Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 90 (1972)

Heft: 39: SIA-Heft, Nr. 7/1972: Schäden im Grundbau

Artikel: Das Unglück am Vajont: Folgerungen aus der Praxis des beratenden Ingenieurs in strafrechtlicher Hinsicht

Autor: Schnitter, Gerald

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85316

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: 08.01.2026

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

Das Unglück am Vajont

DK. 551.311.23 :343.2 :627.82

Folgerungen aus der Praxis des beratenden Ingenieurs in strafrechtlicher Hinsicht

Von Prof. **G. Schnitter**, Küsnacht[1])

Bei der Ausführung grundbaulicher Arbeiten wird der Ingenieur oft, wenn nicht beinahe immer, vor die Frage gestellt: «Inwieweit könnte durch die Folgen meiner Arbeit Leib und Leben von Menschen oder fremdes Eigentum in Gefahr gebracht werden.» Welcher Ingenieur oder Geologe in seiner Stellung als Vertreter des Bauherrn, als Bauleiter, als projektierender Ingenieur, als Experte oder als Beauftragter der ausführenden Unternehmung war sich nicht schon dieser Verantwortung bewusst und hätte nicht schon schwer daran getragen. Grundbauliche Arbeiten wie Gräben, Baugruben, Pfählungen, Einschnitte und Dämme in Locker- oder Festgestein tragen ihrer Natur nach ein gewisses Mass an Unvoraussehbarkeit, an Unbestimmtheit, kurz, an Risiko in sich; sicher ist dies in viel höherem Masse der Fall als bei Bauwerken über Boden. Im folgenden wird die strafrechtliche Seite vom Standpunkt des Ingenieurs aus betrachtet, wobei aber eindrücklich betont sei, dass neben und über der Verantwortung im Sinne des Gesetzes jene Verantwortung des Ingenieurs steht, die er der Gesellschaft und sich selbst gegenüber trägt. Es genügt nicht, die gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften, z. B. die SUVA-Vorschriften, einzuhalten, um sicher zu gehen, denn dieselben können nicht alle die mannigfaltigen Möglichkeiten von Gefährdungen, wie sie in der Praxis auftreten, berücksichtigen. Bei der Beurteilung von schweren Arbeitsunfällen durch den Richter wird die Verletzung derartiger Vorschriften sich belastend auswirken, umgekehrt wird sich die Einhaltung solcher Vorschriften nur bis zu einem gewissen, von Fall zu Fall schwankenden Ausmasse entlastend auswirken.

Massgebend sind im konkreten Falle die gesetzlichen Bestimmungen und deren Auslegung durch den Richter. Im Schweizerischen Strafgesetzbuch (StGB) sind es vornehmlich Art. 229 (Gefährdung durch Verletzung der Regeln der Baukunde), Art. 227 (Verursachen einer Überschwemmung oder eines Einsturzes), Art. 117 (fahrlässige Tötung) und Art. 18 (Vorsatz und Fahrlässigkeit).

Für unsere Betrachtungen darf der «Vorsatz» im Sinne des Gesetzes, Art. 18, Absatz 2, wohl ausgeschlossen werden. Hingegen lässt Absatz 3 verschiedene Auslegungen offen, wie dies aus den Urteilen verschiedener gerichtlicher Instanzen in der gleichen Sache hervorgeht. Der praktischen Bedeutung wegen möge kurz auf Art. 18, Absatz 3 StGB eingegangen werden. Er lautet:

«Ist die Tat darauf zurückzuführen, dass der Täter die Folge seines Verhaltens aus pflichtwidriger Unvorsichtigkeit nicht bedacht oder darauf nicht Rücksicht genommen hat, so begeht er das Verbrechen oder Vergehen fahrlässig. *Pflichtwidrig ist die Unvorsichtigkeit, wenn der Täter die Vorsicht nicht beobachtet, zu der er nach den Umständen und nach seinen persönlichen Verhältnissen verpflichtet ist.*»

Die Hervorhebung geschieht durch den Autor. Erfahrungsgemäss liegt in diesem Satz die Ursache divergierender Meinungen und auseinandergehender Urteile. Es ist z. B. unwesentlich, ob der Ingenieur die Möglichkeit eines Unfalles tatsächlich erkannte oder nicht; es genügt, dass er die Gefahr bei Anwendung der ihm obliegenden Vorsicht, die nach den persönlichen Verhältnissen (Ausbildung, Stellung im Beruf, Erfahrung) und den besonderen Umständen des Falles geboten war (siehe obigen Text), hätte voraussehen können.

Die Beurteilung der «persönlichen Verhältnisse» und «der besonderen Umstände des Falles» lässt dem Richter einen grossen Spielraum, wie aus dem nachfolgenden Beispiel hervorgeht, wobei der Angeklagte Spezialist in Geologie, Boden- und Felsmechanik, Hydraulik und hydraulische Modellversuche neben einer Tätigkeit als verantwortlicher Direktor einer grossen Elektrizitäts-Produktions- und -Verteilgesellschaft hätte sein sollen.

Am besten wird diese Schwierigkeit an einem typischen Beispiel dargestellt, und als solches wurde ein sehr spektakuläres gewählt, nicht der Sensation willen, sondern weil es in das engere Fachgebiet der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik gehört. Es sei hier über die Katastrophe am Vajont berichtet und über den daran anschliessenden strafrechtlichen Prozess, der mit dem Urteil in letzter, dritter Instanz im Mai 1971 vor dem Kassationsgericht in Rom zum Abschluss kam. Aus dem Ganzen werden einige wesentliche Punkte herausgegriffen, und viele ebenfalls wichtige Gegebenheiten aus dem Prozess und seinen Akten bleiben unerwähnt. Ich werde mich bemühen, möglichst objektiv zu orientieren, möchte aber eben deshalb auch eingangs erwähnen, dass ich als Technischer Experte der Verteidigung des Hauptangeklagten aufgrund meines sehr eingehenden Studiums der Akten und der Ereignisse mir eine subjektive Meinung gebildet habe, die nicht mit jener der im übrigen untereinander stark verschiedenen Urteilsbegründungen der drei gerichtlichen Instanzen übereinstimmt. Vorangehend sei auf eine allgemeine Erscheinung hingewiesen, die jedem bekannt ist.

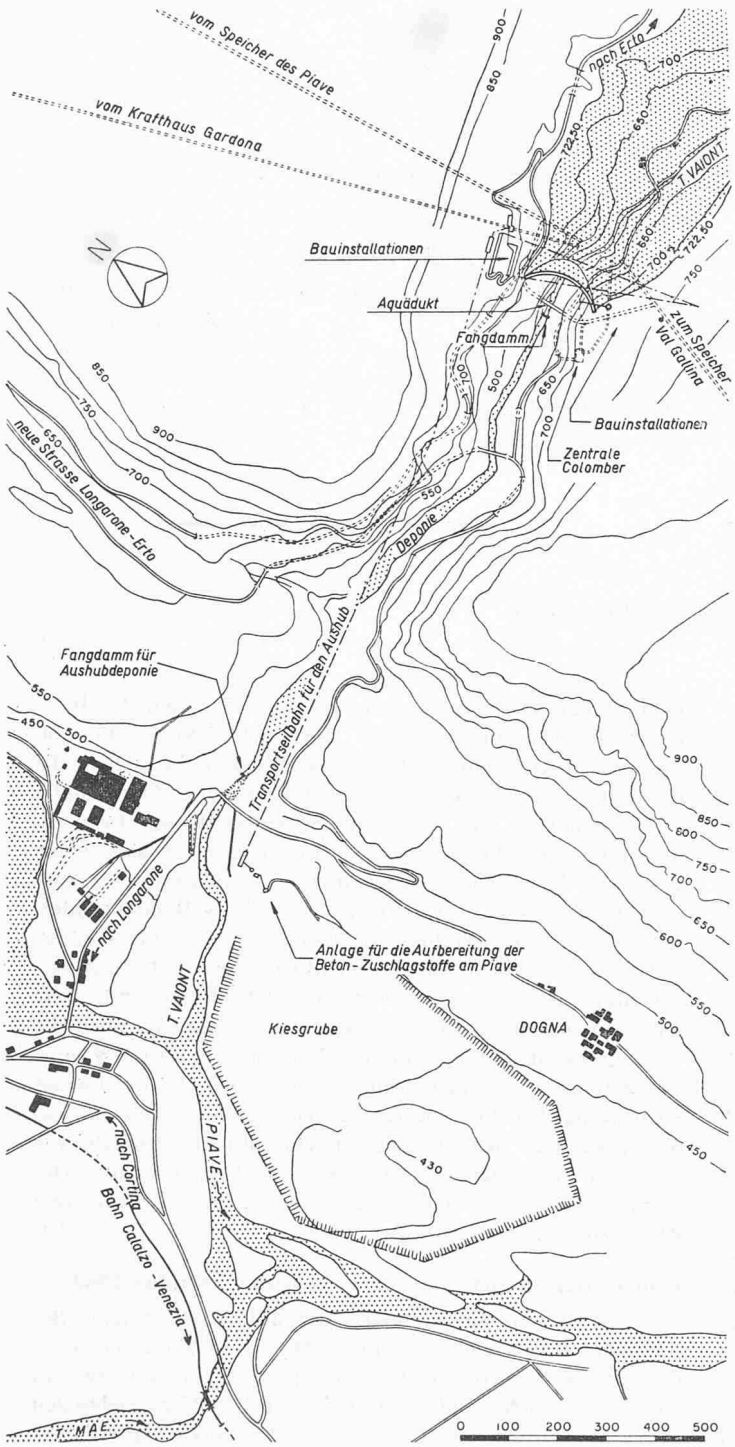
Bei irgendwelchen Unfällen wird heute in erster Linie nicht nach dem Wie, dem Was und dem Warum eines Unfalles gefragt, sondern nach dem oder den «Schuldigen». Je grösser der Unfall, die Katastrophe, desto lauter tönt dieser Ruf, und sehr bald bemächtigt sich auch die Politik solch eines Falles. So geschah es auch bei der Katastrophe am Vajont und so geschieht es auch bei uns, nicht zum Segen und nicht im Interesse der Wahrheitsfindung.

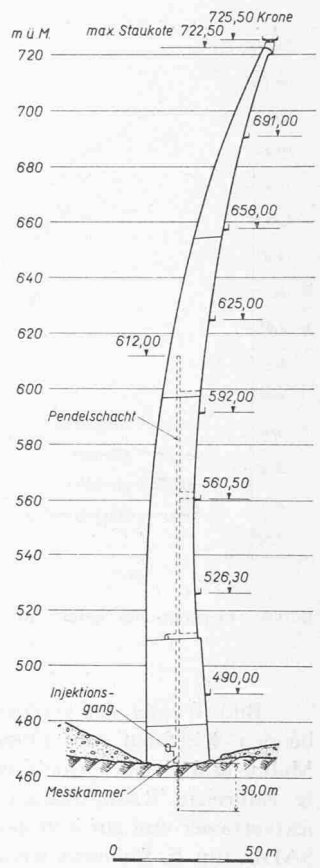
Beschreibung der Anlage und deren Bau

Das Staubecken des Vajont, eines Nebenflusses des Piave, der bei Longarone in denselben einmündet, bildete einen Bestandteil der Werkgruppe Piave-Boite-Maè-Vajont. Diese wurde vor der Verstaatlichung durch die «Società Adriatica di Elettricità» (SADE) mit Sitz in Venedig gebaut und fiel am 1. Januar 1963 der ENEL, der neugeschaffenen staatlichen Gesellschaft, anheim, das war also rund 9 Monate vor der Katastrophe am Monte Toc. Die SADE selbst fusionierte später mit der Montecatini und diese wiederum mit der Edison zum Wirtschaftskoloss der Montedison. Dies muss erwähnt werden, denn es erschwerte den prozessualen Ablauf, indem sich zivilrechtlich äusserst unklare und komplizierte Verhältnisse aus diesen Veränderungen ergaben.

Die allgemeine Anordnung der Sperre mit ihren Nebenbauwerken ist aus Bild 1 ersichtlich, der Querschnitt der rund 260 m hohen, der höchsten bis heute gebauten Bogenmauer sowie eine Ansicht gehen aus den Bildern 2 und 3 hervor.

[1]) Vortrag, gehalten an der Frühjahrstagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik vom 17. März 1972 in Biel.





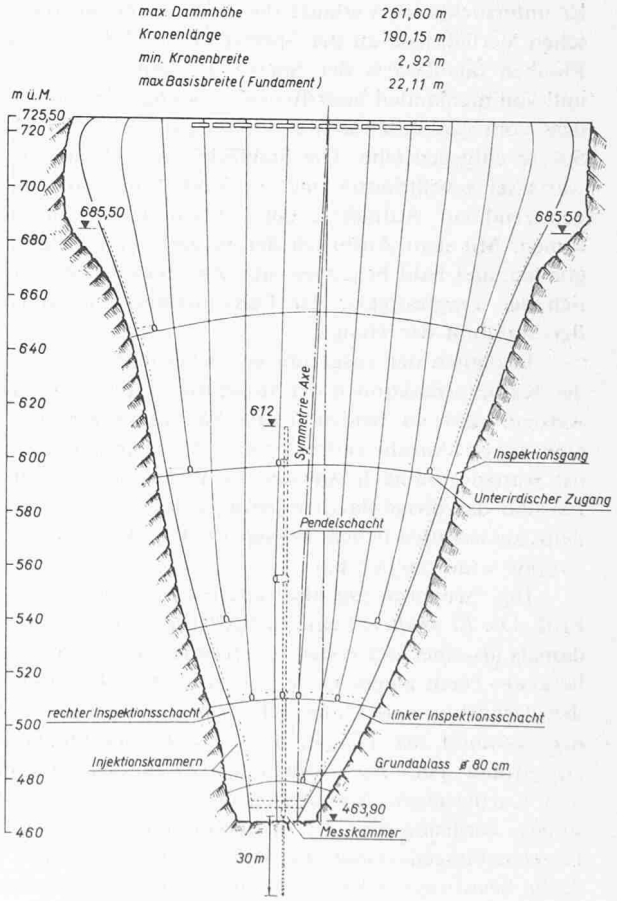


Bild 1. Lageplan der Staumauer Vajont und der Ortschaft Langarone im Piavetal

Bild 2, rechts oben. Querschnitt der Staumauer

Bild 3, rechts unten. Talseitige Ansicht der Staumauer

Die Bilder 1 bis 3 stammen aus «Wasser- und Energiewirtschaft» 1964, H. 2/3, S. 62

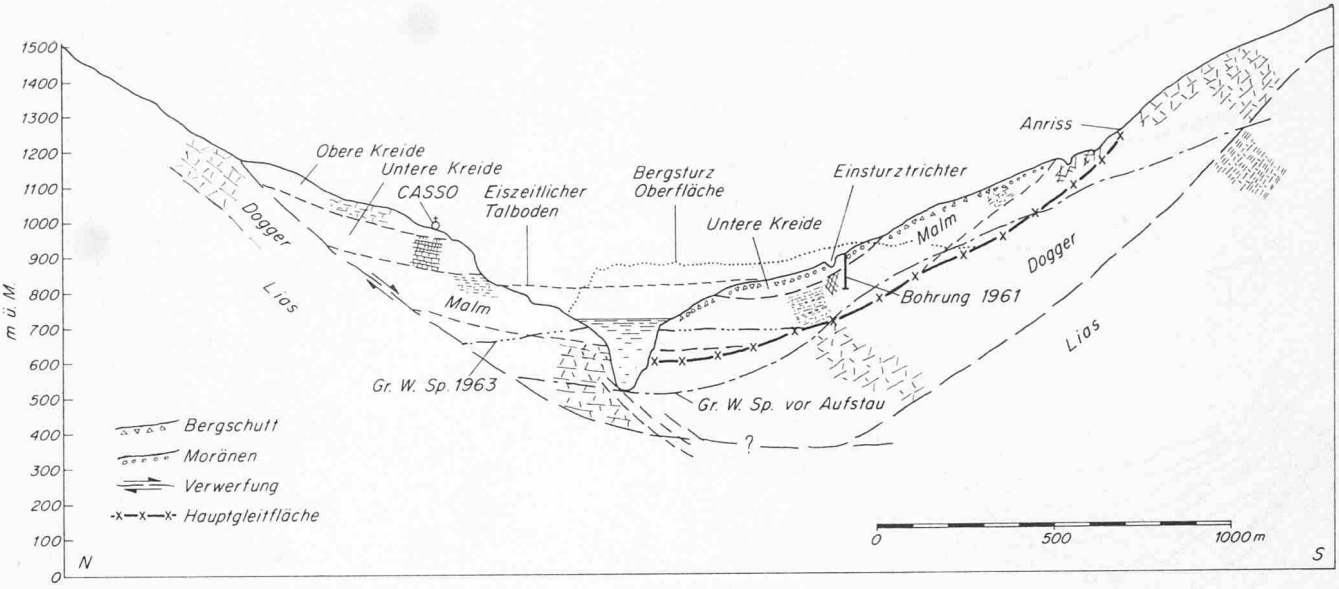


Bild 4. Geologisches Querprofil mit Angabe der Oberflächen vor und nach dem Bergsturz

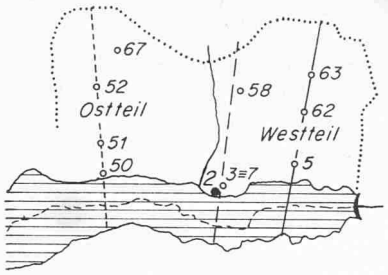
Bild 4 zeigt ein geologisches Querprofil. Die massgebenden Schichten sind Dogger, Malm und Kreide. Diese Malm- und Kreideformationen weisen, wie sich später zeigte, zahlreiche Risse, Spalten und Klüftungen auf. Der Projektverfasser und zur Zeit des Baues der Mauer Direktor der SADE, Ing. *E. Semenza,* wohl einer der bekanntesten und erfolgreichsten Talsperrenbauer Italiens, trug sich seit langem mit dem Gedanken der Erstellung einer Sperre in dieser topographisch offenbar so günstigen Schlucht vor dem Absturz des Vajont in das Piave-Tal. Die geologischen Untersuchungen begannen bereits 1928 unter der Leitung von Prof. Dr. *Giorgio Dal Piaz,* einem sehr bekannten Geologen. Er untersuchte im Verlaufe der Jahre nicht nur die geologischen Verhältnisse an der Sperrstelle, sondern auch jene der Flanken talaufwärts der Sperre. Er kam zum eindeutigen und von niemanden bestrittenen oder angefochtenen Schluss, dass vom geologischen Standpunkt gar nichts dem Bau der Sperre entgegenstehe. Die Stabilität der Felsflanken talaufwärts sei gewährleistet und die Verhältnisse an der Sperre genügend zur Aufnahme der beträchtlichen Kämpferreaktionen. Mit dem Ausbruch der Widerlager wurde 1956 begonnen, und bald begannen sich Zweifel einzustellen bezüglich der Tragfestigkeit der Felswiderlager und hinsichtlich der Stabilität der Hänge.

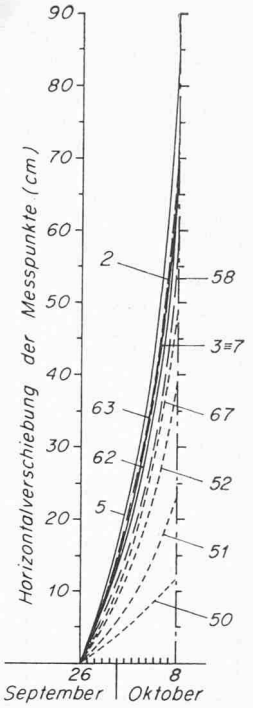
Bezüglich der ausgeführten Sicherungen zur Aufnahme der Kämpferreaktionen der Bogenmauer möge nur erwähnt werden, dass an beiden Talflanken unterhalb der Mauer eine grosse Anzahl tiefreichender Vorspannanker angeordnet wurden, die nach Ansicht des Verfassers notwendig waren und das ihrige dazu beigetragen haben, dass die Mauer dem ausserordentlichen Wasserdruck anlässlich der Katastrophe widerstanden hat.

Ing. Semenza zog als weitere Experten ab 1957 noch Prof. Dr. *L. Müller,* heute in Karlsruhe, bei, der sich schon damals als einer der ersten mit felsmechanischen Problemen befasste. Nach einem eingehend studierten Programm wurden daraufhin neue Untersuchungen durchgeführt bezüglich der Stabilität der Hänge, insbesondere des linken Hanges am Monte Toc: Es wurden geologische Detailaufnahmen und Kartierungen, Sondierbohrungen und seismische Messungen vorgenommen. Es ist hervorzuheben, dass alle diese Untersuchungen durch die von der Direktion der SADE dafür beauftragten Experten und Spezialisten geleitet, kontrolliert und interpretiert wurden. Denn wie sich der Ingenieur Semenza im November 1958 ausdrückte: «Noi non siamo geologi» (Wir sind keine Geologen), kannte er die Grenzen seines Wissens und seiner Erfahrung. Der ständig sich ausweitende und vertiefende Strom an Wissen, Erkenntnissen neuester Forschung und Erfahrung auf sämtlichen Gebieten der Technik zwingen zur Ausbildung von Spezialisten einerseits und zu ihrem Zuzug als Berater anderseits. Auch vom erfahrensten Direktor eines Grossunternehmens mit seinen weiten Verpflichtungen in technischer, organisatorischer und administrativer Beziehung kann, sollte man meinen, nicht gleichzeitig verlangt werden, über die vielen Spezialkenntnisse, die der Bau einer Sperre und ihrer Nebenanlagen mit sich bringt, zu verfügen. Es ist deshalb auch seine Pflicht, Spezialisten beizuziehen, dies um so mehr, wenn es sich um junge Fachrichtungen handelt, wie z. B. im vorliegenden Fall, um die Felsmechanik. Der Sperrenbau ging parallel zu den Untersuchungen weiter und wurde im September 1960 beendet.

Beobachtungen und Messungen bis zum 9. Oktober 1963

Um die Grösse der ungefähr seit 1959 vermuteten Bewegungen im Bereiche des linken Hanges zu ermessen, wurden eine Reihe von Beobachtungspunkten eingerichtet, an welchen die horizontalen und die vertikalen Verschiebungen gemessen werden konnten (Bild 5). Der erste Aufstau erfolgte ab Februar 1960 sehr langsam im Verlaufe des Jahres 1960. Als der Stauspiegel Kote 635 m über Meer erreichte, entsprechend einem Aufstau von 170 m, zeigten einige Kontrollmarken plötzlich eine beschleunigte Bewegung. Gleichzeitig bildete sich ein deutlich sichtbarer Anriss im Gelände, M-förmig, Länge ungefähr 1800 bis 2000 m oberhalb der Sperre, der sich bis Kote 1200 bis 1300 m ü. M. erstreckte, also eine Oberfläche von rund 2 km² umfasste (Bild 5). Nach weiterem Seeanstieg auf Kote 645 m ü. M. ereignete sich am 4. November 1960 eine grössere Felsrutschung von rund 700 000 m³ (Bild 6) in der Nähe der Sperrstelle auf der linken Talseite, oberwasserseitig. Es war nun klar geworden, dass die betrachtete Zone von rund 2 km² Ausdehnung sich in einem Kriechzustand befand, hingegen gingen die Meinungen über den Mechanismus dieser Bewegung, vor allem der Tiefe der in Bewegung befindlichen Felsmasse und damit dem Volumen, unter den ver-





Bemerkung:
In dieser Gegenüberstellung wurden ausgeglichene Messwerte verwendet. Der Nullwert wurde für alle Messpunkte am 26 September 1963 festgesetzt.

Bild 5, links. Anordnung der wichtigsten Beobachtungspunkte im Bergsturzgebiet. Anrisslinien

Bild 8, rechts. Horizontalverschiebungen der Messpunkte während der letzten Absenkungsphase. Die letzten Messergebnisse datieren vom 7. Oktober 1962. Punkt 2 hatte sich bis dahin gesamthaft um 429 cm horizontal verschoben

schiedenen beigezogenen Spezialisten stark auseinander. An dieser Stelle sei erwähnt, dass Prof. *Dal Piaz,* der am 20. 4. 1962 starb, bereits vor seinem Tod durch Prof. *Penta,* einem italienischen Spezialisten auf dem Gebiet der Rutschungen an der Universität Rom, praktisch abgelöst worden war. Prof. Penta, Mitglied der staatlichen Aufsichtskommission, übte in der Folge einen steigenden Einfluss auf die Beurteilung der Ereignisse aus. Selbstverständlich unternahm die Direktion der SADE alles, was ihr von den Experten vorgeschlagen wurde, um Einblick in die Natur der Rutschung zu erhalten: die Anzahl Messpunkte wurde erhöht, 3 tiefe Piezometer wurden eingebaut und die geologischen Detailuntersuchungen intensiviert. Ausserdem wurde ein langer zusätzlicher Grundablassstollen gebaut, der die Entleerung des hinteren Teils des Seebeckens gestatten sollte, falls durch eine Rutschung im vorderen Teil der Stausee in 2 Teile getrennt werden sollte. Aber niemand, auch nicht die Experten, stellten sich zu diesem Zeitpunkt Ende 1960 und 1961 die Möglichkeit vor, dass die ganze Rutschmasse wie ein zusammenhängendes Ganzes mit rasanter Geschwindigkeit hinuntersausen könnte, es bestand die Vorstellung einzelner Rutsch-Schübe. Im Einverständnis mit den Experten wie der staatlichen Aufsichtskommission wurde beschlossen, durch mehrfaches Absenken und Aufstauen schrittweise, unter ständiger intensiver Messung der Kontrollpunkte, den Hang unter Kontrolle zu halten. Bild 7 zeigt den Verlauf der drei Zyklen, und aus Bild 8 ist der Verlauf der Wasserspiegel in den Piezometern zu entnehmen. Der Vergleich mit dem jeweiligen Seespiegelstand lässt auf die grosse Durchlässigkeit des Untergrundes schliessen, praktisch entspricht der Piezometerstand dem Stand des Seespiegels. Es ist deshalb unbegreiflich, dass später vielfach geschrieben wurde, es habe beim letzten verhängnisvollen Absenken der Wasserspiegel im Berginnern bedeutend höher gestanden als im See, und dies sei ein massgebender Grund für die Rutschung gewesen. Diese Auffassung findet in den Messungen keinerlei Stütze. Die beiden ersten Zyklen erreichten Kote 650 bzw. 700 m ü. M.; die entsprechenden grössten Horizontalverschiebungen des Punktes 2, einer der exponiertesten Kontrollpunkte, betrug:

1. Aufstau	max. Horizontalverschiebung 77 cm mit max. Geschwindigkeit von 4,30 cm/Tag
1. Absenkung	max. Horizontalverschiebung 63 cm mit max. Geschwindigkeit von 4,30 cm/Tag
2. Aufstau	max. Horizontalverschiebung 74 cm mit max. Geschwindigkeit von 0,97 cm/Tag
2. Absenkung	max. Horizontalverschiebung 62 cm mit max. Geschwindigkeit von 0,97 cm/Tag

Es ist aus diesen Messungen ersichtlich, dass die Verschiebungen beim Aufstau grösser waren als bei der Absenkung und dass vom Zeitpunkt der Absenkung an die tägliche Geschwindigkeit der Verschiebung nicht etwa zunahm, sondern anfangs konstant blieb und dann wieder abnahm. Die Messungen bestätigen auch das bekannte Verhalten, dass jene Zonen, die während des ersten Aufstaues unter Wasser kamen und Bewegungen erlitten, beim darauffolgenden zweiten Aufstau in den bereits einmal von Wasser benetzten Zonen keine oder nur sehr geringfügige Bewegung erlitten. (Es kann leider auf viele weitere, für das Verständnis des Bewegungsmechanismus wichtige Messergebnisse nicht eingegangen werden.) Zu diesem Zeitpunkt, Anfang 1963, wurde immer noch angenommen, dass es sich um eine riesige Masse von Felsgestein handle, die in einer Kriechbewegung sich dem Stausee nähere. Die Tiefe der bewegten Masse wurde pessimistisch im Maximum auf etwa 250 m geschätzt, was einem Volumen von rund 250 Mio m³ entspricht, optimistische Schätzungen lauteten viel günstiger. Auch über den Vorgang der zu befürchtenden Rutschung gingen die Meinungen der Experten nach wie vor stark auseinander. Die einen glaubten an ein sukzessives Abrutschen

Bild 6. Erste grössere Felsrutschung von rund 700 000 m³ in der Nähe der Sperrstelle auf der linken Talseite, oberwasserseitig

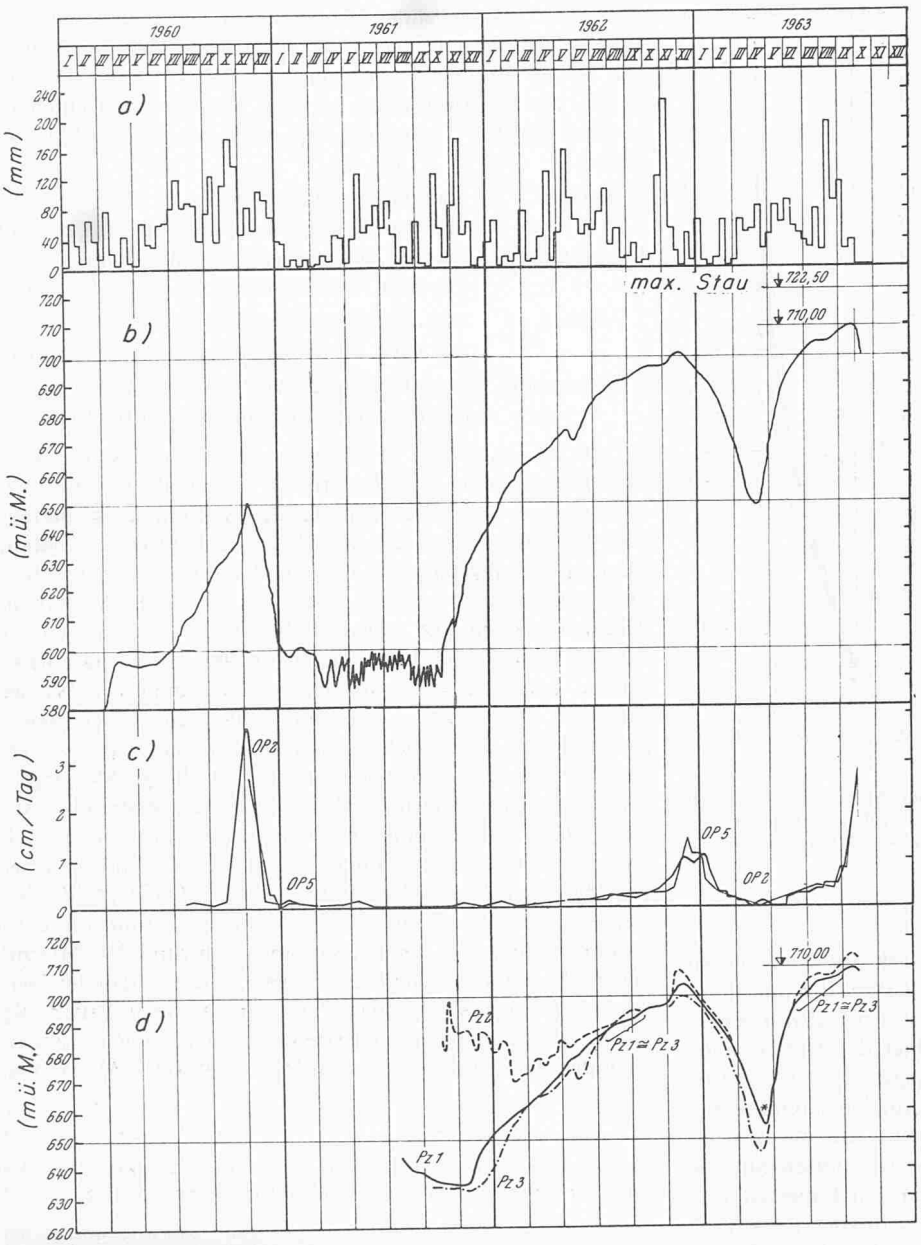


Bild 7. Diagramm der Niederschläge, des Seewasserspiegels, der Verschiebungsgeschwindigkeiten der Kontrollpunkte und des Wasserstandes in den Piezometerrohren (nach *L. Müller* [1])

a) Niederschläge

b) Stauhöhen
1. Mai 1960 bis 9. Nov. 1960 erster Aufstau
10. Nov. 1960 bis 5. Jan. 1961 erstes Absenken
6. Jan. 1961 bis 16. Okt. 1961 Konstanthalten des Staues, Erstellung der Umleitung
17. Okt. 1961 bis 2. Dez. 1962 zweites Aufstauen
3. Dez. 1962 bis 10. April 1963 zweites Absenken
11. April 1963 bis 25. Sept. 1963 drittes Aufstauen
26. Sept. 1963 bis 9. Okt. 1963 drittes Absenken
Die Staukote betrug im Moment des Unfalles am 9. Oktober 1963 700,42

c) Zehntägige Mittel der Geschwindigkeiten der beiden markanten Punkte OP 2 und OP 5

d) Grundwasserstand in den Standrohren Pz 1, Pz 2 und Pz 3
* Unterbrechung der Messungen in Pz 3

relativ bescheidener Volumen, die anderen an einen grossen Rutsch der ganzen Masse in zwei aufeinanderfolgenden Schüben.

Um die Wirkung einer in den See abrutschenden Felsmasse empirisch zu untersuchen, wurde durch die SADE beim Wasserbaulaboratorium der Universität Padua im Sommer 1961 ein Modell im Massstab 1:200 gebaut, mit welchem eine Serie Versuche durchgeführt wurde. Auch darauf kann nicht näher eingetreten werden, nur die Schlussfolgerungen, zu denen der die Versuche abschliessenden Bericht vom 3. Juli 1962 kommt, mögen erwähnt werden. Der massgebende Satz lautet: «Die Staukote 700 m ü. M. kann als absolut sicher angesehen werden in bezug auf die schlimmste vorsehbare Rutschung.» Dabei ist daran zu erinnern, dass die max. Staukote 722,50 m ü. M. beträgt. Es wurde also aufgrund der Versuche eine Welle von max. 22,50 m als äusserste Grenze angesehen. Dazu ist natürlich sofort beizufügen, dass bei den Versuchen gewisse Annahmen über die Materialeigenschaften der Rutschmasse, deren Volumen und vor allem über die Geschwindigkeit beim Aufschlagen derselben auf die Wasseroberfläche getroffen werden mussten. Die Versuche nahmen als allerungünstigsten Fall an, dass das ganze Ereignis mindestens 1 Minute dauern werde. Nun ergibt die Anwendung des Impulssatzes, dass die Wellenhöhe grob ausgedrückt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Daraus ist die Bedeutung des zeitlichen Ablaufes der Katastrophe ersichtlich, denn die tatsächliche Geschwindigkeit war dreimal grösser als angenommen, rund 100 km/h; die tatsächliche Dauer des ganzen Ablaufes wird auf 20 Sekunden geschätzt.

Damit ist bereits späteres vorweggenommen. Kehren wir zurück in den Sommer 1963. Ing. Semenza war im Oktober 1961 gestorben, an seine Stelle trat sein langjähriger erster Mitarbeiter, der als Bauleiter der Staumauer und der ganzen Anlage gewirkt hatte und nun als stellvertretender Generaldirektor neben seinen vielen anderen Pflichten auch das Programm des weiteren Vorgehens im Vajont zu verantworten hatte. Mit den Experten zusammen und mit dem Einverständnis der zuständigen staatlichen Organe wurde mit dem dritten Aufstau im April 1963 begonnen und Ende Juli erneut die Staukote 700 m ü. M., die Maximale des vorigen Jahres, erreicht. Langsam wurde weiter gestaut, bis am 10. September Kote 710 m ü. M. erreicht wurde. Bei diesem Aufstau betrug die Horizontalverschiebung, wie-

derum von Punkt 2 — am tiefsten gelegen und in der Nähe der Mauer, die grössten Verschiebungen aufweisend — 50 cm, damit insgesamt seit Beginn der Messungen 338 cm. Der Stauspiegel wurde bis zum 25. September gehalten, aber die Bewegungen und deren Geschwindigkeit nahmen nun zu, in den 14 Tagen etwa 1,5 cm pro Tag im Durchschnitt. Hierauf wurde abgesenkt. Nun trat aber im Gegensatz zu den beiden vorigen Absenkungen keine Verringerung, sondern im Gegenteil eine von Tag zu Tag sich steigernde Bewegung ein, wie dies aus Bild 8 deutlich hervorgeht. Die letzten Messergebnisse datieren vom 7. Oktober 1963, Punkt 2 hatte sich bis dahin gesamthaft 429 cm horizontal verschoben, davon in den letzten 12 Tagen 58 cm. Es wird angenommen, dass die grössten Geschwindigkeiten unmittelbar vor der Katastrophe 20 cm pro Tag erreichten. Eine Rutschung war imminent, doch über das Ausmass derselben, den Charakter und vor allem die Geschwindigkeit stellte sich keiner der Beteiligten einen Vorgang vor, wie er sich dann abspielte.

Die Katastrophe und ihre Folgen

Am 9. Oktober 1963, der Seespiegel lag auf Kote 700,42 m ü. M., um 22.39 h ereignete sich das bis dahin Unvorstellbare: die bis anhin als Kriechen zu bezeichnende Bewegung schlug plötzlich um in eine, wie erwähnt, mit ca. 100 km/h abgleitende, unvorstellbare rasche Rutschung einer Masse von 270 bis 300 Mio m³, die trotz der vollkommenen Zerklüftung und Durchsetzung mit Rissen wie ein kompakter Felskörper wirkte. Die Felsmasse übersprang dank ihrer Geschwindigkeit die Schlucht, bewegte sich noch 500 m weiter und stieg am Gegenhang noch 140 m hinauf, den See dabei in 2 Teile zerschneidend.

Bei ihrem schlagartigen Eintauchen in den See erzeugte die Felsmasse ein gewaltiges Aufbäumen der Seeoberfläche, das nur sehr schematisiert und wenig zutreffend mit dem Entstehen von Wellen verglichen werden kann. Vom Seeinhalt von rund 115 Mio m³, bis zum Vollstau fehlten noch 50 Mio m³, wurden ungefähr je 25 Mio m³ talaufwärts bzw. talabwärts geschoben, nachdem sie zuerst rund 250 m über den ursprünglichen Seespiegel gehoben wurden, hangaufwärts gegen die dortige Niederlassung Casso, diese glücklicherweise nur tangierend, hinaufstiessen. Die talauswärts geschobene Wassermasse wurde bis zu einer Höhe von 150 m über die Mauer gehoben und stürzte anschliessend in die Schlucht und in das mehr als 400 m tiefere nahe gelegene Tal der Piave mit der grossen Siedlung Longarone, alles in ihrem Laufe zerstörend, nur die Staumauer nicht. 2000 Tote, unermessliches menschliches Leid und grosser materieller Schaden waren die Folge. Ein besonderes Gedenken gilt der etwa 45 Mann zählenden Belegschaft aus Ingenieuren, Technikern, und Arbeitern, die in den Baracken auf Kronenhöhe wohnten, die Beobachtungen, Messungen, Injektionen und Nacharbeiten ausführten; sie alle kamen um. Die Ergebnisse der Messungen der letzten zwei Tage wurden weggeschwemmt und jedwelcher Augenzeugenbericht fehlt. Vielleicht darf man aus dieser Tatsache doch auch schliessen, dass selbst diejenigen, die in den letzten Tagen und Stunden aus allernächster Nähe die Ereignisse verfolgen konnten, die Katastrophe nicht ahnten, sonst hätte doch sicher der eine oder andere versucht, sich abzusetzen. Selbst heute noch, trotz den vielen Abhandlungen und Gutachten, die in der Fachliteratur und in den Prozessakten die Rutschungen am Monte Toc in geologischer und geotechnischer Hinsicht behandeln, kommt der Unvoreingenommene zum Schluss, dass noch keine wirklich befriedigende Erklärung gefunden wurde. Persönlich finde ich den Bericht von Prof.

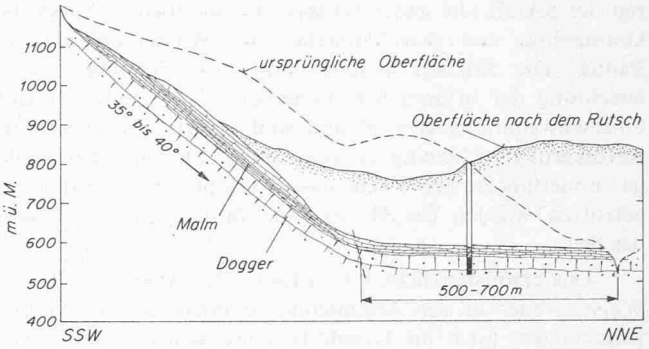


Bild 9. Geologischer Schnitt durch den Westteil des Rutsches. Die gestrichelte Linie bezeichnet eine Störung, wie sie für die Erklärung des Bergsturzes angenommen wird (Nach [2] S. 15)

Dr. *Leopold Müller* in «Felsmechanik und Ingenieurgeologie», 1968, immer noch die sorgfältigste und objektivste Darstellung (Bild 9).

Anklage und Prozess

Der Untersuchungsrichter von Belluno ordnete ein erstes gerichtliches Gutachten an. Die an die Experten gerichteten Fragen betrafen in gedrängter Fassung:

1. Beschreibung und Bewertung der gemessenen Bewegungen und Beobachtungen vorgängig der Katastrophe und ihre Ursachen und Vergleich mit dem Aufstau und der Absenkung des Seespiegels.
2. Welches waren die daraus zu erwartenden Ereignisse und deren Natur?
3. Entspricht die Katastrophe vom 9. Oktober 1963 hinsichtlich Kubatur, Geschwindigkeit, Lage und Kompaktheit der Rutschung dem, was aus den vorgängigen Beobachtungen hätte geschlossen werden können? Oder in anderen Worten: «War das Ereignis voraussehbar?».

Das erste Expertengremium setzte sich zusammen aus italienischen Professoren der Geologie und der Hydraulik und aus einem ausländischen Professor der Geologie und kam praktisch zum Schluss, dass die Katastrophe unvorhersehbar gewesen sei. Mit dieser Expertise nicht einverstanden, ernannte der Untersuchungsrichter eine zweite Gruppe von 4 Experten, bestehend aus einem Italiener und 3 Ausländern, die nun im Einzelnen wie im Ganzen gegenüber dem ersten Gutachten zu vollständig verschiedenen Aussagen kamen, welche die am Bau Beteiligten stark belasteten und insbesondere die Voraussehbarkeit der Katastrophe bejahten. Allerdings gingen sie in keiner Weise auf eine Erklärung ein, weder der Mechanik der Rutschung, ihrer Auslösung noch ihrer Wirkung. Damit zufrieden, baute der Untersuchungsrichter eine äusserst scharfe, keine mildernde Umstände beachtende — wie sie sich doch aus der ersten Expertise ergeben hätten — Anklage auf gegen elf noch lebende Beteiligte. Prof. Penta, der Geologe und in den letzten zwei Jahren der wichtigste Berater der SADE, war gestorben. Er war so überzeugt gewesen, dass nur sukzessive Rutschungen von jeweils kleinerem Ausmasse vorkommen könnten, dass er noch am Unglückstag, auf eine telephonische Anfrage von seiten des Direktors der SADE hin, denselben beruhigte und ihm anriet, nicht so pessimistisch zu sein, und dies obwohl er die letzten gemachten Beobachtungen kannte.

Die vom Untersuchungsrichter beantragten Strafen waren sehr hart (mehrjährige Gefängnisstrafen) und betrafen neben dem Hauptangeklagten, dem Direktor der SADE und Nachfolger von Semenza, seinen Mitarbeiter, weitere Her-

ren der SADE, die ganze Gruppe der staatlichen Aufsichtskommission und den Vorsteher des Wasserbaulabors in Padua: Die Anklage lautete: fahrlässige Tötung, Nichtbeachtung der öffentlichen Sicherheit, weil schuldhaft eine Überschwemmung erzeugt und weil unterlassen wurde, die Bevölkerung rechtzeitig zu evakuieren. Zu letzterem Punkt ist immerhin zu bemerken, dass Evakuierungsanordnungen getroffen wurden für Heimstätten in unmittelbarer Nähe des Sees.

Das erstinstanzliche Urteil folgte der Anklage in keiner Weise, weder in der Argumentation noch in den Schlussfolgerungen, noch im Urteil. In einer schriftlichen, eingehenden Begründung mit über mehr als 1000 Seiten wurden 8 der 11 Angeklagten freigesprochen, wesentlich aus der Überlegung heraus, dass die Überflutung unvoraussehbar gewesen sei. Nur jene drei Herren, die in der Schlussphase noch an verantwortlicher Stelle beteiligt waren und die Evakuierung von Longarone nicht veranlassten, sollten bestraft werden.

Das zweitinstanzliche Gericht urteilte anders und verurteile den Direktor der SADE sowie den Vertreter der staatlichen Oberaufsichtsbehörde (servizio dighe). Das Kassationsgericht in Rom als letzte Instanz kam in seinem Urteil vom 26. März 1971 wiederum zu einer juristisch anderen Auslegung. Sein Urteil aber betraf dieselben 2 Personen: der Ingenieur und Direktor der SADE erhielt 2 Jahre, der staatliche Chefbeamte 8 Monate unbedingt, die übrigen Angeklagten wurden freigesprochen. Der Prozess hat gezeigt, wie viel einerseits von dem vom Gericht eingeholten Gutachten, d. h. von der Beurteilung durch Fachleute, abhängt, die aber auch nur Menschen sind mit ihren Vorzügen und Schwächen, ihren Kenntnissen und ihren Erfahrungen, und anderseits, wie sehr das Gesetz im konkreten Fall verschieden ausgelegt werden kann.

Zu Bedenken ist aber auch, was die Angeklagten während der Jahre der Prozessvorbereitung und der zwei Jahre dauernden Prozessführung durchgestanden haben an geistiger, seelischer und moralischer Belastung. Kein Wunder, dass am Tage vor dem Beginn des Prozesses einer der Angeklagten unter diesem Druck zusammenbrach und aus dem Leben schied.

Wie soll sich in Zukunft ein Ingenieur vor ähnlich schwierigen, nicht unbedingt ähnlich spektakulären Problemen verhalten? Dies ist wohl die Frage, die sich jeder selbst zu stellen und gemäss seinem eigenen Temperament und Urteilsvermögen zu beantworten hat.

Literaturverzeichnis

[1] *Müller, Leopold:* The Rock Slide in the Vajont Valley. «Felsmechanik und Ingenieurgeologie» 1964, Vol II/3—4, S. 148—212. Diese Veröffentlichung enthält einen sehr umfangreichen Literaturnachweis

[2] *Müller, Leopold:* New Considerations on the Vajont Slide. «Felsmechanik und Ingenieurgeologie» 1968, Vol. VI/1—2, S. 1—91. Ebenfalls mit ausführlichem Literaturverzeichnis

[3] *Weber, Eugen:* Die Katastrophe von Vajont in Oberitalien. «Energie- und Wasserwirtschaft» *56* (1964) H. 2/3, S. 61—69

Adresse des Verfassers: Prof. *Gerold Schnitter,* dipl. Bauing. ETH, Erbstrasse 14, 8700 Küsnacht

Anwendung von Elektroosmose gegen aufsteigende Mauerfeuchtigkeit

Von **Max Anderegg,** Goldach

DK 699.82:624.138.5

Ursachen der Mauerfeuchtigkeit

Im folgenden wird nur die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit behandelt. Unberücksichtigt bleiben daher die weiteren Ursachen von Mauerfeuchtigkeit, nämlich die Baufeuchte infolge überschüssigen Anmachwassers im Mörtel oder Beton, Schäden und Mängel an Dach und Installationen, Konstruktionsfehler, Einwirkungen von Schlagregen und Kondensation von Luftfeuchtigkeit, obwohl uns die Folgen auch dieser Ursachen auf Schritt und Tritt begegnen.

Die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit hat ihre Hauptursache in der Kapillarwirkung der Mauerwerkporen und der elektroosmotischen Flüssigkeitsbewegung, wodurch das Wasser in der Mauer mehrere Meter hoch steigen kann. Das Wasser steigt so hoch, bis die an der Maueroberfläche verdunstende Wassermenge mit der aufsteigenden Wassermenge in einem Gleichgewicht steht. Die mittlere Steighöhe der Mauerfeuchtigkeit liegt bei 1 bis 2 m über dem Boden. Wird die Verdunstung teilweise oder gänzlich behindert, so steigt die Feuchtigkeit entsprechend höher. Grössere Poren, welche die kapillaren Kanäle unterbrechen, können durch Dampfdiffusion überwunden werden.

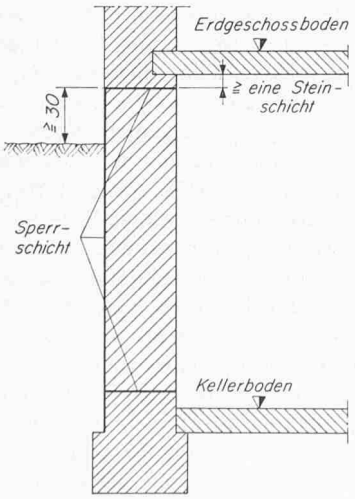


Bild 1. Sperrschichten bei unterkekellerten Bauten nach Karl Lufsky, Berlin)

Untersuchungen im In- und Ausland, so besonders auch in der UdSSR, Ungarn, der Tschechoslowakei und in Deutschland haben weitere wichtige Erkenntnisse gebracht. Es wurde festgestellt, dass die Gefahr der Durchfeuchtung von Mauern in den letzten Jahrzehnten in steigendem Masse angewachsen ist. Dies kann nur durch die Veränderung verschiedener Umweltbedingungen erklärt werden. Es änderte sich die chemische Zusammensetzung des Bodenwassers und der Luft; aber auch die zunehmende Elektrifizierung blieb nicht ohne Einfluss, und es wird sogar vermutet, dass auch die Radiowellen dabei einen Einfluss haben könnten.

Neubau/Altbau

Im Neubau wird heute als Schutz gegen aufsteigende Bodenfeuchte ins Fundament und/oder auch knapp über Boden eine wasserdichte Horizontalisolation neben der senkrechten Sperrschicht (Schutzanstrich) eingebaut. Wird dabei genügend sorgfältig vorgegangen, so wird dieser Schutz auf Lebensdauer des Bauwerkes ausreichen (Bild 1).

Bei Altbauten ist die ursprüngliche Horizontalisolierung oft zerstört, oder es besteht – namentlich bei sehr alten Bauwerken – überhaupt keine Abdichtung.