

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 127 (1976)

**Heft:** 3

**Artikel:** Schutz vor Hochwasserschäden und Rutschungen im Gebirge : ein Überblick

**Autor:** Zeller, J.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-765248>

### **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:** 08.02.2025

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

## Schutz vor Hochwasserschäden und Rutschungen im Gebirge, ein Überblick\*

Von J. Zeller

Oxf.: 424.1/2 — — 384.3

(Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf)

Der Forstingenieur hat vor allem im Gebirge sehr viele technische Probleme zu lösen. Forstlicher Strassenbau, Lawinenverbau, Wildbach- und Rutschungsverbau sowie Entwässerungen können vom Gebirgsförster bis 70 Prozent und mehr seiner jährlichen Arbeitszeit beanspruchen. Es erscheint uns deshalb sinnvoll, wieder einmal auf das Problem unserer Wildbäche aufmerksam zu machen.

Wildbäche werden meist erst dann bekannt, wenn sie infolge eines Hochwassers grosse Schäden verursachen, wobei Siedlungsgebiete, Verkehrswege und Kulturland in Mitleidenschaft gezogen werden. So wurde vor allem in den letzten zwei Jahren, infolge der vielen Gewitter, in reichem Masse von der Natur auf unsere Bäche aufmerksam gemacht. Schäden entstehen meistens dadurch, dass infolge eines starken Niederschlages, oft verbunden mit Hagel, eine ausserordentlich grosse Wassermenge rasch zum Abfluss gelangt, die das Wasserrückhaltevermögen von Boden und Vegetation bei weitem überfordert. Mit dem Wasser werden auch grosse Mengen Geschiebe, zum Teil vermengt mit Holz, zu Tal transportiert. Nach Erreichen des flachen Talgrundes («Vorfluttal») brechen die Hochwasser oft mangels ausreichenden Geschiebetransportvermögens aus dem Bachbett aus. Grosse Gebiete werden übermurt. Die Ausscheidung voraussichtlicher Schadengebiete, respektive der sogenannten Wildbachgefahrenzonen, ist deshalb eine unbedingte Notwendigkeit. Eine einigermaßen hieb- und stichfeste Ausscheidung solcher Gefahrenzonen ist eines unserer momentan grössten Probleme, leiden wir doch in dieser Beziehung an einer allgemeinen Kenntnissnot.<sup>1</sup>

\* Gedruckt mit Unterstützung der EAFV, Birmensdorf.

<sup>1</sup> Wir machen in diesem Zusammenhang auf die beiden «Interpraevent»-Symposien in Villach (1971) und Innsbruck (1975) aufmerksam, die unter anderem dieses Problem zum Gegenstand hatten.

## **Extreme Regen als Ursache von Hochwasserschäden**

Untersuchungen über Hochwasserschäden zeigen, dass in der Schweiz (Alpennordseite) Niederschläge von etwa 100 mm und mehr, die innerhalb weniger Stunden fallen, an unverbauten Wildbächen je nach Art des Gebietes erhebliche Schäden verursachen können. Extreme Niederschläge einer Starkregendauer von einer halben bis einer Stunde (zum Beispiel starke Gewitter) gehören zu den gefährlichsten Niederschlagsereignissen. Abbildung 1 zeigt einige der in der Schweiz gemessenen, grössten Niederschläge der Periode 1901 bis 1970 und Einzelwerte von 1864 bis 1900. Eingetragen ist auch der ungefähre Niederschlagsschwellenwert (Abbildung 1, Kurve 4). Wird dieser erreicht oder überschritten, so sind Schadenereignisse wahrscheinlich. Immer wieder kann man feststellen, wie wichtig eine gute Kenntnis der Starkregenverhältnisse eines Wildbach-Einzugsgebietes für die Projektierung von Verbauungen und weiteren Schutzmassnahmen ist. Die EAFV untersucht deshalb schon seit einigen Jahren die Starkniederschläge der schweizerischen Alpen und Voralpen mit Hilfe extremwertstatistischer Methoden. (Erste Resultate dürften Ende 1976 zu erwarten sein.)

## **Schwierige Hochwasserprognose**

Die durch extreme Niederschläge verursachten Abflüsse sind leider nur von wenigen Wildbächen mengenmässig bekannt. Wohl bemüht man sich schon seit Jahren, Abflussdaten zu sammeln, doch ist es in der Regel so, dass man vom gerade zu untersuchenden Bachgebiet meist keine näheren Angaben über Hochwasserabflüsse besitzt. Hydrologen haben deshalb schon seit jeher versucht, mit Näherungsverfahren Höchsthochwasser-Abflüsse abzuschätzen. Es gibt für die verschiedenen Länder und Gebiete eine grosse Zahl von Hochwasser-Abflussformeln, welche leider wegen ihres empirischen Charakters nicht ohne weiteres für andere Gebiete verwendbar sind. Eine solche an der EAFV aufgestellte Beziehung zeigt in Diagrammform Abbildung 2. Sie sagt, dass der zu erwartende «Höchstabfluss» unter anderem eine Funktion der Grösse des Einzugsgebietes und der Region ist. Die Aussage kann erheblich verbessert werden, wenn angegeben wird, wie häufig ein solches Ereignis eintritt (zum Beispiel 100jährige Hochwasser).

Da es oft leichter ist, mit Hilfe von Niederschlagswerten den Abfluss zu bestimmen, wurden Methoden entwickelt, um auf diesem Wege auf die Hochwasserabflüsse zu schliessen. Diese Arbeiten werden heute intensiv weitergeführt.<sup>2</sup> Das Problem ist deshalb so schwierig zu lösen, weil Klima,

<sup>2</sup> Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf den EAFV-Bericht Nr. 126, 1974: «Starkniederschläge und ihr Einfluss auf Hochwasserereignisse». Des weitern arbeitet die EAFV intensiv an einem verbesserten Rechenmodell für extreme Hochwasser.

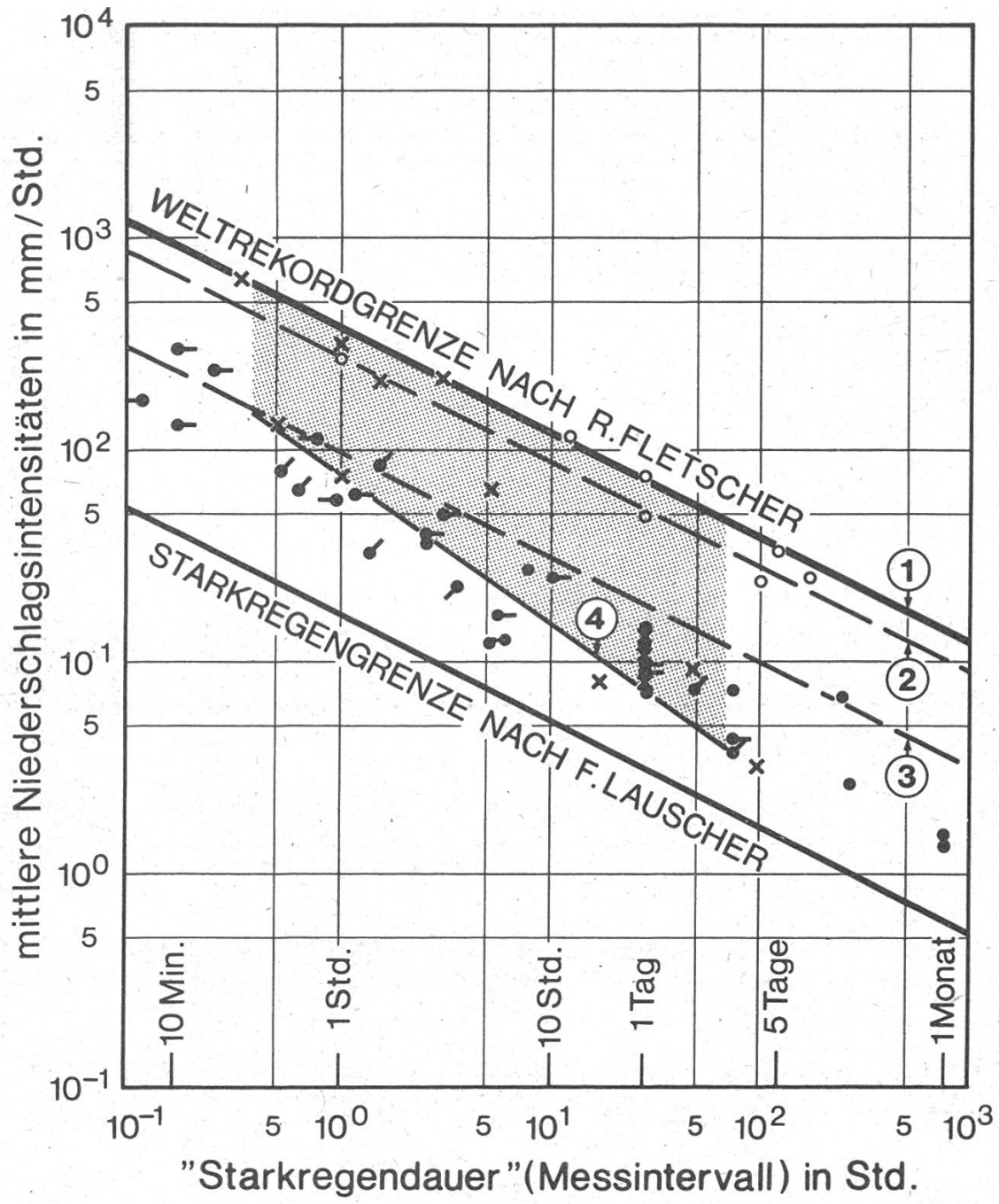


Abbildung 1. Gemessene Niederschlagsintensitäten einiger Extremereignisse und ungefährender Schadenbereich für Wildbachgebiete der Alpennordseite.

- ① Weltrekordgrenze für «Punktregen» mit einer Einzugsgebietsgrösse von  $E \leq 0,01 \text{ km}^2$ .
  - ② für  $E = 100 \text{ km}^2$
  - ③ für  $E = 10\,000 \text{ km}^2$
  - ④ Grenzlinie, bei deren Überschreiten grosse Schäden wahrscheinlich sind.
- |  |   |         |   |
|--|---|---------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● Jura</li> <li>● Mittelland</li> <li>● nördliche Voralpen</li> <li>● südliche Voralpen</li> <li>● Alpen</li> </ul> | } | Schweiz | <ul style="list-style-type: none"> <li>× Europa</li> <li>○ Übersee</li> </ul> |
|--|---|---------|---|

Beispiel: Der höchste «je vorgekommene» Punkt-Starkregen mit einer Dauer von 0,5 Stunden hat eine Regenintensität von rund 600 mm/Std. oder eine Regenmenge von 300 mm.

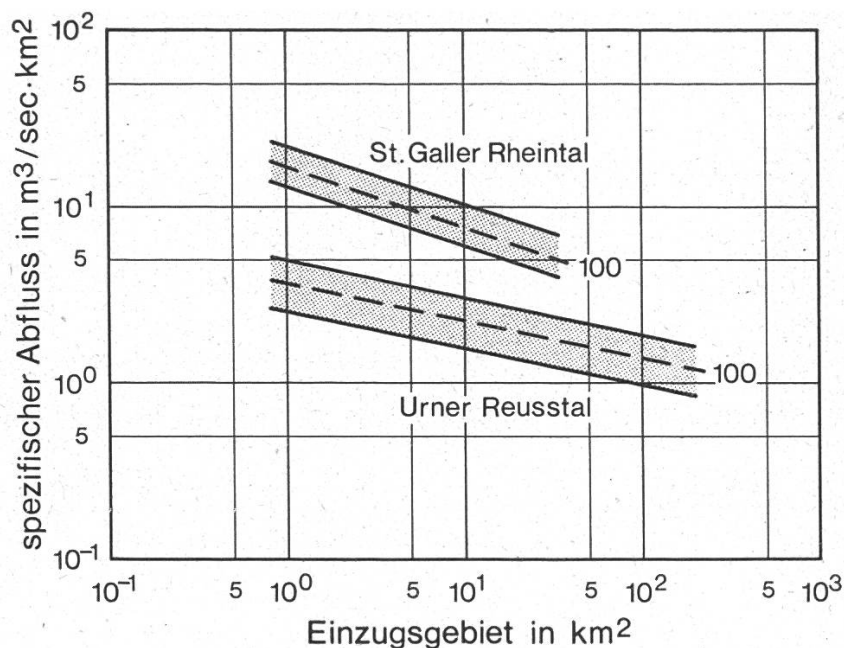


Abbildung 2. Hochwasserabflüsse in Abhängigkeit der Grösse des Einzugsgebietes für ein Alpenrandgebiet (St. Galler Rheintal) und ein inneralpines Gebiet (Urner Reusstal von Göschenen bis Amsteg). Die Zahl 100 bedeutet das 100jährige Hochwasser und der angegebene Streifen den Streubereich der im Gebiet vorkommenden Grösstwerte.

Beispiel: Ein Wildbach im St. Galler Rheintal mit einem Einzugsgebiet von  $5 \text{ km}^2$  hat im Mittel ein 100jähriges Hochwasser von rund  $10 \text{ m}^3/\text{sec}\cdot\text{km}^2$ , das heisst rund  $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Hydrologie, Geomorphologie, Geologie usw. des Einzugsgebietes wesentliche Parameter des Abflusses sind.

### Geschiebe als Schadenfaktor

Für die Entstehung von Hochwasserkatastrophen ist wie erwähnt die Geschiebeführung von entscheidender Bedeutung. Die Geschiebetransportgesetze für Flüsse des Alpenbereiches sind verhältnismässig gut bekannt. Jedoch fehlt bis heute eine aussagekräftige Formulierung des Geschiebetransportes für steile, in der Form sehr unregelmässige Gerinne.<sup>3</sup> Man ist deshalb nur in Ausnahmefällen in der Lage, für derartige Gerinne den zu erwartenden Geschiebeanfall während eines Hochwassers vorauszusagen. Dies um so mehr, als bei Wildbächen nicht nur die Gerinneerosion für die Entstehung des Geschiebes massgebend ist, sondern ebenso sehr die Vorgänge im weiteren Einzugsgebiet. Zu berücksichtigen sind vor allem Rut-

<sup>3</sup> Die bekannte Geschiebetransportgleichung von Meyer-Peter und Müller gilt nur für regelmässige Gerinne bis zu einem maximalen Gefälle von etwa 15 %. Für steile Gerinne werden die errechneten Transportmengen erheblich zu klein.

schungen, die während eines Unwetters ausgelöst werden, den Bach erreichen und ihn möglicherweise aufstauen, sowie Schwemmholz, das verklauungsanfällig ist. Das nachfolgende Durchbrechen dieser Verdämmung (Verklauung) kann die Ursache katastrophaler Schäden sein, nicht nur im bachabwärtsliegenden Gerinne selbst, sondern vor allem bei den Unterliegern. — Diese den Wildbach-Hydrauliker vor allem interessierenden Probleme sind Gegenstand immer intensiverer Forschungstätigkeit.<sup>4</sup> Da sie aber komplex und sehr schwierig zu lösen sind, wird es noch geraumer Zeit bedürfen, bis ein einigermaßen brauchbares Rüstzeug vorhanden ist, um solche Probleme der Verbaupraxis zu bearbeiten. — Um heute schon die zu erwartenden Geschiebekubaturen generell abschätzen zu können, wurde versucht, mit Hilfe nachträglich, das heisst im Anschluss an ein Hochwasser gemessener oder geschätzter Geschiebekubaturen von Bachablagerungen (Übermurungen, Deltas usw.) einige Hinweise über die Geschiebeführung zu erhalten. Abbildung 3 stellt einen entsprechenden Versuch dar. Leider ist das zur Verfügung stehende Datenmaterial noch zu wenig umfangreich, als dass Abbildung 3 in dieser Form für unsere Verhältnisse als allgemein repräsentativ betrachtet werden könnte. Wir wären deshalb ausserordentlich dankbar, wenn uns die Forstpraxis Hochwasser-Geschiebekubaturen mitteilen würde. — Wie aus diesen Ausführungen hervorgeht, handelt es sich um ein hydraulisches Problem, das ganz entscheidend vom hydrologischen und geologischen Charakter des Einzugsgebietes und den standortkundlichen Gegebenheiten, insbesondere der Vegetation, geprägt wird.

### **Das Problem der Kriech- und Rutschhänge**

Wie im letzten Abschnitt festgestellt wurde, können Rutschungen die Geschiebeführung und den Abflussvorgang ganz wesentlich beeinflussen. Hierbei hat man nicht nur an das rasche Abgleiten von Erdmassen begrenzten Volumens zu denken, sondern weit mehr an das Kriechen von Hangpartien, von ganzen Hängen, ja von ganzen Bachgebieten (Abbildung 4). Kriechgeschwindigkeiten von 10 bis 30 cm/Jahr sind keine Seltenheit. Solche Kriecherscheinungen sind besonders typisch für Gebiete mit leicht verwitterbarem Gestein mit den Hauptverwitterungskomponenten Sand, Silt und Ton. Sie stehen ausserdem in engem Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt des Bodens und des Untergrundes. Je tonhaltiger, je steiler und je vernässter ein Hang ist, um so stärker kriecht er in der Regel und um so eher geht das Kriechen in Gleiten (Abrutschen) über. Das Gleichgewicht

<sup>4</sup> An der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETHZ sind, in Zusammenarbeit mit der EAFV, hydraulische Versuche über den Geschiebetrieb in Steilgerinnen angelaufen. Sie werden viel Zeit beanspruchen. (Für die Vorbereitungen und den Bau der Versuchsanlage wurden zwei Jahre benötigt.)

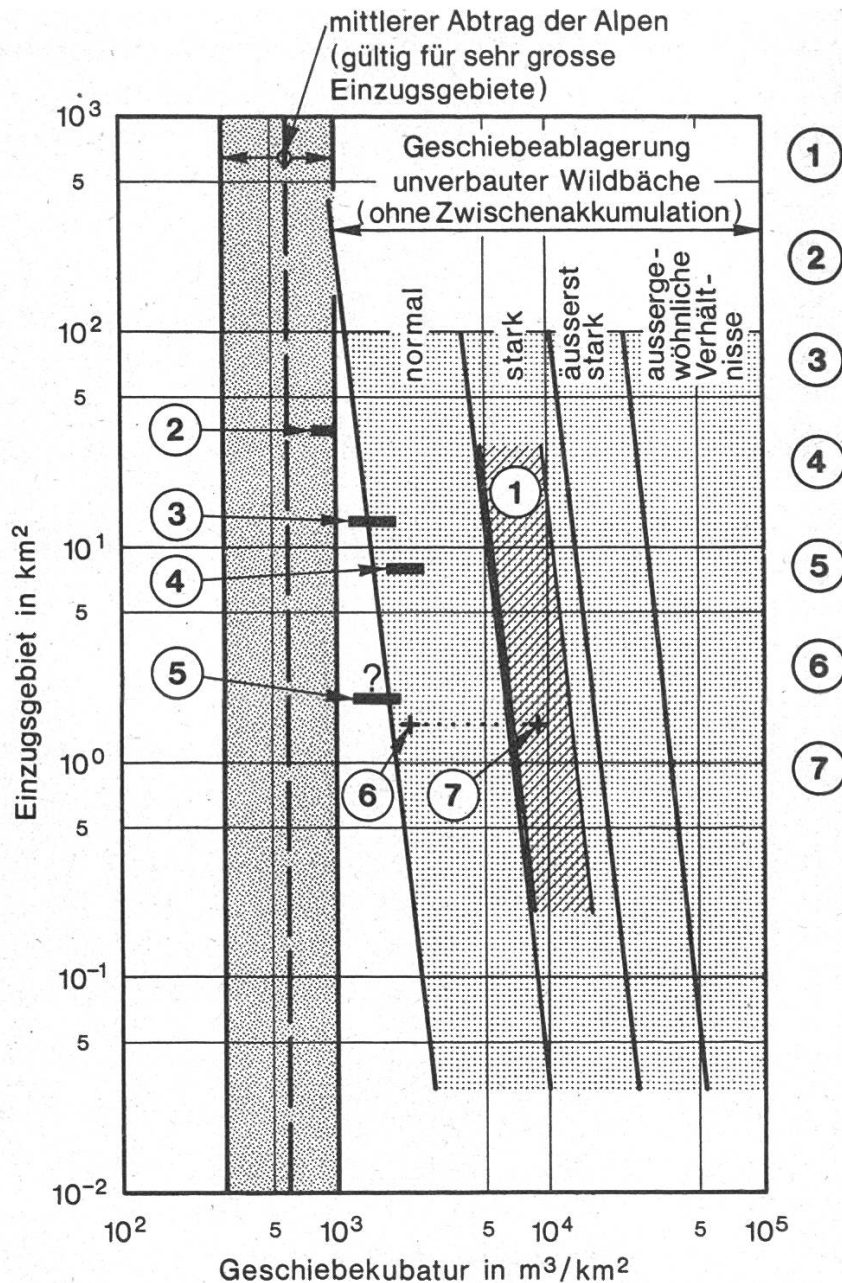


Abbildung 3. Kubaturen der Geschiebeablagerungen von Hochwasserereignissen in Abhängigkeit von der Grösse des Einzugsgebietes am Beispiel des Urner Reusstales und des St. Galler Rheintales. Die Messdaten wurden auf 100jährige Ereignisse extrapoliert und gelten für kleine Einzugsgebiete.

- ① Urner Reusstal von Amsteg bis Flüelen, unverbauter Bereich. Keine ins Gewicht fallenden Zwischenakkumulierungen im Einzugsgebiet möglich.
- ②-⑦ St. Galler Rheintal (Zwischenablagerungen im Einzugsgebiet finden statt):
- ② Simmi bei Gams, stark verbaut, Daten des Geschiebesammlers.
- ③ Tobelbach bei Buchs, Daten des Geschiebesammlers.
- ④ Vilterserbach bei Vilters, teilweise verbaut.
- ⑤ Lienzbach bei Lienz, unverbaut, geschätzte Daten.
- ⑥ Mülibach bei Gams (sogenannter «Dreinenbach») Übermurungskubaturen in Gams, unverbaut.
- ⑦ dito, jedoch inklusive Zwischenakkumulierungen entlang des gesamten Baches.

Beispiel: Ein stark Geschiebe führender Bach mit einem Einzugsgebiet von 5 km<sup>2</sup> bringt bei einem 100jährigen Ereignis eine Geschiebekubatur von etwa 7—12 x 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, das heisst 35 000—60 000 m<sup>3</sup> Material.

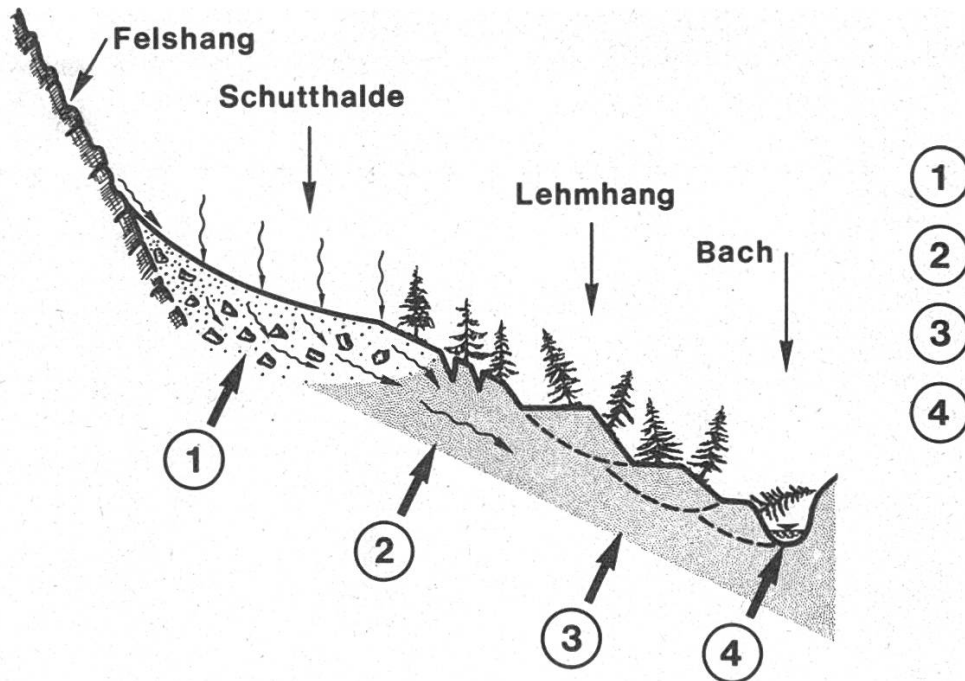


Abbildung 4. Rutschung infolge Bacherosion und Vernässung eines Lehmhanges (schematisch).

- ① starke Einsickerungen von Regen- und Schmelzwasser (Ablagerungsgebiet von Lawinen und Verwitterungsschutt).
- ② Risse (Anzeiger für Bodenbewegungen).
- ③ Rutschgebiet (oft in Teilgleitkörper zerfallend).
- ④ Bacherosion (Sohlen- und Ufererosion).

der Hänge ist derart oftmals über grosse Gebiete äusserst labil. — Eine weitere häufige Rutschungsursache ist das Unterschneiden von Hängen infolge Gerinneerosion. — Es handelt sich bei all diesen Erscheinungen um Festigkeitsprobleme des Bodens (Deformationsvorgänge bis zum Bruch, rheologische Vorgänge), die durch die Geologie des Gebietes und die boden- und felsmechanischen Eigenschaften des Materials vorgegeben sind. Hinzu kommt die Wirkung des Porenwassers, welches durch Regen, Schneeschmelze, Fremdwasserinfiltration und andere Phänomene beeinflusst wird. Die Vegetation (vorab der Wald) übt hierbei eine sehr positive Wirkung aus. Abgesehen vom Schutz gegen Oberflächenerosion und dem Zusammenhalten oberflächennaher Schichten infolge Durchwurzelung, werden durch Evapotranspiration in den Wildbachgebieten der Voralpen je nach Standort etwa 20 bis 60 Prozent der Jahresniederschläge aufgebraucht. Wird dieser Wasserentzug durch Einbau von Entwässerungen noch unterstützt und derart auch auf den Zeitraum ausserhalb der Vegetationsperiode ausgedehnt, so kann ein ansehnlicher Teil des Niederschlagswassers vom Boden «ferngehalten» und dadurch die Hangstabilität verbessert werden.<sup>5</sup> Wir sollten jedoch bei

<sup>5</sup> Die EAFV untersucht in Zusammenarbeit mit der Professur für Bodenphysik (Prof. Dr. F. Richard) die hydrologischen Aspekte der Infiltration und deren Auswirkungen auf die zeitliche Änderung der Rutschungsstabilität. (Resultate sind in nächster Zeit noch nicht zu erwarten.)



solchen Rutschungs- und Erosionsproblemen nicht ausser acht lassen, dass wir es hier mit einem Teilbereich des unaufhörlich fortschreitenden Abtrages der Gebirge zu tun haben. Dass wir diesen Abtrag wohl für einige Zeit vermindern oder gar teilweise aufhalten, ihn jedoch auf lange Sicht mit den heutigen Mitteln nicht grundsätzlich ändern oder stoppen können, schafft besondere Probleme. Leider sind unsere Interessen im Wildbachverbau in der Mehrzahl der Fälle eindeutig gegen die von der Natur vorgegebene Entwicklung gerichtet.

### **Die Last des Unterhaltes**

Ein Wildbachgebiet kann meist nicht durch eine einmalige Anstrengung, das heisst durch Verbau und Aufforstung saniert werden, sondern es bedarf in sehr vielen Gebieten der Schweiz eines ständig fortdauernden Unterhaltes und einer immer wiederkehrenden Erneuerung der Bauwerke<sup>6</sup> und Einrichtungen einschliesslich einer pfleglichen Bewirtschaftung der Wälder. Ein Nachlassen in den Bemühungen um die Erhaltung und Pflege von Land- und Forstwirtschaftsgebieten, Bächen, Hangsicherungen und Entwässerungen zeitigt oft sehr nachteilige Folgen, indem sich bald Schäden aller Art zeigen, die nur mit grosser Mühe wieder behoben werden können. Diese Pflicht zum Unterhalt ist eine für die Betroffenen ständig vorhandene Last. Es ist dies wohl einer der Gründe, warum solche Berggebiete gegenüber Flachlandgebieten wirtschaftlich benachteiligt sind. Das infolge Entvölkerung der Berggebiete sich abzeichnende Brachlandproblem und die mögliche Entstehung von «Brachwald» gibt für die Zukunft Anlass zu Sorgen.<sup>7</sup> — All dies erfordert ein sorgfältiges Abwägen nicht nur der Sanierungs-, sondern auch der wirtschaftlichen und personellen Möglichkeiten. Es verlangt ein vernünftiges Planen, und zwar derart, dass nicht durch eine rücksichtslose Besiedelungs- und Verkehrspolitik Schutzmassnahmen erforderlich werden, die die finanziellen und personellen Mittel auf die Dauer, insbesondere in schlechten Zeiten, überfordern. Es verlangt ferner eine umfassende und selbstlose Zusammenarbeit aller Sparten der Technik sowie der Land- und Forstwirtschaft. Die Zukunft wird uns in dieser Hinsicht vor schwierige Probleme stellen.

<sup>6</sup> Momentan läuft zum Beispiel eine Untersuchung über die Lebensdauer von Holzsperrn. Wir werden nächstens darüber berichten.

<sup>7</sup> Siehe *E. Surber*: «Brachland in Bergregionen, Ursachen, Auswirkungen und Ausblick». Internationales Symposium Interpraevent 1975. Innsbruck (Herausgeber: Forschungsgesellschaft für vorbeugende Hochwasserbekämpfung, Klagenfurt), erscheint demnächst.

## Résumé

### **Aperçu des problèmes de protection contre les crues des torrents et les glissements de terrain en montagne**

Les hautes eaux les plus fortes de nos torrents menacent particulièrement les régions d'embouchure dans les vallées. Les agglomérations qui s'y trouvent peuvent donc être exposées à de grands dangers selon le caractère des torrents. C'est pourquoi l'établissement de zones dangereuses est une absolue nécessité. Malheureusement, lorsqu'il s'agit de délimiter de telles zones dangereuses, on est confronté à un problème encore loin d'être résolu. C'est ainsi que nous nous trouvons dans une ignorance générale surtout en ce qui concerne les torrents. Par conséquent, des recherches plus précises sur les éléments qui sont à l'origine des crues élevées pressent.

Des débits extrêmes sont surtout provoqués par des pluies exceptionnellement fortes. Sur le versant nord des Alpes, des pluies d'environ 100 mm et plus durant quelques heures, causent des dégâts considérables (fig. 1, courbe 4). Même si nous avons quelques notions sur la genèse des hautes eaux et leur déroulement, il est encore extrêmement difficile de prévoir les crues, c'est-à-dire d'estimer les débits maxima à venir. D'autant plus que les matériaux charriés exercent une action encore actuellement peu prévisible sur le débit des crues. Ainsi les glissements de terrain aux abords des cours d'eau jouent un rôle important en faisant obstacle aux eaux puis en cédant brusquement.

Pour ces raisons, l'Institut fédéral de recherches forestières traite depuis un moment déjà le problème des fortes pluies maxima, en particulier l'intensité des précipitations et leur fréquence dans la région des Alpes et des Préalpes. L'Institut tente en outre de se faire une meilleure idée des débits maxima des hautes eaux en utilisant un modèle mathématique d'hydrologie. Mentionnons encore des recherches sur l'effet des pluies sur la stabilité des talus. Ces problèmes feront l'objet de publications durant ces prochaines années.

Traduction: *L. Froidevaux*