Umweltschäden in der Schweiz im Jahre 1979

Autor(en): **Zeller, Jürg / Röthisberger, Gerhard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **72 (1980)**

Heft 4

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941389

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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

http://www.e-periodica.ch

Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1979

Jürg Zeller und Gerhard Röthlisberger

Zusammenfassung

Das Jahr 1979 entspricht einem durchschnittlichen Schadenjahr. Ausgedehnte, schwere Schäden wie 1978 sind keine festzustellen. Immerhin entstanden ernsthafte Schäden im Pilatusgebiet, im Kanton Genf und in abgeschwächter Form auch im Tessin.
Mit Hilfe von Schadenmeldungen wurden 3 Schweizer Kärtchen gezeichnet mit Angaben über Ort, Stärke, Ursache und Art der Schäden sowie einem Kommentar. Einige Beobachtungen am stark hochwassergeschädigten Steinibach bei Hergiswil schliessen die Untersuchungen ab.

Résumé: Les dégâts dus au mauvais temps de 1979 en Suisse

Les dégâts de l'année 1979 n'ont pas excédé la moyenne. Des dégâts graves et étendus comme en 1978 n'ont pas été constatés. Toutefois, des dégâts sérieux ont été causés dans la région du Pilate, dans le canton de Genève et de façon moins grave aussi au Tessin.
A l'aide des comptes rendus publiés par l'ensemble de la presse suisse, les auteurs ont établis 3 cartes avec commentaires contenant des données relatives aux lieux, à l'intensité, aux causes, aux genres et à l'étendue des dégâts. L'étude se termine par des observations concernant le Steinibach près d'Hergiswil ravagé par la crue.

Einleitung

Nach den grossen Schäden von 1977 und 1978 erscheint das Jahr 1979 als «Normaljahr». Zwar ereigneten sich

Bild 1. Steinibach bei Hergiswil NW: Gebrochene Sperre Nr. 56 (ca. Kote 635 m ü. M.) von rund 1,2 m Nutzhöhe mit eingetragenem, fehlendem Sperrenteil. Die oberhalb liegende Sperre Nr. 57 ist noch intakt, jedoch stark unterkolkt. Die beiden untenliegenden Sperren Nr. 55 und 54 existieren nicht mehr (im Bild nicht sichtbar). Infolge Erosion hat sich das Bachbett bei der Sperre Nr. 56 um rund 1,6 m eingetieft und linksufrig stark verbreitert. Das gegenwärtige Gefälle entspricht etwa dem rechnerischen Grenzgefälle. Die linksufrigen Uferanbrüche und Rutschungen greifen stark hangaufwärts.

auch 1979 einige schwere Schäden, doch erreichen diese bei weitem nicht das Ausmass der letzten beiden Katastrophenjahre.
Nachfolgend wird versucht, einen kurzen Überblick über die Ereignisse zu vermitteln. Auch dieses Jahr basieren die Erhebungen auf Zeitungsmeldungen von rund 550 abonnierten Zeitungen der Schweiz. Gegen 200 vorselektionierte Schadenmeldungen wurden sortiert, klassiert und kartiert. Entsprechend der Art dieses Informationsträgers mangelt es an Aussagegenauigkeit und oft an ausreichender Sachkenntnis der Berichterstatter. Ausserdem konzentrieren sich die Schadenmeldungen auf die Siedlungsgebiete und Verkehrswege, jedoch weniger auf die abgelegenen Gebiete, insbesondere im Gebirge. Obwohl einige Schadensgebiete speziell aufgesucht wurden, ist das Auswerteergebnis unvollständig und wenig präzis. Es reicht aber für unsere Bedürfnisse aus.
Die Beschreibung befasst sich mit naturgegebenen Schäden. Sie sind die Folge von Unwettern, ausserdem aber auch die Folge von extremen, lang andauernden Regen sowie extremen Frühjahrsschneeschmelzen mit Regen. Nicht berücksichtigt sind Schäden infolge Lawinen, Schneedruck, Fels- und Bergstürzen, Blitzschlägen, Hagel, Sturmwinden u.a.m. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Untersuchung, d.h. Standort, Ausmass, Art und Ursache der Schäden, in kleinmassstäblichen Schweizer Karten generell dargestellt und kurz kommentiert. Einige ausführlicher beschriebene Beobachtungen am Steinibach bei Hergiswil/Vierwaldstättersee über die Schäden am Bachverbau beschliessen die Ausführungen.

1. Ort und Ausmass der Unwetterschäden

Im Bild 2 sind die Schadengebiete und die Schadenstärken nach folgenden Kriterien dargestellt:
Leichte Schäden: Es sind dies Schäden kleiner Lokal- und Einzelereignisse, deren Wirkung vorübergehend ist und die unschwer behoben werden können. Die geschätzten Schadenkosten betragen pro Ereignisgebiet weniger als 200 000 Franken.
Mittelschwere Schäden: Es handelt sich um mittlere, eventuell über längere Zeit wirksame Schäden an bewirtschaftetem Land und an Objekten. Sie können unter Umständen eine ganze Region betreffen. Ihre Behebung erfordert erheblichen Aufwand. Die geschätzten Schadenkosten pro Ereignisgebiet überschreiten jedoch nur ausnahmsweise 1 000 000 Franken. Diese Gebiete können neben den mittelschweren Schäden auch noch leichte Schäden enthalten.
Schwere Schäden: Bewirtschaftetes Land und Objekte wurden schwer und zum Teil nachhaltig beschädigt oder gar zerstört. Mit Folgeschäden ist zu rechnen. Menschen können an einzelnen Orten verletzt oder gar umgekommen sein. Die geschätzten Schadenkosten pro Ereignisgebiet überschreiten 1 000 000 Franken erheblich. Die innerhalb eines Schadengebietes besonders hart getroffenen Teilgebiete, das heisst die Schadenschwerpunkte, wurden im Bild 2 mit schwarzen Punkten gekennzeichnet. Die Schadengebiete enthalten neben den schweren auch mittlere und leichte Schäden.
Das Pilatusgebiet und der Kanton Genf sowie in abgeschwächter Form auch Teile des Kantons Tessin wurden am stärksten heimgesucht. Das italienische Grenzgebiet von Domodossola bis zum Lago Maggiore wurde einmal mehr hart getroffen. Von den total 52 in der Schweiz berücksichtigten Unwetterereignissen befanden sich deren 47 innerhalb eines einzelnen Kantons, respektive Halbkantons, deren 4 dehnten sich über 2 bis 3 Kantone aus, und nur ein einziges Ereignis zog 7 Kantone in Mitleidenschaft. 5 dieser Gebiete wurden zweimal betroffen.
86 % der Schäden sind leicht, 10 % mittelschwer und 4 % schwer. Die Gebiete mit schweren Schäden sind eher kleinflächig. Einmal mehr fällt die geringe Schadendichte im inneralpinen Raum auf. Grössere Schadendichte weisen hingegen einzelne Gebiete des nördlichen und südlichen Alpenrandes sowie Mittelland und Jura der Welschschweiz auf.

2. Ursachen der Schäden

Die schadenauslösenden Ursachen wurden im Bild 3 in folgende Gruppen zusammengefasst:
Gewitter und intensive Regen: Diese Gruppe dominierte die Geschehnisse weit weniger als in den Jahren 1977 und 1978. Dennoch war auch sie Ursache für einige schwere Schäden (Pilatus), insbesondere in kleinen Wildbach- und Runsengebieten. In den Siedlungen verursachten die Gewitter Überschwemmungen, oft unabhängig von Gewässern (Genf). Es entstanden Rutschungen in Land- und Forstwirtschaftsgebieten. Auch wurden vielfach Verkehrswege unterbrochen.
Langandauernde, starke Regen: 1979 fiel diese Gruppe stärker ins Gewicht als in früheren Jahren. Insbesondere in der West- und Südschweiz führten lange Regenperioden mit namhaften Niederschlägen zu schweren Überschwemmungen von Siedlungen, Kulturland und Verkehrswegen. Starke Vernässungen liessen rutschungsgefährdete Hänge abgleiten, oder es wurden alte Rutschungen aktiviert (Weesen). Verkehrsunterbrüche, Beschädigungen von Gebäuden waren die Folge. Ausserdem entstanden bei einzelnen Flüssen und Bächen Hochwasserschäden. Einige Gebiete der Südschweiz wurden erneut in Mitleidenschaft gezogen, doch schränkten in der Zwischenzeit begonnene Verbauungsarbeiten die Schadenwirkung ein.
Schneeschmelze und Regen: Auch dieses Jahr führte in der Westschweiz eine starke Frühjahresschneeschmelze verbunden mit Regen zu Erdrutschen und Überschwemmungen. Die Schäden waren jedoch gering.

Unbekannte Ursachen oder andere Gründe, die im Zusammenhang mit Starkregen Schäden zur Folge hatten

In dieser Rubrik wurden die mangels ausreichender Beschreibung nicht klassierbaren Schäden zusammengefasst. Hinzu kommen noch solche, die sich in den vorerwähnten Gruppen nicht einreihen liessen. Es betrifft dies 1979: Kiesausbeutung, Bauen in rutschungsgefährdete Hänge, Kanalisationen, Rodungen usw. Fast durchwegs handelte es sich um leichte Schäden.
In den Bildern 2 bis 4 wurden mehrmals heimgesuchte Schadengebiete nur einmal eingezeichnet (jeweils das stärkste Ereignis). In Bild 3 und 4 wurden ausserdem ausgedehnte Schadengebiete durch mehrere Zeichen derselben Art markiert, um in der Darstellung eine Flächenwirkung zu erzielen. Die Zeichen halten den Ort der Schäden und nicht den Ort der Schadenursache fest. Letzerer kann vom Schadenort weit entfernt sein.
Die Schadenursachen der 52 Unwetterereignisse verteilen sich folgendermassen:
Gewitter und intensive Regen, mit oder ohne Vor- und Nachregen: total 38 %, wovon 85 % leichte, 10 % mittelschwere und 5 % schwere Ereignisse.
Langandauernde Regen: total 35 %, davon 78 % leichte, 17 % mittelschwere und 5 % schwere Ereignisse.

Schneeschmelze mit Regen: total 4 %, alles leichte Ereignisse.
Unbekannte Ursachen und andere Gründe: total 23 %, alles leichte Ereignisse.

3. Art der Schäden

Obwohl bereits im 2. Kapitel zur Veranschaulichung der Schadenursachen Hinweise über die Art der Schäden gegeben wurden, wird in diesem Kapitel nunmehr eingehender auf die eigentlichen Schäden eingetreten (Bild 4). Wegen der grossen Vielfalt der Schadenarten bereitete es einige Mühe, sie in Schadengruppen einzuteilen. Die Grenzen zwischen den 3 gewählten Gruppen sind deshalb fliessend.

Vorwiegend durch «Wasser» verursachte Schäden

Diese Gruppe umfasst Schäden, die im weitesten Sinne durch stehendes oder fliessendes Wasser, mit oder ohne Geschiebe und Geschwemmsel, verursacht wurden. Abgesehen von den Schäden an den Gewässern selbst gehören hierzu auch solche infolge Überflutungen, Übermurungen durch Gewässer, Runsenergüsse usw. Folgende Schadenarten traten 1979 auf:
Flüsse und Bäche: Zerstörung von Wildbachverbauungen, Gerinneveränderungen infolge Erosion oder Ablagerungen, Bachausbrüche mit Überschwemmungen und Übermurungen, Vestopfen von Strassendurchlässen mit nachfolgendem Bachausbruch, Verklausungen sowie ungenügendes Schluckvermögen überdeckter Gewässer.
Siedlungen: Kanalisationsrückstaue, Unterwassersetzen von Kellergeschossen, von Garagen, Quaianlagen und z.T. ganzer Quartiere und Dorfteile, ausserdem Beschädigung von Gebäuden und Industrieanlagen sowie Unterbrechung der elektrischen Versorgung.
Verkehrsanlagen: Beschädigung bis Zerstörung von Abläufen, Durchlässen und Brücken; Zerstörung von Stützmauern, Böschungen, Belägen; auch Autos wurden weggeschwemmt.
Land- und Forstwirtschaft: Vernichtung der Ernte durch Überschwemmungen, stellenweise Beschädigung oder Zerstörung von Kulturland und Wald durch Erosion usw.

Vorwiegend durch «Lockermaterial» verursachte Schäden

Zu dieser Gruppe gehören sämtliche Arten von Rutschungen und Kriechvorgängen ausserhalb des unmittelbaren Bach- und Flussbereiches. Als Schäden kamen vor:
Siedlungen: Gefährdung bis Zerstörung von Gebäuden, Leitungen jeglicher Art, Mauern usw.
Verkehrsanlagen: Zahlreiche Verkehrsunterbrüche, Zugsentgleisungen durch Rutschungen, Abgleiten von berg- und talseitigen Strassenböschungen mit Stützmauern sowie Zerstörung des Strassenkörpers durch Setzungen.
Land- und Forstwirtschaft: Abgleiten der Vegetationsschicht, Ausfliessen von Rutschungstaschen, tiefgründige Rutschungen, Bildung offener Bodenwunden als Folge von Kriechbewegungen; dann aber auch Unterbrechung von Erschliessungswegen und -strassen, Zerstörung von Entwässerung und Vernichtung von Waldbeständen; Grossrutschungen fanden keine statt.

Durch «Wasser und Lockermaterial» verursachte Schäden

In dieser Gruppe wurden sämtliche Ereignisse eingereiht, wo nebeneinander sowohl «Wasser-» als auch unabhängig davon «Lockermaterialschäden» vorkamen. Die hier ebenfalls einzureihende Kombination beider Schadenfaktoren trat dieses Jahr nicht auf.
Die Schadenarten der 52 Unwetterereignisse verteilen sich wie folgt:
Wasserschäden: total 52 %, davon 82 % leichte, 11 % mittelschwere und 7 % schwere Ereignisse.
Lockermaterialschäden: total 42 %, davon 91 % leichte, 9 % mittelschwere und keine schweren Ereignisse.
Wasser- und Lockermaterialschäden: total 6 %, ausschliesslich leichte Schäden.

4. Die jahreszeitliche Verteilung der Ereignisse

Die 52 Unwetterereignisse verteilen sich ziemlich regelmässig über das ganze Jahr. Eine gewisse Konzentration ist in den Monaten Februar und Juni feststellbar. Am ereignisärmsten sind die Monate April, Mai und Dezember (Tabelle 1).

5. Einige Beobachtungen und Kommentare zu den Unwetterschäden am Steinibach bei Hergiswil

Die nachfolgenden Betrachtungen geben einen kurzgefassten Einblick in die Vorgänge des letztjährigen, extremen Hochwassers des Steinibaches. Auch wird versucht, aus diesen Vorgängen Folgerungen für den Verbau zu ziehen. Diese sind allerdings unvollständig, sollten aber doch Wesentliches wiedergeben. Ein umfangreiches Erneuerungsprogramm für den Steinibach war beschlossen, ist nun aber durch die Ereignisse überholt und muss ganz wesentlich erweitert werden.
Am 1. Juni 1979, kurz nach 20 Uhr, begann ein heftiges Gewitter mit leichtem Hagelschlag, das etwa 1 Stunde dauerte. Das Gewitter liess sich aufgrund der Unwetterschäden mit Zentrum Nordflanke des Pilatus lokalisieren. Stark in Mitleidenschaft gezogen wurden das Pilatus-nahe Einzugsgebiet des Steinibaches, der oberste Teil des Renggbaches bei Kriens und einige kleine Bachgebiete auf der Südseite des Pilatus; diese letzteren allerdings we-

Tabelle 1. Jahreszeitliche Verteilung der 52 Schadenereignisse des Jahres 1979

	Monat	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Schwere der Schäden	leicht	2	11	5	1		7	5	4	3	2	5		45
	mittelschwer			2		1	1				1			5
	schwer	1					1							2
Ursache der Schäden	Gewitter und intensive Regen					1	9	4	3	1	2			20
	Dauerregen	2	5	4						1	1	5		18
	Schneeschmelze und Regen		2											2
	unbekannt u. andere Ursachen	1	4	3	1			1	1	1				12
Art der Schäden	Wasser	1	3			1	9	3	4	1	2	3		27
	Lockermaterial	2	7	7	1			1		2		2		22
	Wasser und Lockermaterial		1					1			1			3
Total der Ereignisse		3	11	7	1	1	9	5	4	3	3	5	0	52

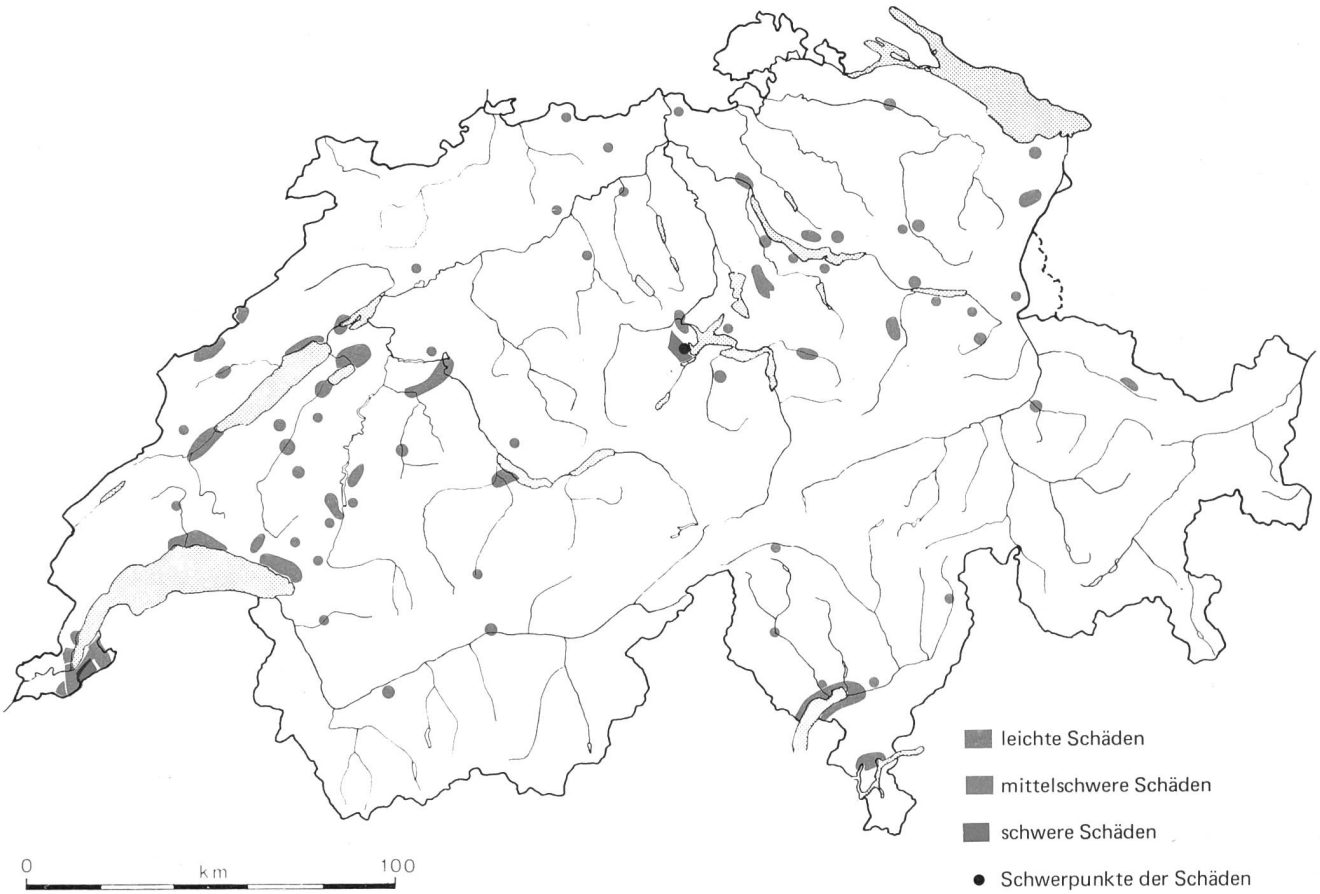

Bild 2. Ort und Stärke der Unwetterschäden.

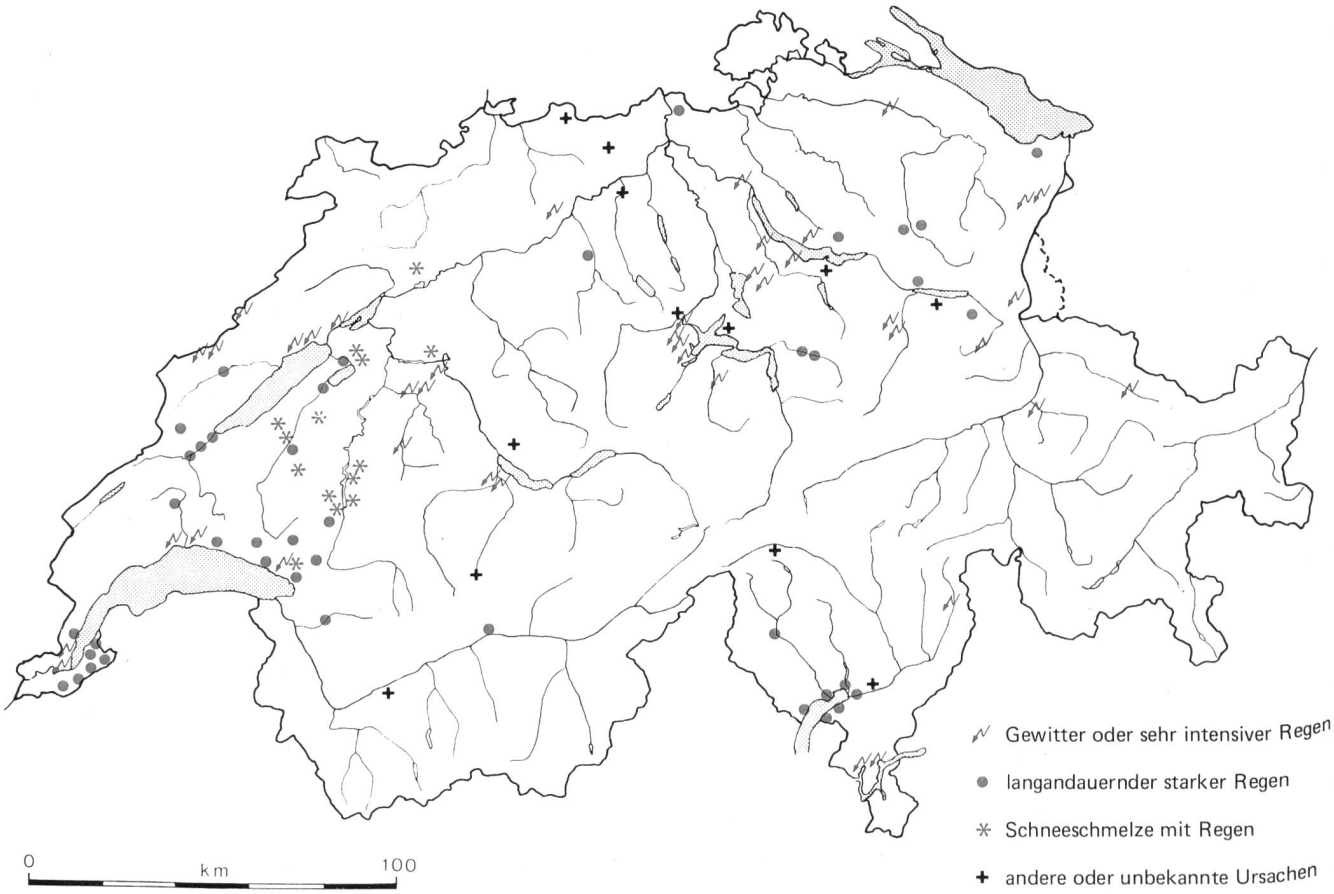

Bild 3. Ursache der Unwetterschäden.

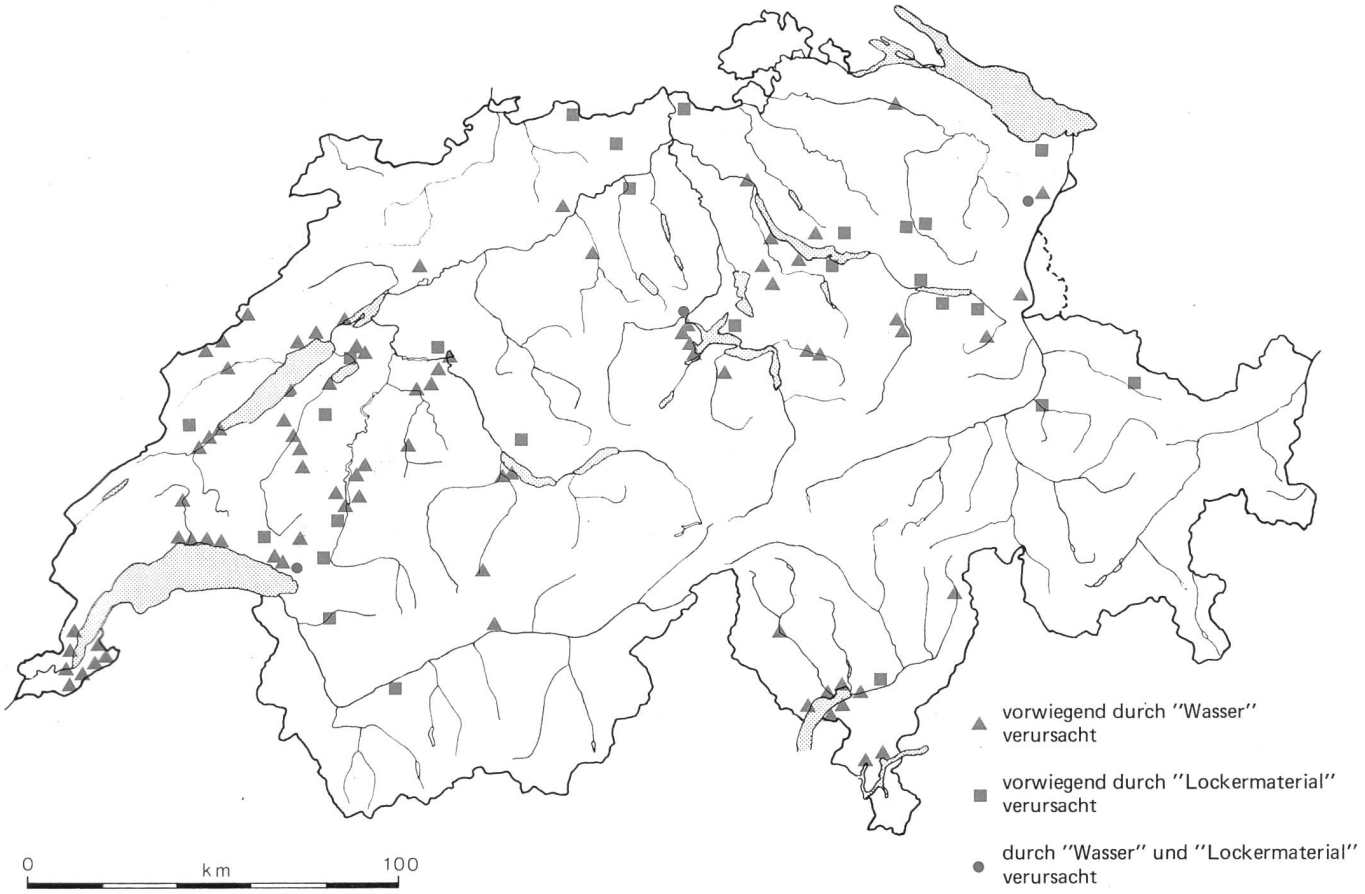

Bild 4. Art der Unwetterschäden.

niger stark. Ein kleineres Gewitter folgte am Abend des nächsten Tages.

Das Hochwasser des Steinibaches vom 1. Juni 1979 war kurz und heftig. Es hatte aufsehenerregende Schäden zur Folge. Obwohl der Bach weitgehend verbaut ist, entstand eine äusserst starke Geschiebeführung. Im Gebiet von Hergiswil wurden laut Mitteilung Ortsansässiger über 15 000 m³ Geschiebe maschinell weggeräumt. Von mindestens gleicher Grössenordnung (15 000 bis 20 000 m³) dürfte die direkt in den See gelangte Geschiebemenge gewesen sein. Eine Besichtigung des Bachlaufes lässt die Wucht erkennen, welche während dieses Ereignisses wirksam wurde. Kein Bachabschnitt blieb von Schäden verschont. Kaum eine Wildbachsperre, kaum ein Längsverbau blieben intakt. Sperren zerbrachen, Sperren wurden zertrümmert, Sperren stürzten infolge Unterkolkung oder Umspülung ein. Blöcke aus Sperrenmaterial von mehreren Tonnen Gewicht wurden als Geschiebe abtransportiert und gelangten zum Teil bis in den See. Sogar ein etwa 120 t schwerer Sperrenteil wurde weggeschleppt. Dieses Ereignis lädt zur Besinnung ein. Einige Beobachtungen und Gedanken sind nachfolgend zuhanden der am Wildbachverbau Interessierten zusammengestellt.

Hochwasserabfluss

Hochwasserverlauf: Aus den Hochwasserspuren der untersten Bachstrecke lassen sich mindestens 4 Hochwasserschübe mit extremer Geschiebeführung erkennen.

Hochwasserspitze: Messungen sind keine vorhanden. Hochwasserspuren im Mittel- und Unterlauf lassen folgende Deutung zu:

Kote 860 bis 890 m ü.M. (Sperren Nr. 135 bis 141): Der maximale Abfluss[1] aus Wasser plus Geschiebe $Q_{tot,\ max}$ betrug etwa 80 bis 100 m³/s mit einem Geschiebeanteil von gegen 20 Volumenprozenten. Eine wie üblich ausgeführte Berechnung als «Reinwasserabfluss., das heisst ohne Berücksichtigung einer Geschiebeführung, ergäbe ein $Q_{max} \geq 150$ m³/s. Das Einzugsgebiet beträgt rund 2,9 km² (siehe Bild 6).

Kote 485 m ü. M. (Sperre Nr. 2): $Q_{tot,\ max}$ ca. 45 bis 60 m³/s mit einem Geschiebeanteil zwischen 10 und 20 Volumenprozenten, $Q_{max} \geq 150$ m³/s, Einzugsgebiet rund 3,6 km².

Diese Betrachtung zeigt, dass das Hochrechnen der Abflussspitze aus den Hochwasserspuren ohne Berücksichtigung der Geschiebeführung bei derart extremen Ereignissen unwahrscheinlich grosse Abflussspitzen ergeben würde, die weit von den wirklichen Verhältnissen entfernt sind. Wie dieses Beispiel weiter zeigt, kann der Geschiebeanteil am Gesamtabfluss in Wildbächen mehr als eine ganze Grössenordnung grösser sein als bei unseren Flüssen. Dass im Oberlauf eine grössere Abflussspitze als im Unterlauf festzustellen ist, dürfte wohl eine Folge des raschen Zusammenbruches der obenliegenden Verbaustrecke sein, welche eine extreme Abflusswelle erzeugte, die bachabwärts durch den anfänglich noch intakten Bachverbau gedämpft wurde.

Jährlichkeit: Das letzte extreme Hochwasser ereignete sich 1896. Inzwischen gab es mehrere Hochwasser, z.B. am 17. September 1933 und am 1. September 1977, doch erreichten diese nicht die Grösse des letztjährigen. Je

[1] $Q_{tot,\ max}$ ist als Grössenordnungsangabe einzustufen. Die Berechnung erfolgt u.a. mit Hilfe der Publikation: *M. Haenger*, 1979: «Geschiebetransport in Steilgerinnen, Pilotstudie für feste und glatte Sohle mit Gefällen von 3 bis 30 %». Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich.

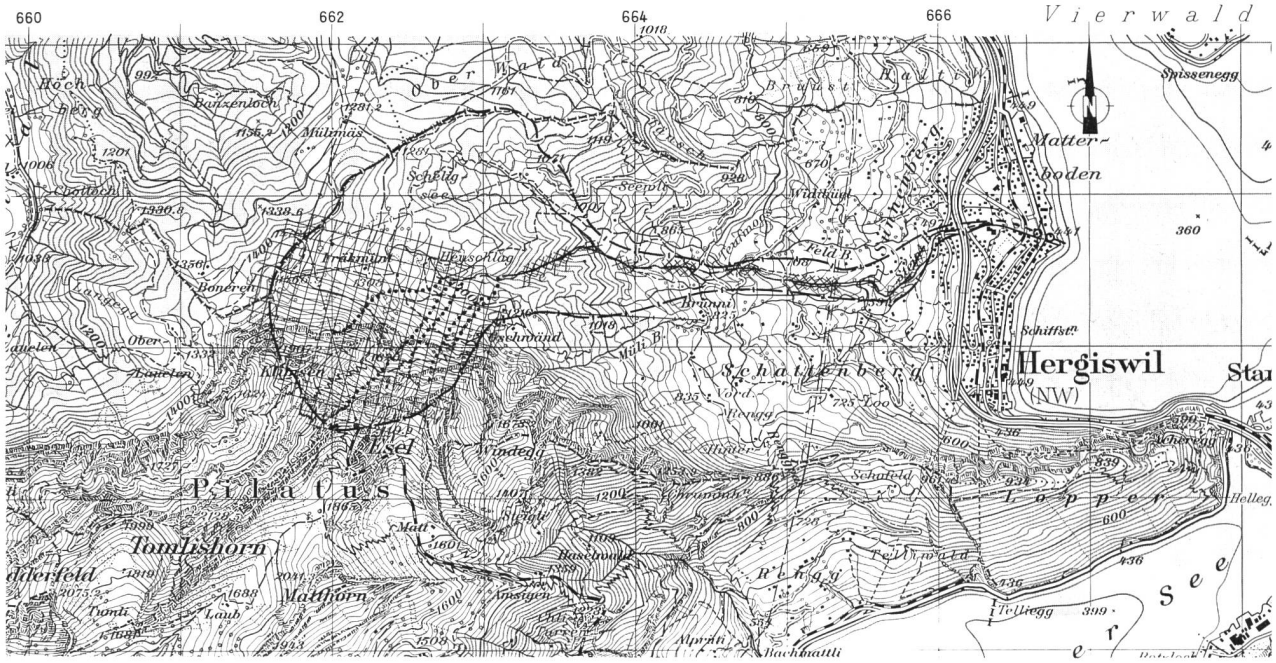

Bild 5. Steinibach bei Hergiswil NW (Landeskarte 1:50 000).
Einzugsgebiet mit Hauptbach und eingetragenen schweren, mittleren beziehungsweise leichten Schäden an Gerinne, Einhängen und Verbauungen sowie dem Gewitterkerngebiet am Pilatus. Gebietscharakteristiken: höchster Punkt 2120 m ü. M. (Pilatusgipfel), tiefster Punkt 434 m ü. M. (Vierwaldstättersee), Einzugsgebiet rund 3,7 km², davon 6,9 % Fels, 2,1 % Schutthalden, 32,4 % Alpweiden, 45,5 % Wald und 13,2 % Wiesland; mittleres Bachgefälle rund 17 %. (Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 17.1.1980).

- schwere Schäden an den Verbauungen
- mittelschwere Schäden an Gerinne u. Verbauungen
- leichte Schäden am Gerinne
- ausgeprägte Runsen
- verstopfter Brückendurchlass
- Gebiet der extremsten Niederschläge (rekonstruiert aus Lokalschäden)
- Einzugsgebietsgrenze

nach der Grösse des Ereignisses von 1896 könnte es sich demnach etwa um ein mindestens 50jährliches Hochwasser gehandelt haben. Die Annahme eines vielhundertjährlichen Hochwassers dürfte ausser Betracht fallen. Mangels ausreichender Unterlagen kann die Frage nach der Jährlichkeit nich abschliessend bantwortet werden.

Grenzgefälle

Dasjenige Sohlengefälle, bei dem auch unter extremen Abflüssen gerade kein Geschiebe mehr transportiert werden kann, ist das Grenz- oder Ausgleichsgefälle. Es entspricht im Sperrenbereich des Steinibaches etwa dem rechnerischen Wert.

Es ist wesentlich flacher als das oft bei Sperrentreppen beobachtete Verlandungsgefälle, welches sich nach einigen Jahrzehnten (mangels Extremereignissen) einstellt. Es ist dies ein Hinweis dafür, dass die bis heute verwendete Regel zur Berechnung des Grenzgefälles mit Hilfe der Geschiebetriebgleichung von *E. Meyer-Peter* und *R. Müller* wirklichkeitsnahe Resultate liefert.

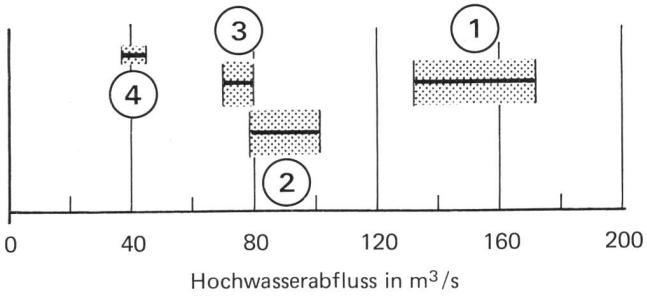

Bild 6: Aus Hochwasserspuren berechnete Abflussspitzen des Steinibaches bei Kote 860 bis 890 m ü.M. (Einzugsgebiet rund 2,9 km²).
1 Berechnung mit Hilfe der Gleichung von Strickler als Reinwasserabfluss für die Werte k = 13, 15 und 17 m$^{1/3}$/s; gerade Bachstrecke mit konstantem Gefälle und durch (eingeschotterte) Schwellen und gemauerten Längsverbau fixierten Gerinnequerschnitt.
2 Gleiche Strecke wie 1, jedoch berechnet unter Annahme eines maximal möglichen Geschiebetransportes (sog. «Transportkapazität») und einem mittleren Geschiebekorndurchmesser d_m = 20 bzw. 100 mm.
3 Berechnung mit Hilfe der Gleichung für die Wurfparabel unter Verwendung der Abriebspuren am Längsverbau unterhalb zweier benachbarter Sperren. Die erhaltenen Beträge sind etwas zu klein, weil die extremsten Kratzspuren nicht berücksichtigt wurden.
4 Als Gegenüberstellung wurde der Abfluss nach *Melli/Müller* (modifiziert) für diese Standorte berechnet. ($Q_{max} = \alpha\, \psi_m \cdot E^{2/3}$ mit α = 50 und ψ_m = 0,36 bis 0,45).
Die Berechnung aus Hochwasserspuren nach 1 ist die im Wildbachverbau übliche Methode. Sie ergibt mit q = 45 bis 59 m³/s · km² unwahrscheinlich grosse Abflusswerte. Wir schätzen demgegenüber 80 bis 90 m³/s, d. h. 27,5 bis 31 m³/s · km² als repräsentativ für das Wasser-Geschiebe-Gemisch. Die Berechnung nach 4 ergibt zu kleine Werte.

Sperren

Am Steinibach war der *Sperrenverbau* während des Hochwasserereignisses zunächst voll wirksam. Er verlor aber dann mit fortschreitenden Zerstörungen im mittleren und hauptsächlich im obersten Verbaubereich einen wesentlichen Teil seiner Wirksamkeit. Hätte das Ereignis erheblich länger angedauert oder wäre gar der Bach unverbaut gewesen, so wäre eine Hochwasserkatastrophe grössten Ausmasses entstanden.

Sperrenzerstörungen: Die Widerstandsfähigkeit der Sperren und des Längsverbaues, insbesondere der ältern Typen, liess zu wünschen übrig.

Die Holzsperren im Oberlauf wurden grösstenteils wegen Überalterung (erbaut um die Jahrhundertwende) und grosser mechanischer Beanspruchung teilweise oder gänzlich zerstört.

Die ebenfalls sehr alten, aus grossen Blöcken aufgebauten Mauerwerkssperren im Mittel- und Unterlauf hielten nur zum Teil stand. Abflusssektionen und Sperrenflügel wurden stark beschädigt. Sperren brachen wie bereits erwähnt infolge Unterkolkung oder Umspülung oder stürzten wegen Bruches der unterliegenden Sperren ein.

Unarmierte Betonsperren zeigen Brüche und Schubrisse vor allem entlang von Betonierfugen. Flügel brachen, wurden abgedrückt oder abgeschlagen. Als Folge grosser hydraulischer Beanspruchung, gepaart mit Kriechdruck der Hänge, barsten einzelne Sperren. Diese Schäden dürften schon lange vor dem Hochwasser eingeleitet worden sein.

Armierte Sperren hielten der Beanspruchung weitgehend stand, zeigen aber Risse. Die obersten im Bereich des berüchtigten «Kohlerrutsches» gebrochenen Betonsperren (oberhalb Kote 900 m ü. M.) sind schon früher durch die grosse Kriechbeanspruchung zerstört worden.
Aus diesen Beobachtungen ist zu schliessen, dass Holzsperren nur solange unter Extremverhältnissen wirksam sind, als das Holz wirklich intakt ist. Guter Unterhalt und rechtzeitige Sperrenerneuerung sind hierzu eine wesentliche Voraussetzung. Je nach Standort dürfte das zumutbare Sperrenalter bei gutem Unterhalt kaum mehr als 40 Jahre betragen. Sperren aus Mauerwerk oder unarmiertem Beton sind grossen Beanspruchungen nur begrenzt gewachsen. Bei ungenügender Fundation oder bei Bodendeformationen brechen sie. Armierte Betonsperren, falls robust gebaut, gut fundiert und nach allen Regeln der Baukunst erstellt, vermögen solchen Ereignissen zu widerstehen. Betonleichtbauweisen sollten hinsichtlich Eignung von Fall zu Fall sorgfältig geprüft werden, ebenso das Vorbetonieren defekter Sperren, das heisst das Anbetonieren einer Betonstützwand beschränkter Stärke.
Hinsichtlich *Fundation* zeigte sich, dass die Sperren tief in Ufer und Sohle einzubinden sind, damit nicht der Bruch der untenliegenden Sperre automatisch den Bruch der nächstoberen zur Folge hat. Auch empfiehlt es sich, zur Erhöhung der Sicherheit in Abständen von mehreren Sperren eine «Fixpunktsperre» einzubauen, das heisst eine Sperre, die so gut fundiert ist, dass sie trotz Bruches der untenliegenden Sperre stehen bleibt. Falls Sperren mit Längsverbau kombiniert werden, sollten die Sperren derart eingebunden sein, dass sie auch beim Bruch des Längsverbaues, zum Beispiel im Bereich des Überfallkolkes, bestehen bleiben. Wie weit ein Kolkschutz aus Blökken von einer einigermassen leicht einbaubaren Grösse ein derartiges Hochwasser überstehen kann, ist nach den Erfahrungen am Steinibach eine offene Frage.

Hinsichtlich *Sperrennutzhöhe* sollte darauf geachtet werden, dass zur Erreichung einer genügenden Energievernichtung ein vollkommener Überfall mit Wassersprung und gut ausgebildeter Deckwalze erreicht wird; dies besonders unter extremen Abflussverhältnissen. Dass der Abfluss am Steinibach an verschiedenen Stellen ungebremst über die Sperrentreppe hinunterschiessen konnte, ist auf diesen Umstand und zum Teil auf zu geringen Sperrenabstand zurückzuführen. Auch sollte berücksichtigt werden, dass bei sehr starker Geschiebeführung niedrige Sperren «eingeschottert» werden, diese dadurch wohl unbeschädigt erhalten bleiben, jedoch in der kritischen Phase des Hochwassers als Energievernichter ausfallen.
Das Überströmen der Sperrenflügel infolge ungenügenden Schluckvermögens der *Abflusssektion,* war am Steinibach ebenfalls eine Ursache für Sperrenbrüche. Die Abflusssektion und insbesondere die Flügelhöhen sollten deshalb so gross bemessen werden, dass auch unter ungünstigen Umständen ein solches Überströmen vermieden wird. Andernfalls müsste die Ufereinbindung der Sperren speziell geschützt werden.

Brücken

Probleme mit Brücken traten im Wohngebiet von Hergiswil mehrfach auf. Nahe der Einmündung in den See wurde eine kleine Brücke zunächst verstopft und später zerstört. Die Brücke der Kantonsstrasse wurde eingeschottert und die Strasse und deren Umgebung mit Wasser und Geschiebe überschwemmt. Die weiter oben befindliche Brücke der Brünigbahn entging nur knapp dem gleichen Schicksal, und die Autobahnbrücke nahe des Kegelhalses war ebenfalls gefährdet. Diese Probleme sind nicht nur auf zu geringe Höhe des Durchflussprofiles zurückzuführen, sondern auch auf den Geschiebetransport im Bachkegelgebiet. Wohl war versucht worden, mit Hilfe einer gutgebauten Wildbachschale den Abfluss zu fördern, doch

Bild 7. Steinibach bei Hergiswil NW: Blocksperre Nr. 61 bei Kote 645 m ü. M., welche dank günstigem Standort erhalten blieb, obwohl die unterhalb befindlichen Sperren zerstört und abtransportiert wurden; jetzige Fallhöhe rund 6 m, ursprünglich rund 2 m. Die frühere Sperrenansicht im intakten Zustand ist gestrichelt eingetragen. Insbesondere das Ufer rechts im Bild ist vollständig abgerutscht. Einige nicht abtransportierte Blöcke (Trümmer des Längsverbaues) liegen im rund 4 m eingetieften Bachbett. Das jetzige Sohlengefälle entspricht etwa dem Grenzgefälle.

reichte offenbar das Geschiebetransportvermögen mangels genügenden Gefälles nicht aus, alles anfallende Geschiebe bis in den Vierwaldstättersee zu transportieren. Hinzu kommt ausserdem, dass durch die massive Geschiebezufuhr das Bachdelta rasch seewärts wuchs und eine flache Kegeloberfläche mit sehr steilen Unterwasserböschungen bildete. Durch dieses Seewärtswachsen wurde das Bachgefälle weiter abgeflacht, was eine zusätzliche Reduktion des Geschiebetransportvermögens zur Folge hatte. Der Bach verlandete derart noch mehr, kletterte schliesslich aus seinem angestammten Bett, übermurte das Ufergebiet und verstopfte Brückendurchlässe. Wegen der weiterhin vorhandenen starken Geschiebezufuhr begann sich das Einschottern des Gerinnes bachaufwärts fortzusetzen. Eine Lösung dieses Problems ist nur möglich durch ständiges Kleinhalten des Bachdeltas vermittels Bagger und gleichzeitigen Vollverbau des Baches oder durch Einbau eines leistungsfähigen Geschiebesammlers im Bereich des Kegelhalses oder oberhalb davon. Bei der Planung von Brücken und Durchlässen ist deshalb im Bereich von Bachkegeln auf diese Mechanismen (erstens begrenztes Schluck- bzw. Geschiebetransportvermögen des Baches und zweitens Rückwirkungen des Vorfluters auf den Bach) speziell zu achten.

Schlussbemerkungen

Der Steinibach mit seinen Hochwasserschäden ist ein instruktives Beispiel für die Problematik einer Wildbachsanierung, insbesondere auch der Verbautechnik. Viele der erwähnten Beobachtungen bestätigen bisherige Erfahrungen. Andere wiederum sind weniger oder kaum bekannt. Leider ist ein Wildbachverbau in schwierigem Gelände sehr oft ein Werk ohne Ende. Er wird deshalb auch nächste Generationen beschäftigen. Verbauen wir möglichst gut, angemessen sicher und dauerhaft. Pflegen und unterhalten wir diese Bauwerke bestmöglich und erneuern wir sie rechtzeitig, damit wir nicht der nächsten Generation zu grosse Bürden aufladen. Beachten wir aber auch das Umgelände, das Einzugsgebiet, denn Einzugsgebiet und Wildbach sind eine Einheit. Halten wir deshalb auch dieses Einzugsgebiet in Ordnung. Und schlussendlich, berücksichtigen wir bei der Ortsplanung in ausreichendem Masse die Unberechenbarkeit und Gefährlichkeit unserer Wildbäche!

Adresse der Verfasser: *Jürg Zeller* und *Gerhard Röthlisberger*, Beratungsstelle für Wildbach- und Hangverbau, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 8903 Birmensdorf/Zürich.

Müllprobleme in Städten von Entwicklungsländern

Yves L. Maystre[1]

Müllprobleme in den Städten von Entwicklungsländern sind nicht hauptsächlich technischer, sondern vor allem organisatorischer Natur.

Die Zusammensetzung des Mülls in den Entwicklungsländern ist durch geographische Lage, Lebensstandard und niedriges technisches Niveau des Abfuhrwesens bedingt. Bei hohem Feuchtigkeits- und Staubgehalt, niedrigem Brennwert und grossem Anteil an organischen Abfällen pflanzlicher Herkunft eignen sich diese Abfälle nicht gut zur Verbrennung mit Wärmerückgewinnung; auch findet diese Wärme keinen günstigen Absatz.

Theoretisch wäre die Müllkompostierung geeigneter: wegen ihres schnelleren Stoffumsatzes sind die Böden der warmen Zonen gute Kompostabnehmer. Leider sind die meisten landwirtschaftlichen Betriebe finanziell nicht in der Lage, Kompost zu einem Preise abzukaufen, der das Kompostieren billiger als die Deponie machen würde. Demzufolge sehen die Stadtverwaltungen keinen Vorteil bei der Kompostierung.

Die Rückgewinnung von bestimmten Abfallkomponenten wie Glas, Metallen, Kunststoffen, Papier und Karton ist einfacher und billiger als in Europa, weil die Handauslese sozial akzeptiert ist und die ärmeren Schichten der Bevölkerung sich damit befassen. Kinder, Frauen und Arbeitslose holen Abfälle an der Quelle und sortieren sie auf der Strasse oder in der Deponie aus.

Der grösste Unterschied zu Europa und zugleich das charakteristische gemeinsame Merkmal aller Städte in Entwicklungsländern beruht jedoch nicht in den eben geschilderten Eigenschaften, sondern liegt in zwei voneinander abhängigen Tatsachen: Der ständige, starke und unkontrollierbare Zuwachs der Städte und die chronische Unfähigkeit der Verwaltungen, die Lage zu beherrschen. Die starke Zentralisierung der Entscheidungsprozesse in den Entwicklungsländern gewährt den städtischen Verwaltungen wenig Kompetenzen. Sie sind somit gezwungen, politisch «wirksame» Aktivitäten, vor allem in den Gebieten Erziehung, Sport und Verkehr, zu entwickeln. Müllprobleme sind immer am Ende der Prioritätslisten zu finden. Die Abfuhrdienste sind meist technisch schlecht geführt und organisiert. Erneuerungskredite für Fahrzeuge kommen immer zu spät, was zu einer Überbeanspruchung führt. Der ungenügende Unterhalt bewirkt raschere Abnutzung und kürzere Amortisationsdauer, somit ein Circulus vitiosus. Sogar früher gut organisierte Städte geraten wegen ständigem, unkontrollierbarem und wildem Bevölkerungswachstum in die gleichen ausweglosen Schwierigkeiten. Anhand von einfachen geometrischen Modellen kann man zeigen, dass die Transportdistanz für den Müll rascher wächst als die Bevölkerung. Ein 5 %iger Bevölkerungszuwachs (durchaus normal für Städte in Entwicklungsländern) entspricht fast einer Zunahme der Gesamttransportdistanz um 8 %, also einer Verdoppelung in 10 Jahren.

Ein nach europäischem Muster zentralistisch organisiertes Abfuhrwesen mit einheitlichem Material und fester Routenplanung erscheint unrealistisch und zu kostspielig. Dazu ist eine feste, politisch bedingte Lohnskala für ständig wechselnde Aufgaben nicht geeignet. Die Anzahl paralleler Organisationen, welche sich etwas unkontrolliert entfalten, beweist die Unzulänglichkeit dieser Lösung. Die Dezentralisierung des Abfuhrwesens, mit autonomen Stadtteilen, Privatbetriebe, welche Unterverträge für Teilaufgaben abschliessen können, eine zweistufige Abfuhr mit kombinierten Sortier- und Umladestellen, ein viel weitergehender Einsatz von Handarbeit und lokalen Transportfahrzeugen sind viel geeignetere Methoden und dazu viel weniger kapitalintensiv. Auf längere Sicht werden diese Methoden für Städte von Entwicklungsländern viel befriedigender sein.

Adresse des Verfassers: *Yves L. Maystre*, Professor, Institut für Umweltingenieurwesen, Eidg. Technische Hochschule Lausanne, 33, avenue de Cour, 1007 Lausanne.

[1]) Zusammenfassung eines Vortrages, den *Y.L. Maystre* an der Informationstagung zum Thema «Abfallwirtschaft – Überblick über neuere Forschungsarbeiten und Lehrangebote» vom 30. Januar 1980 in Dübendorf gehalten hat. Die Tagung wurde von der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene, VGL, der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, EAWAG, und der International Solid Waste Association, ISWA, zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. *R. Braun* durchgeführt.