand verlängerte sich um 3 bis 5 m nach Osten.
- Die Bewegungen erfuhren eine starke Beschleunigung, die zwischen dem 13. und 26. September auf 1,1 cm pro Tag, zwischen dem 26. und 28. September zu einer Geschwindigkeit von 7,8 cm pro Tag führten und bis zum 30. September unverändert anhielten.

In den frühen Morgenstunden des 1. Oktober 1983 setzte dann der eigentliche Felssturz ein. Er begann kurz nach 2 Uhr mit einer verstärkten Steinschlagphase. Die Hauptphase setzte nach 3.15 Uhr ein. Die eigentliche Absturzphase dauerte bis etwa 5 Uhr, d. h. nicht ganz zwei Stunden. Der Turm zerfiel folglich in einer Reihe von Teilstürzen und nicht, was ebenfalls nicht auszuschliessen gewesen war, in Form eines einmaligen Absturzes der Gesamtmasse. Da sich der Sturz während der Nacht ereignete, liegen leider keine Beobachtungen über Einzelvorgänge beim Zerfall des Turmes vor.

Bis zum Morgengrauen hatte sich die Situation wieder beruhigt. Weggebrochen und niedergefahren waren die westlichen zwei Drittel des Felsturmes (Bild 3), d. h. rund 8000 bis 10 000 m³ Fels. Die Sturzmasse hatte sich weitgehend in Einzelkomponenten aufgelöst und war zum grössten Teil in der leichten Hangverflachung auf der Höhe von Flüeli liegengeblieben (Bild 7). Nur etwa 300 m³, d. h. rund 3%, also wesentlich weniger als erwartet, erreichten das Auffangsystem. Die grössten Blöcke

Bild 8. Westlicher Abschnitt des Auffangsystems mit einem Teil der zurückgehaltenen Sturzmasse

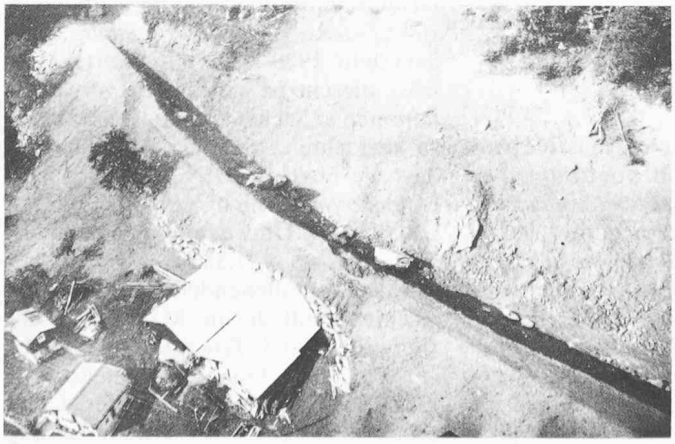


Bild 10. Grösster Impakt-Krater eines der grössten Blöcke



wiesen Volumina von 60 bis 70 m³ und damit Gewichte von 160 bis 190 t auf. Die Sturzmasse verteilte sich über die gesamte Länge des Auffanggrabens, mehr als drei Viertel lagen jedoch im westlichen Drittel.

Sämtliche grösseren Blöcke wurden vom Auffangsystem ohne stärkere Beschädigungen aufgehalten, vor allem wurde der Damm an keiner Stelle durchbrochen. Wie in Bild 8 deutlich zu erkennen ist, beschädigte einzig ein grösserer Block die Dammkrone - dies ausgerechnet an der schmalsten Stelle des Dammes, wo zwei Gaden in das Dammprofil hineinragen. Der Block hatte leicht hüpfend den eigentlichen Auffanggraben übersprungen und war auf die bergseitige Kante der Dammkrone aufgeprallt. Er verursachte einen grösseren Impakt-Krater (Bild 10), von dem aus radiale Scherrisse den ganzen Damm durchsetzten. Der Block blieb anfänglich auf der Dammkrone liegen und kippte dann nach mehreren Stunden in den Graben zurück.

Über den Damm sprangen allein im zentralen und westlichen Abschnitt einzelne Steine und kleinere Blöcke. Sie richteten an mehreren Gebäuden unbedeutende Schäden an. Der einzige grössere Schaden entstand ganz auf der Westseite. Ein Block von etwa 0,5 m³ Grösse, dessen Flugbahn unmittelbar ausserhalb des Dammes verlief, richtete im WC und der Stube eines Hauses einige Zerstörungen an und blieb im Rahmen des talseitigen Fensters stekken.

Gesamthaft betrachtet darf nach diesem Befund festgestellt werden, dass das Auffangsystem seine «Feuertaufe» in äusserst befriedigender Weise überstanden hat - besonders auch deshalb, weil sich die Sturzmasse weitgehend den Erwartungen entsprechend verhielt. Vor allem trat der Zerfall in Teilstürze mit nicht allzugrossen Einzelblöcken ein; im weiteren blieben über 95% der Sturzmasse im Hang oberhalb des Auffanggrabens liegen.

Nachphase

Am folgenden Morgen ergab eine Begehung des Abbruchs und eine Überfliegung des gesamten Felssturzgebiets mit dem Helikopter, dass sich die Situation weitgehend beruhigt hatte. Das nicht abgestürzte Drittel des Felsturmes hatte sich in eine liegende Position gedreht und steckte stärker denn je im unterliegenden Blockschutt. Sein unmittelbarer Absturz war nicht mehr zu befürchten. Die Quelle im mittleren Teil der Runse fand wieder freien Abfluss (Bild 3). Allerdings lagen im Abrissgebiet und längs der Sturzbahn noch zahlreiche lockere Blöcke. Diese wurden in den folgenden Tagen zum Teil «von Hand» zum Niederfahren gebracht, keiner erreichte jedoch das Auffangsystem.

Im Zuge der Fertigstellungsarbeiten am Damm wurden die aufgefangenen Sturzmassen weggeräumt und das Auffangsystem begrünt. Es blieb dann dank der günstigen Wetterentwicklung erneut für längere Zeit ruhig.

Ein erster grösserer Blocksturz als Nachphase ereignete sich am 15. Dezember 1983 gegen 22 Uhr. Durch den plötzlich einsetzenden Föhn in Verbindung mit Tauwetter lösten sich vier grössere Blöcke unterhalb des verbliebenen Felsturmes aus dem linken (östlichen) Rand der Sturzbahn (in Bild 3 z.T. deutlich erkennbar). Sie fuhren bis in das Auffangsystem nieder, wobei der grösste ein Volumen von etwa 20 m³ erreichte. Auch diese Blöcke lagen über die ganze Länge des Grabens verteilt. Bei diesem Ereignis wurde die gesamte Sturzmasse vom Auffangsystem aufgehalten. Der Damm wurde an keiner Stelle übersprungen. Mit ähnlichen Ereignissen wird noch über Jahre gerechnet werden müssen. Ablösungen sind nicht nur aus dem unmittelbaren Bereich der Ablösungsnische des hier beschriebenen Felssturzes, sondern auch aus dem umgebenden Gebiet zu erwarten. Es ist jedoch zu hoffen, dass das Auffangsystem auch in Zukunft seine Schutzfunktion vollständig erfüllen wird.

Adresse des Verfassers: Dr. *T. R. Schneider*, Beratender Geologe, Rütihofstr.53, 8713 Uerikon.

Literatur

[1] *Broilli, L.:* «Ein Felssturz im Grossversuch». Rock Mechanics, Supplement 3 (1974)

Der Autor dankt an dieser Stelle den zuständigen Behörden, vor allem den Herren Landwirtschaftsdirektor *H. Zurfluh*, Forstmeister *G. Gerig* und Gemeindepräsident *H. Murer*, für die tatkräftige Unterstützung seiner Arbeit und die Erlaubnis, das Ereignis bei Bristen zu publizieren.

Sprengerschütterungen im Hinblick auf die Revision der DIN 4150

Von Milan Dubsky, Zürich

Vorgeschichte

Die erste DIN 4150 «Erschütterungsschutz im Bauwesen» aus dem Jahr 1939 wurde durch die dreiteilige Vornorm «Erschütterungen im Bauwesen» vom September 1975 ersetzt (der auf *Baule*'schen Richtwerten basierende Gelbdruck erschien im Juli 1971). Inhaltlich wurde sie sofort stark kritisiert. Auch von aussen kamen massive Angriffe; so wurde sie z.B. vom *Bureau of Mines* als «unworkable» bezeichnet [18]. Da die Vorbehalte immer lauter wurden, wurde die Revision bald ins Auge gefasst. Die Bestimmungen der Vornorm besassen nur den Charakter von Empfehlungen. Vorerst sollten Erfahrungen mit ihrer Anwendung gesammelt werden, die dann «in eine endgültige Norm einfliessen» sollten [27]. Obwohl sie selbst auf diese Weise in ihre Rechtsstellung relativiert worden war, wurde ihre Position in der deutschen Rechtssprechnung durch das Grundsatzurteil des *Verwaltungsgerichtshofes Baden-Württemberg* aus dem Jahr 1980 stark aufgewertet. Gemäss diesem ist sie als ein vorweggenommenes Sachverständigengutachten zu betrachten, und «damit steht fest, dass die über die DIN 4150 hinausgehenden Werte nicht zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen erforderlich sind» [1,3]. Nach mehrjährigen richtungsuchenden Diskussionen erschien endlich im März 1983 der *Gelbdruck des 3. Teiles* «Einwirkungen auf bauliche Anlagen» (gemäss der deutschen Normpraxis ist der Gelbdruck eine Art von Vernehmlassung