

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 80 (1988)
Heft: 9

Artikel: Sicherheitsüberlegungen im Flussbau
Autor: Jäggi, Martin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940733>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

Sicherheitsüberlegungen im Flussbau

Martin Jäggi

Der Sommer 1987 mit seinen ausserordentlichen Hochwasserereignissen wirkte für eine breitere Öffentlichkeit wie ein Schock. Die Naturgewalten haben in einer Landschaft ihre Wirkung erkennen lassen, in der es dem Anschein nach für solche Elementarschäden kaum noch Platz hatte. Es fällt schwer zu begreifen, dass in einer durchgeplanten und geordneten Umgebung Überschwemmungen und Feststoffablagerungen von Menschen unkontrolliert in dem Masse auftreten können und Schäden eines Ausmasses bewirken, wie dies 1987 der Fall war. Die Frage nach dem Warum stand deshalb in den auf das Ereignis folgenden Diskussionen sehr rasch im Vordergrund. Gegenwärtig wird in einem breitangelegten Untersuchungsprogramm des Bundesamtes für Wasserwirtschaft intensiv nach den Ursachen geforscht. Gewisse Schlüsse und gewisse Lehren aus den Ereignissen können aber jetzt schon – mit einer gewissen Distanz zu den Ereignissen – gezogen werden.

Überhöhte Sicherheitserwartungen

Eines der Hauptziele der Korrektur eines Flusses ist die Verbesserung seiner Abflusskapazität. Damit wird die Hochwassersicherheit des angrenzenden Landes wesentlich verbessert. Zur Bestimmung der erforderlichen Profilabmessungen (Dammhöhen, Sohlenbreiten usw.) wird eine bestimmte Wassermenge, also eine Ausbaugrösse, gewählt, welche das Korrektionsprofil abzuführen imstande sein soll. Diese Leistungsfähigkeit eines Flussgerinnes kann rechnerisch einigermaßen gut erfasst werden. Es ist in der Schweiz seit längerem üblich, Flüsse auf das sogenannte 100jährige Hochwasser auszubauen und somit diese Wassermenge als Ausbaugrösse zu wählen. Die Wegleitung für den Hochwasserschutz an Fließgewässern des Bundesamtes für Wasserwirtschaft von 1982 präzisiert dazu, dass «Siedlungen, Industriezonen, wichtige Verkehrsanlagen und andere gefährdete Gebiete gegen eine 100jährige Wassermenge» geschützt werden sollen. Gemäss Definition würde der jährliche Spitzenabfluss statistisch gesehen einmal in 100 Jahren diesen Wert erreichen, der nach dem Ausbau rechnerisch schadlos abfließen kann. Dieser Abfluss hat somit eine Auftretenswahrscheinlichkeit von 1:100. Bei diesem Vorgehen wird bewusst akzeptiert, dass grössere Wassermengen auftreten können als jene, die als Ausbaugrösse gewählt wurde. Die Wahrscheinlichkeit, dass dies in einem bestimmten Jahr passiert, ist dann eben kleiner als 1:100. Wie noch ausgeführt wird, ist die Bestimmung solch kleiner Wahrscheinlichkeiten nicht unproblematisch.

Es scheint nun aber eine Diskrepanz zu geben zwischen der Beurteilung der Sachlage durch die Fachwelt und durch die Öffentlichkeit. Jedermann versteht, dass bei einem unkorrigierten Fluss oder Wildbach Überschwemmungsrisiken zu akzeptieren sind. Sobald aber ein Fluss eingedämmt und das umliegende Land während einer gewissen Zeit von Überschwemmungen verschont geblieben ist, gilt das Gebiet, das früher einmal dem Fluss gehört hat, als «sicher». Der Siedler, der dort sein Haus baut, der Bauer, der dort seine Felder bestellt, der Industrielle, der dort vergleichsweise billiges Land erworben hat und teure Produktionsstätten einrichtet, oder der Benutzer der dort angelegten Verkehrswege weiss von diesem Restrisiko nichts oder will davon nichts wissen. Ein Vergleich von älterem und neuerem Kartenmaterial zeigt, wie intensiv die Entwicklung

der grossen Alluvionsebenen in der Schweiz in den letzten hundert Jahren war und wie bedeutsam heute diese den Flüssen abgerungenen Flächen für die verschiedensten menschlichen Aktivitäten sind. Vom Moment an, wo diese Gebiete parzelliert wurden, wurde das an sich immer noch vorhandene Restrisiko kaum mehr in der Nutzungsplanung berücksichtigt.

Dazu kommt, dass das menschliche Erinnerungsvermögen an Naturereignisse schlechter ist, als allgemein angenommen wird. In Fachkreisen kursiert der Ausspruch, dass das sogenannte «Menschengedanken» höchstens sieben Jahre betrage. Dies führt auch dazu, dass Schäden um so weniger akzeptiert werden, je weiter das letzte Hochwasserereignis zurückliegt. Hat es während mehrerer Jahre in einem gewissen Gebiet keine ausserordentlichen Hochwassermengen oder gar Überschwemmungen gegeben, fällt es der zuständigen Wasserbaubehörde sehr schwer, dem Betroffenen klar zu machen, dass sein Grundstück von einem Hochwasser betroffen werden könnte. Die Ereignisse des Jahres 1987 haben da viele auf brutale Art an die Realitäten erinnert.

Grenzen der bisherigen Dimensionierungspraxis

Aber nicht nur die Öffentlichkeit oder die betroffenen Grundeigentümer, sondern auch die Fachwelt muss sich nach diesen ausserordentlichen Ereignissen Gedanken machen. Ist die generelle Abstützung auf das 100jährige Hochwasser nicht eine etwas einseitige und undifferenzierte Betrachtungsweise? Zwar gab es auch bisher differenzierte Ansätze. So wird etwa im Talsperrenbau dem Dimensionierungshochwasser eine zehnmal kleinere Auftretenswahrscheinlichkeit zugrunde gelegt. In ausschliesslich landwirtschaftlich genutzten Zonen wird eine höhere Auftretenswahrscheinlichkeit akzeptiert. Im ersten Fall spricht der Umstand für eine höhere Sicherheitsanforderung, dass das Gefahrenpotential nicht von Natur aus vorhanden ist, sondern durch das Bauwerk erst geschaffen wird. Im zweiten Fall spricht für einen reduzierten Ausbau, dass landwirtschaftlich genutzte Gebiete kurzzeitig unter Wasser stehen können, ohne allzu stark Schaden zu nehmen.

Nun aber ist die Zuordnung von Jährlichkeiten für extrem hohe Abflüsse in der Praxis problematisch. Grundlage einer Abflussstatistik sind Abfluss- oder Niederschlagsmessungen. Je länger eine Messreihe ist, um so eher wird sie Ex-

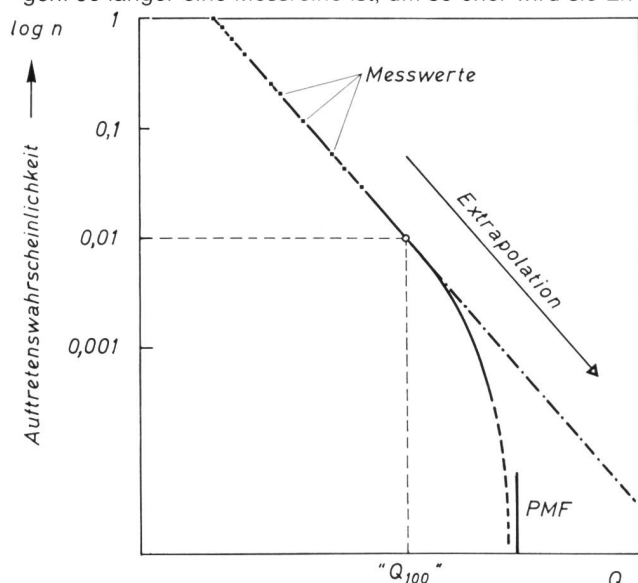


Bild 1. Extrapolation von Extremalabflüssen aus Messwerten. Bestimmung der Ausbaugrösse Q_{100} und von PMF (probable maximum flood).



Bild 2. Überflutung der Reussenebene am 25. August 1987.

(Foto R. Meier, Baden)

tremereignisse enthalten. Im allgemeinen sind 50jährige Messreihen bereits als lang zu bewerten, 100jährige Messreihen werden selten vorgefunden. Dies bedeutet, dass bei einer mehrere Jahrzehnte umfassenden Messreihe gut bestimmt werden kann, welcher Abflusswert jedes Jahr mindestens erreicht wird. Auch ein Abfluss mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von 1:10, der also im Durchschnitt gesehen alle 10 Jahre einmal auftritt, ist noch gut bestimmt. Auf die Abflüsse mit einem selteneren Auftreten kann nur durch Extrapolation geschlossen werden (Bild 1). Die Extrapolation wird um so ungenauer, je kleiner die Auftretenswahrscheinlichkeit des gesuchten Abflusses und je kürzer die Messreihe ist. Die gängigen Extrapolationen sind im Prinzip nach oben unbegrenzt; extrem kleine Wahrscheinlichkeiten entsprechen extrem hohen Abflüssen. Theoretisch müssten also bei sehr hohen Sicherheitsansprüchen fast unendlich grosse Abflüsse berücksichtigt werden. Da dies aber offensichtlich nicht mehr der Realität entspricht, wird in der Praxis mit Vorliebe in Gebieten, wo die hydrologischen Grundlagen sehr schlecht sind, das Konzept des maximal möglichen Abflusses, des sogenannten PMF (probable maximum flood) verwendet. Grundgedanke ist die Vorstellung, dass auch ein noch so ausserordentliches meteorologisches Ereignis nur eine begrenzte maximale Niederschlagsintensität hervorbringen kann und damit auch der daraus resultierende Abfluss in seiner Grösse limitiert ist. Man kann also nicht beliebig aus einer Abflussmessreihe auf seltene Ereignisse extrapolieren: Gewisse Grenzen sind gegeben.

Totalausbau und Restrisiko

Es könnte nun angeführt werden, dass es somit genügen würde, diese maximale Wassermenge zu bestimmen und alle Flüsse auf diese Grösse auszubauen. Dies würde in den meisten Fällen eine Vervielfachung der bisherigen Ausbau-

grösse bedeuten. Ein immer grösserer Ausbau eines Flussgerinnes bringt aber auch eine immer grössere Diskrepanz zu den «normalen Verhältnissen» mit Mittel- und Niederwasserführung. Viele Flussgerinne unseres Mittellandes sehen bereits als Folge der üblichen Ausbaupraxis wegen dieser Diskrepanz recht unansehnlich aus. Im Interesse des Landschaftsschutzes muss also die Ausbaugrösse begrenzt werden. Auch ist daran zu denken, dass Geschiebe- und Schwebstoffführung der kleineren häufigeren Hochwasser und oft auch die in Flussnähe üppig wachsende Vegetation ein zu grosszügig ausgebautes Gerinne umgestalten und dadurch kaum erlauben werden, dieses Gerinne für ein äusserst selten auftretendes Katastrophenereignis offen zu behalten.

Die erwähnte Wegleitung des Bundes führt dazu an, «in Fällen, wo die statistisch errechnete Wassermenge Q_{100} kleiner ist als eine früher beobachtete Abflussspitze, soll für die Projektierung der höhere Wert berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere bei Dämmen, deren Überflutung Dammbrüche und schwerwiegende Überschwemmungen zur Folge haben kann.» Diese Regel würde auch für den nachfolgend beschriebenen Fall der Reuss gelten. Doch sie steht teilweise im Widerspruch zu anderen Richtlinien der gleichen Wegleitung, welche möglichst naturnahe Verbauungen anstreben.

Die Überschwemmungen der Reuss vom 24./25. August 1987

In den frühen Morgenstunden des 25. August 1987 erreichte der Abfluss der Reuss einen so hohen Wert, dass das gesamte künstlich ausgebaute Reussgerinne zwischen Attinghausen und dem Urnersee auf grösserer Länge randvoll war. Wie die Hochwasserspuren an den folgenden Tagen zeigten, überströmte das Wasser die Reussdämme auf grosser Länge wie über ein Streichwehr. Der Reusskanal

war für einen Abfluss von $600 \text{ m}^3/\text{s}$ dimensioniert, was etwa dem geschilderten Ausbaustandard entsprach. Im Prinzip war in der Dimensionierung zwischen maximalem Wasserspiegel und der Dammkrone eine Differenz von einem Meter, das sogenannte Freibord, vorgesehen. Nimmt man an, dass dieses Freibord tatsächlich überall vorhanden war und dass auch sekundäre Effekte, wie etwa Veränderungen der Sohlenlage während des Ereignisses, eher eine untergeordnete Rolle spielten, so entspricht der randvolle Abfluss einer Wassermenge von $800 \text{ m}^3/\text{s}$. Nach den vorliegenden Abschätzungen dürfte der Abfluss auch tatsächlich zwischen 750 und $800 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen haben. Dass bei dieser Überlastung von 20 bis 25 Prozent drei Damnbrüche die Folge waren, kann deshalb kaum mehr überraschen (Bild 2). Die Folgen der Überschwemmungen sind bekannt. Dass es zu keinen Todesfällen kam, muss als Glücksfall bezeichnet werden.

Gemäss bisheriger Praxis hat sich also die Verbauung bewährt, denn die Damnbrüche sind lediglich eine Folge des einkalkulierten Restrisikos. Diese Aussage befriedigt die Geschädigten wohl aber kaum. Bevor nun auf mögliche Folgen für die laufende Dimensionierungspraxis eingegangen werden soll, sei auf den begrenzten Wert der Statistik in diesem Zusammenhang hingewiesen.

Die Ereignisse des Jahres 1987 wurden in einem Artikel von Zeller und Röthlisberger kürzlich vorgestellt. («Unweterschäden in der Schweiz im Jahre 1987», «wasser, energie, luft» 80 [1988] Heft 1/2, S. 29–42). Darin findet sich auch eine Statistik der Abflussmessstation Seedorf und der Vergleich mit dem Schätzwert für das Abflussereignis 1987. Betrachtet man dieses als Spitzenwert der Messperiode 1914 bis 1987, so passt es überhaupt nicht in irgendeine Extrapolationsfunktion. Gegenüber einer Funktion, die ohne Berücksichtigung des Werts von 1987 bestimmt wird, weist es eine Wahrscheinlichkeit von etwa 1:500 auf. Wird trotz den zu erwartenden relativ grossen mittleren Abweichungen eine Funktion gesucht, welche diesen Messpunkt berücksichtigt, so kommt für dieses Ereignis eine höhere Auftretenswahrscheinlichkeit heraus, die aber immer noch kleiner ist als 1:100. Man sieht also auch daraus wieder, dass für eine verlässliche statistische Einordnung eine wesentlich längere Messreihe zur Verfügung stehen müsste. Für die Festlegung einer zukünftigen Ausbauwassermenge

kann somit im Fall des Reusskanals nur sehr bedingt auf die Statistik zurückgegriffen werden.

Im zitierten Artikel wurde deshalb aufgrund von Chroniken versucht, die Häufigkeit ähnlich schwerer Ereignisse festzustellen. Dabei zeigt es sich, dass in früheren Jahrhunderten solche durchaus auch zu verzeichnen waren. Allerdings ist die Aussagekraft dieser Überlegungen nur begrenzt, kann doch hier nicht mehr die Abflussgrösse, sondern lediglich die Grösse der Schäden betrachtet werden. Diese hängt nun wieder sehr stark vom Ausbaugrad und der Nutzung der flussnahen Gebiete ab.

Folgen übermässiger Verlandung und Erosion

Viele Schäden wurden bei den Unwettern 1987 nicht nur durch ein Zuviel an Wasser, sondern durch extrem hohe Feststoffführung oder intensiven Strömungsangriff mit nachfolgenden Erosionen verursacht. So sind die Verwüstungen im Ort Poschiavo vom 18./19. Juli 1987 bekanntlich eine Folge eines extrem grossen Murganges (Rüfe) aus dem Val Varuna, einem Seitental zum Val Poschiavo. Die im Bereich der Mündung in den Poschiavino abgelagerten Schuttmassen waren, gemessen am Transportvermögen des Talflusses, unverhältnismässig hoch (Bild 3). So konnte dieser zwar ebenfalls Hochwasser führende Fluss dieses zusätzliche Geschiebe nur die kurze Distanz bis Poschiavo weitertransportieren. Die ungünstige Lage der Cimavilla-Brücke in der potentiellen Ablagerungszone verschlimmerte die Situation zusätzlich. Seit Jahrzehnten sind im Val Varuna keine nennenswerten Hochwasserabfluss- oder gar Murgangereignisse mehr aufgetreten. So konnte sich möglicherweise in und neben dem Hauptgerinne des steilen Baches während Jahrzehnten ein Gefahrenpotential aufbauen. Verwitterung, Rutschungen, Hangkriechen usw. sind die Ursache, dass sich im Bach Lockermaterial anlagert. In einzelnen Bächen werden solche Ablagerungen regelmässig weggespült, während sie in anderen Bächen jahrzehntelang liegenbleiben können. In verbauten Wildbächen bleibt ein Teil solchen Materials als Hinterfüllung der Sperren liegen. Versagen diese, erhöht sich das Feststoffangebot entsprechend. Im Fall des Val Varuna brauchte es eine ausserordentliche Kombination von Niederschlags- und Temperaturverteilung, dass das katastro-



Bild 3. Murgangablagerungen am Ausgang des Val Varuna oberhalb Poschiavo.
(Foto A. Huber, VAW)



Bild 4. Ufererosionen durch Verlagerung von Mäanderbögen bei Gurtnellen.
(Foto R. Meier, Baden)

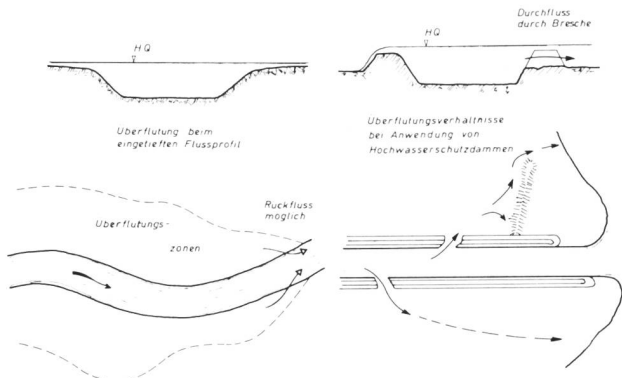


Bild 5. Überlastung eines eingetieften (links) und eines durch Schutzdämme ausgebauten Gerinnes.

phal wirkende Ereignis ausgelöst werden konnte, das unter anderem auch eine jahrzehntealte Sperrentreppe wegfegte. Am 24./25. August 1987 wurden die Ufer der Reuss zwischen Göschenen und Gurtellen auf weiten Strecken wegerodiert. Neben einer generellen Flussverbreiterung waren neue oder neu aktivierte Mäanderbögen festzustellen. Durch Gerinneverbreiterung wurden Gotthardbahn, Nationalstrasse und Kantonsstrasse durch viele Zerstörungen betroffen. Besonders schwere Veränderungen ergaben sich im Dorf Gurtellen. Die betroffenen Uferstrecken sind aus Hangschutt, aus älteren fluvialen Ablagerungen oder durch Moränen gebildet.

Zwischen Göschenen und Amsteg hat der Reussgletscher bei seinem Rückzug mehrere solcher Moränen gebildet, hinter denen Seen entstanden, die später verlandeten. Die Reuss frass sich dann während der Nacheiszeit durch die Moränen und die Verlandungskörper hindurch und erreichte auf längeren Strecken wieder den Fels. Einzelne Strecken, wie jene bei Wassen, verblieben aber im Lockermaterial, wobei Sohle und Ufer durch zum Teil grosse Blöcke abgeplästert wurden. Mit zunehmender Erosion gerieten auch immer mehr grosse Blöcke an die Oberfläche, wodurch bis heute das Flussbett eine immer grössere Stabilität erhielt. Es ist deshalb auch nicht verwunderlich, dass bisher auf dieser Gebirgsstrecke im Gegensatz zur Talebene kein Bedürfnis zu einer systematischen Korrektur entstanden ist.

Die nach dem Ereignis vom 24./25. August 1987 sichtbar gewordenen Veränderungen in den alluvialen Strecken haben aber gezeigt, dass diese Stabilität nur eine relative war. Es brauchte das Überschreiten eines Abflussgrenzwertes, damit Sohlenerosion und damit auch Breiten- und Ufererosion beginnen konnten. Gleichzeitig waren die Verhältnisse offenbar auch für eine Mäanderbildung günstig. Resultat waren eine allgemeine Vergrösserung der aktiven Flussbreite und ganz konzentrierte Uferangriffe an den zum Teil neu entstandenen Krümmungen. Dadurch gerieten auch die Pfeiler der N2-Brücke bei Wassen in den Einflussbereich des Flusses, wofür sie nicht konzipiert worden waren.

Eine neue Dimensionierungspolitik

Gerade die Überflutung der Reussebene hat gezeigt, dass das stillschweigende Akzeptieren des Restrisikos für Überschreiten eines 100jährigen Hochwassers nicht ohne weiteres richtig ist. Liegt bei einem Ausbau des Flussgerinnes durch Hochwasserschutzdämme der Maximalwasserspiegel höher als die Umgebung, so kann sich das durch eine Bresche ausgeflossene Wasser nicht mehr in sein Gerinne zurückfinden (Bild 5). So wurde ja das Dorf Flüelen durch Wasser überschwemmt, das bei Altdorf aus der Reuss aus-

getreten war und nur diesen Weg zum Vierwaldstättersee fand. Noch bedenklicher wird die Lage dann, wenn dem ausgetretenen Wasser der natürliche Weg versperrt wird, wie durch den Autobahndamm bei Seedorf. Dort konnte das Wasser erst in den Vierwaldstättersee gelangen, nachdem es die Autobahn überströmt hatte (Bild 6); dazu musste sich vorerst ein See von einigen Metern Tiefe bilden.

Dies ist wohl die wichtigste Lektion des Hochwassers 1987, nämlich dass nicht nur der reine Ausbau, sondern allfällige Schadensszenarien bei Überschreiten der Ausbauwassermenge in der Dimensionierung berücksichtigt werden müssen. Aufgrund dieser Schadensszenarien können weitere aktive Schutzmassnahmen, wie eine zweite Serie von parallelen Dämmen, genügend grosse Durchlässe in allfälligen Hindernissen oder aber auch passive Schutzmassnahmen geplant werden. Zu den passiven Massnahmen gehören Bauverbote oder einschränkende Bauvorschriften. Wird nach einem solchen Konzept dimensioniert, ist letzten Endes die Zuordnung einer Auftretenswahrscheinlichkeit zu der Ausbauwassermenge nicht mehr von vorrangiger Bedeutung. Die Ausbauwassermenge soll aufgrund von vorhandenem statistischem Material so gewählt werden, dass bei den häufigen Ereignissen nicht mit Schäden zu rechnen ist. Je nach Art der Nutzung ist so eine Differenzierung und die Wahl sogar unterschiedlicher Ausbaugrössen entlang einer Flussstrecke möglich. Die entsprechende Auftretenswahrscheinlichkeit soll nach wie vor höchstens 1:50 bis 1:100 betragen, da bei häufigeren Überschwemmungen die Schäden mit der heutigen Besiedlungsdichte in der Schweiz zu gross werden. Damit kann sozusagen das landesübliche Mass an Sicherheit geboten werden. Würde dieses herabgesetzt, indem eigentliche «Nullösungen» anvisiert werden, würde die heutige Nutzung der Alluvionsebenen ganz massiv eingeschränkt.

Neben der Planung des Gewässerausbaus aufgrund der Wahl einer Dimensionierungswassermenge muss untersucht werden, welche Folgen das Überschreiten dieser Ausbaugrösse mit sich bringt. Können die Schäden nun für noch grössere Wassermengen durch geeignete Massnahmen einigermaßen begrenzt werden, so spielt die genaue Zuordnung einer Auftretenswahrscheinlichkeit respektive des Restrisikos eine untergeordnete Rolle. Bei Planung der zusätzlichen Massnahmen kann berücksichtigt werden, dass meist grosse Flächen diesen selten auftretenden Wassermengen zur Verfügung stehen.



Bild 6. Überströmen des Autobahndamms bei Seedorf am 25. August 1987. (Foto R. Meier, Baden)

Sind zum Gewässerausbau zusätzliche aktive oder passive Massnahmen eingeplant, welche das Restrisiko berücksichtigen, so interessiert die genaue statistische Einordnung der Ausbaugrösse vor allem noch Versicherungsmathematiker, welche sich mit den potentiellen Schäden bei Überschreiten der Ausbauwassermenge zu befassen haben.

In diversen Fällen dürften die Folgen eines begrenzten Ausbaus nicht mehr akzeptabel sein. Bereits erwähnt wurde der hohe Sicherheitsanspruch für all jene Fälle, wo durch die bauliche Veränderung eine zusätzliche, bisher nicht vorhandene Gefahr entsteht. Im Schutzwasserbau betrifft dies die Dimensionierung von Hochwasserentlastungsanlagen bei Hochwasserrückhaltebecken. Bei einer Beurteilung des Restrisikos in Fällen wie bei Poschiavo oder dem Urner Reusstal zwischen Göschenen und Gurtellen zeigt sich, dass zwar – ähnlich wie beim reinen Gerinneausbau in Talflüssen – durch bauliche Massnahmen wie Wildbachsperrern und Uferschutz das Schadenrisiko vermindert werden kann. Die Abschätzung des Restrisikos ist noch ungleich schwieriger als beim Gerinneausbau. In solchen Fällen sind aber vor allem auch die Folgen bei einem Überschreiten der Ausbaugrösse schwerwiegender als bei einem einigermaßen kontrollierten Überfluten eines dafür vorgesehenen Gebiets.

Auch kann in verschiedenen Fällen mit gezielten und kostenmässig begrenzten baulichen Massnahmen der Schaden bei Extremereignissen wesentlich eingeschränkt werden. So könnte unter Umständen ein Umleitstollen für den

Poschiavino, der im Fall einer Blockierung der Mündung durch einen Murgang aus dem Val Varuna anspringen würde, eine Wiederholung der Schäden von 1987 in Poschiavo weitgehend verhindern. Im Fall der Reuss zwischen Göschenen und Gurtellen treten Schäden überhaupt erst auf, wenn ein gewisser, bereits seltener Hochwasserabfluss erreicht wird, und nehmen dann ungefähr proportional zum Abfluss weiter zu. An heiklen Punkten wie in Gurtellen selbst oder bei der N2-Brücke Wassen sind die lokalen Folgen allfälliger Erosionsschäden so gross, dass auch auf Extremabflüsse ausgelegte Massnahmen sinnvoll werden können. Es handelt sich dabei auch weitgehend um ausreichende Foundationen, die verdeckt werden und so die Landschaft wenig beeinträchtigen.

Bei der Diskussion um Hochwasserschutz ergab sich bisher oft ein Gegensatz zwischen aktiven und passiven Massnahmen. Das vorgeschlagene Konzept basiert nun auf einer Kombination von aktiven und passiven Massnahmen, was weitgehend ein neuartiges Denken voraussetzt. So ist der Gedanke wahrscheinlich noch etwas ungewöhnlich, dass neben einem auf ein zirka 100jähriges Hochwasser ausgebauten Fluss noch eine Gefahrenzone mit strengen Bauvorschriften eingeplant werden muss. Solche Gedanken könnten aber die Basis für ein neues Sicherheitsdenken im Flussbau sein.

Adresse des Verfassers: Dr. *Martin Jäggi*, Dozent für Flussbau an der ETH Zürich, VAW, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Tiefengasvorkommen im schweizerischen Alpenraum?

*Forschungsprogramm des Tiefengaskonsortiums
Swisspetrol/Sulzer*

Im Rahmen eines gemeinsamen, langfristigen Forschungsprogramms beabsichtigen die Swisspetrol Holding AG Zug, Geschäftssitz Zürich, und die Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur, in ausgewählten Gebieten des schweizerischen Alpenraums vertiefte Untersuchungen zur Erforschung von Tiefengasvorkommen durchzuführen. Voruntersuchungen in den letzten zwei Jahren haben die grundsätzlichen Voraussetzungen zum möglichen Auffinden solcher Tiefengasvorkommen bestätigt.

Diese Forschungsarbeiten basieren auf der Annahme, nach welcher Tiefengas nicht biologischen Ursprungs ist, sondern aus dem Erdmantel in Bruchzonen an die Erdoberflä-

che gelangt. Obwohl diese Annahme in Fachkreisen nach wie vor umstritten ist, hat eine 6,5 km tiefe Bohrung in Schweden in kristallinem Gestein – ohne biologische Ablagerungen – das Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen bestätigt. Der Nachweis nutzbarer Vorkommen ist in Schweden aber vorerst noch offen, da die Bohrarbeiten fortgesetzt werden. Andererseits sind in Oklahoma, USA, unter hohem Druck stehende und nutzbare Erdgas-Lagerstätten in grosser Tiefe gefunden worden, welche aufgrund der heutigen biologischen Theorie kaum erklärt werden können. Dieses Gebiet in Oklahoma ist geologisch mit dem schweizerischen Alpenrand vergleichbar.

Das Konsortium plant nun in erster Linie geologische und geophysikalische Feldarbeiten. In den betroffenen Gebieten wurden bei den zuständigen Behörden Gesuche für die erforderlichen Schürfbewilligungen eingereicht. Die Arbeiten können nach Erteilung der Bewilligungen voraussichtlich noch 1988 begonnen werden.

Die Forschung, die auf rein privatwirtschaftlicher Initiative basiert, wird von beiden Konsortialpartnern finanziert. Zudem wurde beim privatwirtschaftlich finanzierten Nationalen Energie-Forschungs-Fonds (NEFF) eine Unterstützung des innovativen Forschungsprojektes beantragt.

Die Arbeiten des Tiefengaskonsortiums ergänzen die konventionelle Forschungstätigkeit der Swisspetrol und ihrer Beteiligungsgesellschaften. Die Sulzer-Energieforschung erfasst bereits verschiedenste Bereiche wie Wasserkraft, Kohlenwasserstoffe und Alternativenenergien sowie potentielle Einsparungen bei der Anwendung.

Die Tiefengasforschung im Umfang von einigen Millionen Franken erfolgt im Rahmen einer breit abgestützten Energieforschung. Die Konsortialpartner erwarten, dass eine Beurteilung der zugrundeliegenden Annahmen erst im Verlaufe des kommenden Jahrzehnts möglich sein wird.

Pressemitteilung Swisspetrol/Sulzer vom 6. Juli 1988.

Was ist Tiefengas? – Warum in der Schweiz?

Gemäss der umstrittenen Theorie über die Entstehung von Tiefengas waren Kohlenwasserstoffe bereits bei der Formation der Erde – wie bei anderen Planeten – vorhanden. Diese strömen seither – meist in der Form von Methan – vom Erdmantel her an die Oberfläche, entlang grosser Bruchsysteme, wie sie am Alpenrand zu finden sind. Diese seit Jahrmillionen geologisch aktiven Bruchsysteme sind eine Folge des Aufeinanderprallens der afrikanischen und europäischen Kontinentalplatten. Diese Kollision hatte auch die Bildung der Alpen zur Folge. Der Gasaufstieg kann in grösserer Tiefe behindert werden und zu ausgedehnten Tiefengaslagerstätten unter hohem Druck führen. Diese Lagerstätten werden in Tiefen vermutet, wo aufgrund der konventionellen Theorie kaum solche erwartet werden können.