Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 11-12

Artikel: Schutzwasserbau heute und morgen
Autor: Götz, Andreas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940598

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: 23.08.2025

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

erkennen. Sobald die Wasserverluste nicht mehr linear, das heisst überproportional zunehmen, haben sich die Klüfte geöffnet. Der zugehörige Abpressdruck entspricht den minimalen Gebirgsspannungen. Über deren Richtung können aber keine Aussagen gemacht werden. Hingegen liefert der «Hydraulic Jacking»-Versuch auch Angaben über die Gebirgsdurchlässigkeit.

5. Schlussfolgerungen

Die Beurteilung der Gebirgstragfähigkeit bzw. die Frage nach der erforderlichen Felsüberdeckung ist bei der Planung und Bemessung von hochbeanspruchten Druckstollen und Druckschächten von entscheidender Bedeutung. Die Anwendung von Faustformeln kann zu Fehleinschätzungen führen, da diese die wesentlichen Gebirgskennwerte meistens nur ungenügend berücksichtigen und an bestimmte geologische Gegebenheiten gebunden sind. Massgebend für die Bestimmung der erforderlichen Felsüberdeckung sowohl bei dichten wie durchlässigen Druckstollen sind die primären, minimalen Gebirgsspannungen. Hingegen muss das Überdeckungskriterium bei dichten und durchlässigen Auskeidungen anders formuliert werden, da deren physikalisches Verhalten völlig unterschiedlich ist. Dichte Auskleidungen übertragen nur flächenhafte, rein mechanische Kräfte auf das Gebirge. Sie können zudem eine eigene, bedeutende Tragfähigkeit haben, wodurch die erforderliche Überdeckung reduziert wird. Bei durchlässigen Auskleidungen entsteht eine Sikkerströmung vom Stollen ins Gebirge. Der Lastteil der Auskleidung am Innenwasserdruck hängt von deren Dichtigkeit bzw. vom Druckabbau der Sickerströmung durch die Auskleidung ab. Die im Gebirge noch vorhandenen Strömungskräfte bewirken eine volumenhafte Felsbelastung. Da die Gebirgsdurchlässigkeit wegen der Deformierbarkeit der Klüfte auch spannungsabhängig ist, entstehen mechanisch-hydraulische Wechselwirkungen. Diese sind bei der Bestimmung der Reichweite der Sikkerströmung aus dem Stollen zu berücksichtigen. Neben der Gebirgstragfähigkeit kann auch diese Reichweite für die erforderliche Felsüberdeckung massgebend werden, falls Durchnässungen von oberflächennahen Schichten zu Hanginstabilitäten führen.

Literaturverzeichnis

[1] *Schleiss, A.:* Analyse der Gebirgstragfähigkeit bei der Bemessung des Hochdruckstollens Collierville in Kalifornien. 38. Salzburger Kolloquium für Geomechanik. 1989, pp. 73–80.

[2] *Schleiss, A.:* Bemessung von Druckstollen. Teil I: Grundlagen, Literatur, Felshydraulik, insbesondere Sickerströmungen durch Auskleidung und Fels. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 1985.

[3] *Schleiss, A.:* Bemessung von Druckstollen. Teil II: Einfluss der Sickerströmung in Betonauskleidung und Fels, mechanisch-hydraulische Wechselwirkungen, Bemessungskriterien. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, 1986.

[4] *Schleiss, A.:* Bemessungskriterien für betonverkleidete und unverkleidete Druckstollen. «Wasserwirtschaft», Heft 3, 1988, pp. 118–122.

[5] *Bouvard, M.:* Les fuites des galeries en charge en terrain sec. Rôle du revêtement, des injections, du terrain. «La Houille Blanche» 4, 1975, pp. 255–265.

[6] *Bouvard, M.; Niquet J.*: Ecoulements transitoires dans les massifs autour d'une galerie en charge. «La Houille Blanche» 3, 1980, pp. 161–168.

Adresse des Verfassers: *Anton Schleiss,* Dr. sc. techn., dipl. Bauing. ETH, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, Postfach, CH-8034 Zürich.

Schutzwasserbau heute und morgen

Andreas Götz

1. Einleitung

In Europa beträgt der durchschnittliche Jahresniederschlag laut Angaben der Unesco 770 mm. Mit 1456 mm erhält somit die Schweiz erheblich mehr Niederschlag als die meisten Regionen Europas. Da der Verdunstungsbeitrag mit 484 mm praktisch gleich hoch wie das europäische Mittel ist, fliesst in der Schweiz mit 978 mm ungefähr dreimal mehr Wasser ab als europaweit. Die Schweiz ist deshalb nicht nur ein wasserreiches, sondern auch ein gewässerreiches Land. Auf jeden Quadratkilometer ihrer Oberfläche entfallen durchschnittlich 1 Kilometer Fliessgewässer. Die Gesamtlänge der Bäche und Flüsse entspricht somit ungefähr dem Erdumfang am Äquator oder, in Zahlen ausgedrückt, rund 42 000 Kilometer.

Nebst der Anzahl der Gewässer ist auch deren unterschiedliche Erscheinungsform von Bedeutung. Als Folge der Vielgestaltigkeit – denken wir nur an die Alpen, das Mittelland und den Jura – haben wir uns in der Schweiz mit der ganzen Hochwasserschutzpalette – von der Wildbachverbauung bis hin zur Schutzmassnahme am Wald- und Wiesenbach oder Fluss – zu befassen.

Schutzwasserbau kann auch nicht losgelöst von der umgebenden Landschaft betrieben werden. Zur Hauptsache ein Gebirgsland mit dem Ufer des Lago Maggiore (193 m ü. M.) als tiefstem und der Dufourspitze (4634 m ü. M.) als höchstem Punkt weist die Schweiz eine Vielzahl von Regionen mit sehr unterschiedlichen Landschaftsbildern und Klimaten auf. Schon der berühmte Dichter, Arzt und Naturwissenschaftler, *Albrecht Haller* (1707–1777) hob hervor, dass «Helvetien fast alle Vegetationsregionen Europas bietet, vom äussersten Lappland... bis nach Spanien».

Zwar hat der Mensch seinen Lebensraum schon über Jahrtausende gestaltet und verändert; diese Änderungen erfolgten langsam und schrittweise, so dass sich Natur und Mensch gegenseitig anpassen konnten. In den letzten 100 Jahren wurde unsere Landschaft jedoch in einem noch nie dagewesenen Ausmass umgestaltet. So sind beispielsweise seit 1800 ungefähr 85% der Hochmoore verschwunden und hat sich seit 1950 die überbaute Fläche mehr als verdoppelt. Die Forderung nach haushälterischem Umgang mit dem Boden ist heute nicht mehr bestritten, dennoch ist ein Ende der Entwicklung nicht abzusehen. Bauliche Grossprojekte im Verkehrsbereich, steigender Bedarf an Wohn-, Arbeits- und Erholungsraum werden unseren Lebensraum weiterhin verändern.

Zum Schutz vor Hochwasser hat der Mensch seit eh und je in den Lauf der Gewässer eingegriffen, und angesichts der Entwicklungen im genutzten Raum sind Hochwasserschutzmassnahmen auch in Zukunft eine Notwendigkeit.

Diskussionen im Zusammenhang mit Schutzwasserbau werden wie in vielen anderen Bereichen von zwei Interessengruppen geprägt: Für die einen steht eine möglichst uneingeschränkte Nutzung im Zentrum; für die andern hat die Erhaltung des Fliessgewässers als wichtiger Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als Landschaftselement höchste Priorität. Die Erfahrung zeigt, dass die Zukunft nicht dem «Entweder – oder», sondern dem «Sowohl als auch» gehört.

2. Wegleitung «Hochwasserschutz an Fliessgewässern»

Fortschritte in der Naturwissenschaft und der Technik, aber insbesondere auch das zunehmende Umweltbewusstsein haben das Bild der Hochwasserschutzmassnahmen wesentlich verändert:

Wenn das Schweizerische Oberbauinspektorat im Jahre 1916 noch Empfehlungen erlassen hatte, wonach bei der Linienführung wo immer möglich gerade Linien anzuwenden seien und regelmässige Profile an beiden Ufern als vorteilhafteste Lösung angepriesen wurden, so enthält die Wegleitung 1982 des Bundesamtes für Wasserwirtschaft «Hochwasserschutz an Fliessgewässern» ganz anderslautende Grundsätze:

- Die bestehende Linienführung und der natürliche Verlauf der Ufer sind soweit möglich beizubehalten.
- Zur Erhaltung ökologisch wertvoller Gewässerstrecken sind auch Hochwasserrückhaltemassnahmen, Entlastungsgerinne oder Hochwasserdämme landseitig der bestehenden Ufervegetation in Erwägung zu ziehen.
- Die Eingriffe für den Hochwasserschutz sind so klein wie möglich zu halten. Der Hochwasserschutz ist deshalb in die Planung und Koordination der raumwirksamen Tätigkeiten einzubeziehen.
- Überall dort, wo sich die Schäden und Gefahren durch Wasser und Geschiebe in einem bescheidenen Rahmen bewegen, können vereinzelte Überschwemmungen in Kauf genommen werden.

Der Wasserbauer hat erkannt, dass ein Gewässer nicht losgelöst von der umgebenden Landschaft betrachtet werden darf und dass die Eingriffe vermehrt auf die übrigen Funktionen eines Gewässers Rücksicht nehmen müssen. Viele Beispiele von Schutzbauten jüngeren Datums zeigen, dass die Grundsätze in die Tat umgesetzt worden sind. In diesem Sinne hat im Hochwasserschutz die Zukunft bereits vor einiger Zeit begonnen.

3. Erkenntnisse aus den Unwetterereignissen 1987

Schutzwasserbau hat zum Ziel, Menschen und erhebliche Sachwerte vor schädlichen Auswirkungen des Wassers, insbesondere vor Überschwemmungen, Erosionen und Feststoffablagerungen zu schützen. Jedes Hochwasserereignis stellt eine Bewährungsprobe für Schutzmassnahmen dar und hat in manchen Fällen Unterlassungssünden schonungslos aufgedeckt.

Die ausserordentlichen Unwetterereignisse im Jahre 1987 waren deshalb eine gute Gelegenheit, Ursachen der Ereignisse und Schäden zu analysieren sowie Folgerungen zu ziehen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind für die Zukunft des Schutzwasserbaus von zentraler Bedeutung. Es kann deshalb nicht schaden, einige der wesentlichsten Lehren und Konsequenzen noch einmal zu erwähnen:

- Hochwasserschutz ist integral zu planen. Neben baulichen Massnahmen wie Verbauungen, Eindämmungen, Korrektionen sowie Geschiebe- und Hochwasserrückhaltemassnahmen sollten vermehrt auch planerische Massnahmen oder Auflagen für Bauten in Gefahren- oder Schutzgebieten eingesetzt werden.
- Von der Bemessungspraxis, dass bis zur Projektwassermenge kein Schaden entstehen darf und Zustände bei grösseren Wasserführungen nicht untersucht werden, muss abgegangen werden. Im Interesse einer Schadenminderung bei Extremereignissen ist gegenüber Kleinschäden eine grössere Toleranz anzustreben.
- Voraussetzung für Beherrschung von Gefahren ist ihre bewusste Wahrnehmung und die Information über bestehende Risiken. Gefährdete Gebiete sollten daher in Gefahrenkarten ausgewiesen werden, wobei alle Gefahren – natürliche und technische – mitzuberücksichtigen sind.
- Im Entscheidungsprozess für Schutzmassnahmen sind die verschiedenen Anliegen wie Schutz von Menschenleben und Sachwerten, Schutz der Natur, aber auch die Kosten sorgfältig gegeneinander abzuwägen. Angesichts der Vielfalt der Interessen wird es immer schwieriger, Konsens zu finden. Es ist deshalb notwendig, Schutzziele in Form von Grundsätzen zu definieren.
- Erosion und Murgänge sind in das Konzept für Schutzmassnahmen genauso einzubeziehen wie grosse Hochwasserabflüsse.
- Ein Umdenken von der Schadenverhütung zum Katastrophenschutz ist erforderlich. Neben wasserbaulichen und raumplanerischen Massnahmen stehen mit Katastrophenhilfe, Alarmorganisation, Objektschutz und Versicherung noch weitere Hilfsmittel zur Schadenminderung zur Verfügung.

4. Umsetzung von Erkenntnissen

Solange neue Erkenntnisse und Erfahrungen nicht zielstrebig umgesetzt werden, ändert wenig bis gar nichts. Es ist erfreulich, dass im Schutzwasserbau den Erkenntnissen auch Taten gefolgt sind. So ist beispielsweise im «Bericht über die Massnahmen zur Raumordnungspolitik/ Realisierungsprogramm» vom 27. November 1989 unter anderem vorgesehen, bis 1994 Empfehlungen zur Behandlung des Gefahrenpotentials des Wassers im Rahmen der Richt- und Nutzungsplanung auszuarbeiten und kann mit dem Nationalen Forschungsprogramm NFP 31, «Klimaänderungen und Naturkatastrophen» die erforderliche interdisziplinäre Forschung gefördert werden.

Auch im Bereich der Gesetzgebung wurden mit dem durch die eidgenössischen Räte am 21. Juni 1991 verabschiedeten neuen Bundesgesetz über den Wasserbau verschiedene Weichen gestellt:

So wird den Erfahrungen mit den Wegleitungen Hochwasserschutz an Fliessgewässern dadurch Rechnung getragen, dass die ökologischen Aspekte stärker hervorgehoben werden. Einerseits soll Unterhalts- und Planungsmassnahmen die Priorität vor Eingriffen in Gewässer zukommen. Andererseits werden qualitative Anforderungen an die Gestaltung von Gewässern und Ufern gestellt, welche die Kantone zu beachten haben. Ferner werden als neue Subventionsart Finanzhilfen an die Wiederherstellung naturnaher Verhältnisse bei wasserbaulich belasteten Gewässern eingeführt.

Die Erkenntnisse aus den Unwetterereignissen 1987 haben ihren Niederschlag in erster Linie bei den Bestimmungen zu den Abgeltungen gefunden, indem der Bund künftig die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, die Einrichtung und den Betrieb von Messstellen sowie den Aufbau von Frühwarndiensten zur Sicherung von Siedlungen und Verkehrswegen finanziell unterstützt. Er kann künftig auch Beiträge an die Wiederherstellung wichtiger Bauten und Anlagen des Hochwasserschutzes leisten, die trotz sorgsamem Unterhalt ihren Zweck nicht mehr erfüllen oder bei Naturereignissen zerstört wurden. Schliesslich unterstützt er auch die Räumung und Wiederherstellung von Abflussprofilen nach Naturereignissen.

5. Anwendung in der Praxis

Neue Erkenntnisse und Erfahrungen wurden im Schutzwasserbau nicht nur in Arbeitsprogramme, Forschungsprojekte und Gesetzesparagraphen umgesetzt, sondern im Rahmen von zahlreichen konkreten Projekten auch praktisch angewendet. Zur Illustration und als Empfehlung zur Nachahmung sei kurz auf das Projekt «Emme 2050» und das «Gesamtkonzept Reuss» hingewiesen:

Die Feststellung, dass sich die fortschreitende Sohlenerosion im Flussbett der Emme bisher allein durch den Bau massiver Querwerke in Grenzen halten liess, konnte auf die Dauer keine Lösung sein. Es galt, von der Symptombekämpfung zur Ursachenbekämpfung überzugehen. Als Zeithorizont für die Beurteilung möglicher Massnahmen als Grundlage künftiger Planungs- und Projektierungsarbeiten wurde das Jahr 2050 und für die entsprechende Studie der Name «Emme 2050» gewählt. Der gemeinsam von den Baudirektionen der Kantone Bern und Solothurn erteilte Auftrag wurde von der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich (VAW) und dem Geographischen Institut der Universität Bern (GIUB) bearbeitet.

In einem ersten Schritt wurden der Flusslauf der Emme und die Entwicklungen im Einzugsgebiet untersucht. Für den Blick in die Zukunft wurden an der VAW die Auswirkungen unterschiedlicher Massnahmen auf die Flusssohle mit dem Computerprogramm Mormo (*Mor*phologisches *Mo*dell) durchgerechnet. Die Ergebnisse dieser Modellrechnungen bildeten die Grundlage künftiger Planungs- und Projektierungsarbeiten.

Untersuchungen zeigten, dass sich die Sohlenerosion der Emme zwischen Flusskilometer 8,100 und 9,250 nicht nur durch den Einbau von drei neuen Sperren begrenzen liesse, sondern dass die Wirkung solcher Sperren auch mittels einer lokalen Verbreiterung erreicht werden kann. Da für diese neuartige Massnahme für die Projektierung die theoretischen Grundlagen fehlten, wurden an der VAW die erforderlichen Dimensionierungsgrundlagen anhand eines hydraulischen Modells im Massstab 1:55 ermittelt und gleichzeitig die Hochwassersicherheit geprüft. Am 7. Mai 1992 konnte das im Vergleich zu den Sperren viel naturnahere und kostengünstigere Bauwerk eingeweiht werden (Bilder 1 und 2).

Nachdem im Kanton Uri nach den Unwettern 1987 die Hochwassersicherheit, wie sie vor den Ereignissen bestanden hatte, mittels Sofortmassnahmen wiederhergestellt worden war, wurde für die Reuss ein Gesamtkonzept mit einer einheitlichen Schutzphilosophie und aufeinander abgestimmten Massnahmen ausgearbeitet. In der «Richtlinie für den Hochwasserschutz» vom 9. Juni 1992 wurden Schutzziele definiert und die Rahmenbedingungen der Schutzmassnahmen abgesteckt. Obwohl für das Hochwasserschutzprogramm Reuss 1987 geschaffen, können die Richtlinien sinngemäss auch an anderen Fliessgewässern angewendet werden (Bild 3).

Für die einzelnen Schadenplätze wurden im Rahmen der Vorprojekte verschiedene Konzepte für den Hochwasserschutz untersucht und miteinander verglichen. Im Falle von Gurtnellen standen neben einer Ableitung der Hochwasserspitze durch einen Umleitstollen verschiedene Varianten des Gerinneausbaus zur Diskussion. Hydraulische Modellversuche der VAW haben gezeigt, dass die drei Mäander der Reuss mit Schutzelementen so gesichert werden können, dass die Hochwassersicherheit selbst für extreme Abflüsse gewährleistet werden kann.

Die hydraulischen Modelle haben an Emme und Reuss entscheidend dazu beigetragen, dass die erforderlichen Massnahmen naturnah ausgeführt werden konnten. Trotz Fortschritten mit numerischen Modellen wird man auch in ferner Zukunft im Interesse der Sicherheit und der Umwelt nicht auf hydraulische Modelle verzichten können.

6. Folgerungen

Die mittlere Schadenerwartung hat in den vergangenen Jahrzehnten stets zugenommen und wird aufgrund der laufenden Investitionen noch steigen. Bei der vorher-

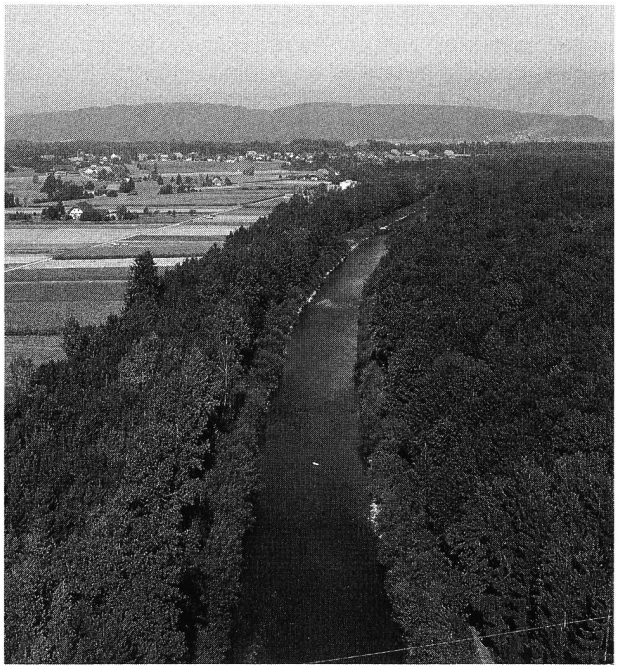

Bild 1. Emme bei Aefligen, Kanton Bern, Zustand vor der Aufweitung des Profils (Documenta Natura).

Bild 2. Analoges Bild wie 1, Zustand nach der Aufweitung des Profils (Documenta Natura).

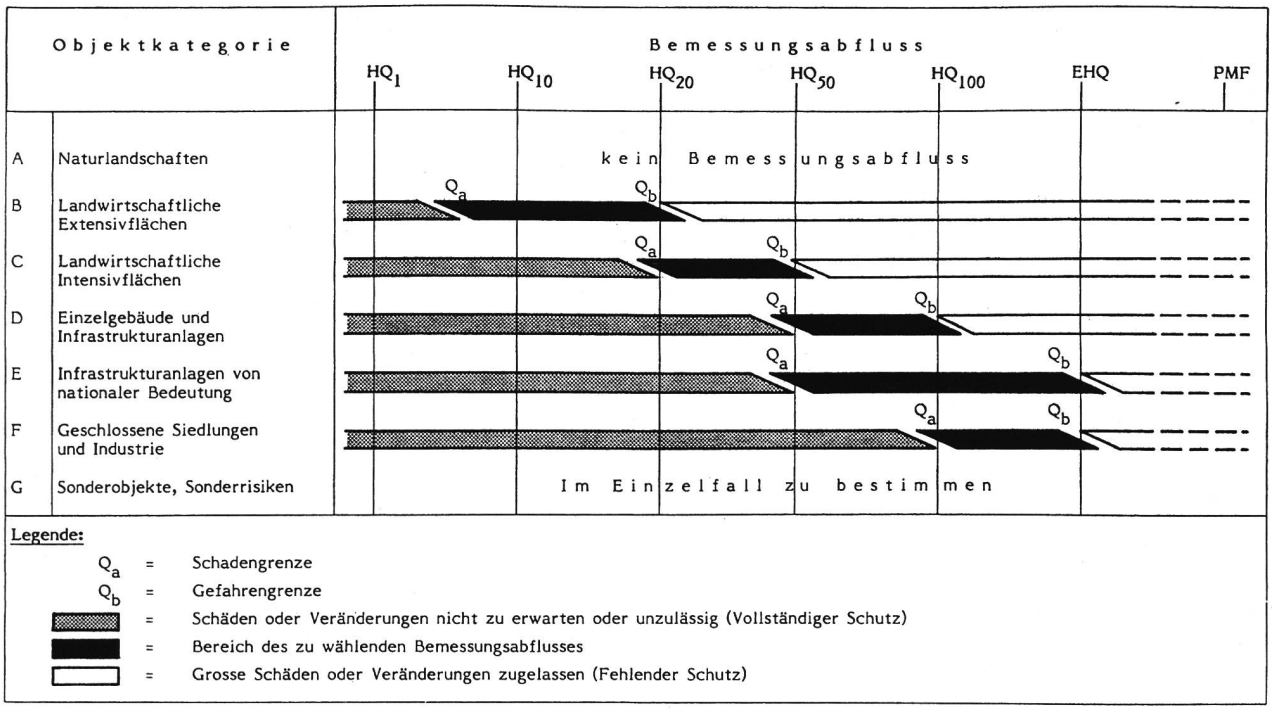

Bild 3. Bemessungsempfehlungen für den Hochwasserschutz, Richtlinien für den Hochwasserschutz, Kanton Uri, Juni 1992.

gesagten Erwärmung des Klimas ist eine Erhöhung des Hochwasserrisikos und der Intensität von Murgängen durchaus denkbar. Klimaänderung und Erhöhung des Schadenpotentials beschleunigen den Bedarf an Schutzmassnahmen.

Mit dem neuen Wasserbaugesetz wurden wesentliche Weichen für die Zukunft gestellt und ausgehend von der Ursachenanalyse der Unwetterereignisse 1987 grosse Anstrengungen für das Schliessen bestehender Lücken unternommen.

Die Bewältigung der Probleme im Schutzwasserbau steht und fällt mit der Verfügbarkeit von zeitgemässen Grundlagen, Arbeitsinstrumenten sowie der Möglichkeiten für die Aus- und Weiterbildung von Fachleuten. Die Rolle der Hochschulen ist in diesem Zusammenhang von zentraler Bedeutung.

Wenn heute die Schweiz auf dem Gebiet des Schutzwasserbaus im internationalen Vergleich gut abschneidet, so braucht es keine «Ursachenanalyse», um zu zeigen, dass die VAW zu diesem Resultat massgeblich beigetragen hat. Behörden auf allen Stufen, Fachstellen verschiedenster Zuständigkeit, Ingenieurbüros und Unternehmungen sind den Verantwortlichen an der VAW für ihre wertvollen Beiträge äusserst dankbar.

«Take the lead in the race» war 1970 mein erster Eindruck von Herrn Professor Dr. Dr. h. c. Daniel Vischer aus der Optik Student an der ETH Zürich. Er hat uns nicht nur wertvolles Fachwissen vermittelt, sondern eine nachahmenswerte Arbeitsauffassung vorgelebt. Dieser erste Eindruck hat sich in den vergangenen mehr als 20 Jahren vielfach bestätigt. Für all sein Wirken sei Professor Vischer bestens gedankt und der Wunsch ausgesprochen: «Keep the lead in the race»!

Adresse des Verfassers: *Andreas Götz,* Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach, CH-3001 Bern.

Literatur

Götz, A. (1983): «Gewässerkorrektionen im Wandel der Zeit» (Überblick), Pro Aqua – Pro Vita 83, Die Geschichte der Gewässerkorrektionen und der Wasserkraftnutzung in der Schweiz, Fachtagung V, Band 9E.

Bundesamt für Wasserwirtschaft (1982): «Hochwasserschutz an Fliessgewässern», Wegleitung, EDMZ, CH-3000 Bern.

Bundesamt für Wasserwirtschaft (1991): «Ursachenanalyse der Hochwasser 1987», Schlussbericht, EDMZ, CH-3000 Bern.

Bundesamt für Statistik (1992): «Die Bodennutzung der Schweiz», Arealstatistik 1979/1985.

Tiefbauamt Kanton Bern (1992): «Emme 2050», Kurzbericht, Oberingenieurkreis IV, Burgdorf.

Baudirektion Kanton Uri (1992): «Hochwasser 1987, Gesamtkonzept Reuss», Bericht.

Regierungsrat Kanton Uri (1992): «Richtlinie für den Hochwasserschutz».

Schweizerischer Nationalfonds (1992): «NFP 31, Klimaänderungen und Naturkatastrophen», Info Nr. 1.

Vischer, D. (1992): «Hydrologische Modellversuche im Computerzeitalter?», NZZ, Nr. 99.