daß sich die Aufwendungen für den Hochwasserschutz auch vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus sehr wohl lohnen.

Zusammenfassung

In Gebirgstälern ist der Siedlungsraum in der Talsohle durch Hochwasser, auf den Schuttkegeln durch Wildbachmuren und an den Hängen durch Erdrutsche gefährdet. Rutschhänge werden durch Entwässerung und Bepflanzung gefestigt. Auf den Schuttkegeln ist der Wildbachtallauf durch Regulierungsbauten zu fixieren, während das Geschiebe in den Anbruchgebieten und in der Schluchtstrecke zurückgehalten werden muß. In der Talsohle sind Siedlungen durch Dämme zu schützen. Unbesiedelte Gebiete müssen als Retentionsräume dienen, da im Hochgebirge ein Hochwasserrückhalt in den Quellgebieten wegen der geologischen Verhältnisse meist nicht möglich ist. In den Rückhalteräumen sind Flußverwerfungen und Längsströmungen hintanzuhalten. Meliorierte Böden vermögen größere Wassermengen zu speichern als Sumpfgebiete.

Protection of settlements against high floods. Summary.

Settlements in mountains-valleys are endangered in bottom of valley by high water, on alluvial cones of torrents by stones und earth transported by water and on slopes by landslip. Sliding slopes will be consolidated by drainage and planting. On alluvial cones the course of torrent has to be fixed by regulationbuildings. Rubble must be retained near origin and in canyon tract. Settlements situated in bottom of valley may be protected by dams. Unsettled areas in bottom of valley must be reserved to retention of floods, as in high mountains on account of the geological situation retention of floods near the origin-areas mostly is not possible. Dislocation of riverbed and streaming along the valley in retention-areas must be hindered. Drained soil may retain more water then marshy ground.

Friedrich L a u s c h e r, Wien

Globale und alpine Klimatologie der Starkregen

Der **mittlere Wasserdampfgehalt** der Atmosphäre entspricht einem Niederschlagswert von 26,2 mm. Würde also durch ein äußeres Ereignis auf der ganzen Erde gleichzeitig eine gewaltige Abkühlung eintreten, so könnte im Mittel keine höhere als die genannte Niederschlagsmenge ausfallen. Eine Wiederholung dieses Ereignisses wäre erst nach fast 10 Tagen möglich, denn so lange müßte die Verdunstung wirken, bis sich der Wasserdampfgehalt der Luft wieder regeneriert hätte. Eine Sintflut globalen Ausmaßes ist also gar nicht möglich.

Der **Feuchtigkeitsgehalt der Luft** ist allerdings an sich nicht überall gleich, sondern **in den Tropen größer als in höheren Breiten.** J. K. Bannon und L. P. Steele haben auf Grund des weltweiten Netzes von Radiosondenstationen die globale Verteilung des atmosphärischen Wasserdampfgehaltes kartographisch dargestellt. Als regulär anzutreffenden Höchstwert des „precipitable water" fanden sie 65 mm Niederschlagsäquivalent im Juli über dem Gangestal in Vorderindien. Dieser Wert ist sogar höher als der Maximalwert über einem Ozean, nämlich 56 mm über dem Pazifik südlich von Japan. Ein ähnlich hoher Wasserdampfgehalt wie in den Tropen ist als Ausnahme bei den schwülsten Wetterlagen auch in mittleren Breiten möglich. In den Südoststaaten der USA ordnet man ein precipitable water von 65 mm bereits einer Mitteltemperatur der bodennahen Luft von 25 Grad Celsius zu. Schon diese Betrachtung macht es verständlich, daß die exzessivsten Niederschläge bei uns gelegentlich die in den Tropen üblichen Ausmaße durchaus erreichen können.

R. D. F l e t c h e r gab folgende Formel — von uns in europäische Maßeinheiten umgerechnet — für **Weltrekord-Niederschlagsmengen** (N in mm) bestimmter Dauer (D in Stunden) und bestimmten Flächenausmaßes (F in km²) an:

$$N = \sqrt{D}\,(12{,}7 + \frac{10873{,}1}{30{,}9 + \sqrt{F}})$$

Für einen „Punktniederschlag", also einen ganz lokalen Platzregen mit F = 0 (üblicherweise F = 10 km²) von einer Stunde Dauer erhält man einen

Weltrekordwert von 365 mm, für einen 1-Minuten-Regen 47 mm, für einen 24-Stunden-Regen 1787 mm.

Die **tatsächlich beobachteten Extreme** waren 31,2 mm in einer Minute am 4. Juli 1956 in Unionsville (Maryland, USA) sowie 1168 mm in einem Tag, am 14. Juli 1911 in Baguio (Philippinen) während eines viertätigen Taifuns, der insgesamt 2239 mm auf den Regenmesser herunterprasseln ließ.

Welcher Ort die größte Stundenmenge als Weltrekord für sich beanspruchen kann, ist höchst fraglich. Ist dies Catskill (New York, USA) mit 260 mm in einer Stunde am 7. Juni 1919 oder Molitgles Baines (Ost-Pyrenäen) mit 313 mm in 1½ Stunden am 20. Mai 1868 oder Curtea de Arges (Rumänien) mit seinem Hagelfall von 205 mm Wasseräquivalent in nur 20 Minuten — oder sind es gar die legendär gewordenen oststeirischen Werte: 650 mm in 2 Stunden am 10. August 1916 in Schaueregg südlich des Wechsels und 600 bis 670 mm in 3 Stunden am 16. Juli 1913 im Stiftingtal bei Graz? Diese seinerzeit von berühmten Wasserbaufachleuten überprüften und auch anerkannten Laienberichte gewinnen an Glaubwürdigkeit, wenn man sieht, wie sie sich in das Schema der in den USA seit 1895 amtlich zusammengestellten Daten exzessiver Niederschläge gut einpassen. Im Buch Hydrology von Chester O. Wisler und Ernest F. Brater sind die Rekordniederschläge der USA graphisch dargestellt, und zwar für die Regendauer von einer Minute bis einen Tag, getrennt nach den Messungen an den amtlichen Ombrometerstellen und aus Sonderbeobachtungen. Diese Sondermessungen zeigen um 50 bis 100 % höhere Exzesse als jene, die von den amtlichen Meßstellen für die gleiche Regendauer ausgewiesen werden. Dies ist einerseits schon dadurch erklärlich, daß jede Erhöhung der Zahl der Beobachtungen die Wahrscheinlichkeit, ein Extrem festzuhalten, erhöht, andererseits aber auch aus einem systematischen Mangel der Beobachtungsnetze, besonders in Gebirgsländern: Die Meßstellen befinden sich fast durchwegs in Ortschaften. Diese aber wurden schon instinktiv nicht gerade dort hingebaut, wo Witterungsextreme die Existenz gefährden könnten. **Der exzessivste, von einer meteorologischen Station in Österreich erfaßte Starkregen von 323 mm in 5 Stunden am 5. Juni 1947 auf dem Semmering** ist zwar auch global gesehen ein ganz bedeutendes Ereignis, reicht aber an die vorhin erwähnten oststeirischen Weltrekord-Niederschläge bei weitem nicht heran. Für Starkniederschläge sind besondere Strömungsvorgänge der Luft mit Konzentration des Niederschlagsvorganges auf ein bestimmtes Gebiet notwendig. Die von **Ombrographen** in Österreich direkt registrierten größten Stundenmengen des Niederschlags waren je 73 mm/h am 28. August 1944 in Altaussee-Salzberg und am 9. Juni 1946 in Graz-Universität. Es ist allerdings fraglich, wieweit und mit welcher Verzögerung der Hagel in den Registrierungen zum Ausdruck kam. Der Anteil des Hagels an Starkniederschlägen sollte überhaupt besser erfaßt werden, kommt doch dem Hagel nicht nur in seiner unmittelbaren Schadenswirkung an Kulturen, sondern auch in seiner Mitwirkung bei Verklausung von Bachengen und in der durch sein Abschmelzen bedingten Verlängerung der Hochwasserführung eine wesentliche Bedeutung zu. Ob wir bei einem einzelnen Starkniederschlag seinen extremen Punktwert in Erfahrung bringen, wird zumeist fraglich bleiben. Rückschlüsse von einzelnen Meßstellen bleiben da immer unsicher.

Auch die **flächenhafte Erfassung eines Starkniederschlages** bleibt meist fraglich, es sei denn, er wäre im Gebiete eines dichten städtischen Meßnetzes niedergegangen. In den USA sind viele Analysen von Starkregen („storms") nach den sogenannten Depth-Duration-Area-Werten (DDA) gemacht worden. Einer Zusammenfassung entnehmen wir z. B. die folgenden Höchstwerte in mm:

Niederschlag in mm (Flächenmittel, Depth, D) in Abhängigkeit von Ausdehnung und Dauer, Rekordwerte in den USA

Fläche (Area, A) Dauer (Duration, D)	10	1000	10.000	50.000 km²
6 Stunden	627	230	94	28
24 Stunden	927	440	218	90
72 Stunden	955	705	403	200

Ein Rekordereignis von einem Tag Dauer brachte also bei Beschränkung auf ein Areal von 1000 km² im Mittel über diese Fläche 440 mm Niederschlag, bei Erstreckung über 50.000 km² im Mittel 90 mm.

Die wenigen in Österreich bisher gemachten DDA-Bestimmungen zeigen ähnliche Gesetzmäßigkeiten, aber es sind ihrer eben noch zu wenige, um endgültige Aussagen zu gestatten.

Wir können zur Frage der räumlichen Erstreckung von Starkregen der zuvor erwähnten Formel von Fletcher auch die folgende Form geben:

a) $N_0 = 365 \sqrt{D}$ für „Punktweltrekorde"

b) $\frac{N}{N_0} = 0{,}0348 + 0{,}9652 \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{F}{954{,}8}}}$ für die Abhängigkeit von F (in km²)

Beispielsweise findet man für $N : N_0$ bei einer Ausdehnung des Niederschlagsfeldes auf 1000 km² einen Wert von ungefähr 1/2.

Eventuell können wir für Abschätzungszwecke auch die vereinfachte Form verwenden:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{F}{1000}}}$$

Die **Fletcher**-Formel gibt auch eine Bestätigung dafür, daß ein etwa vier Tage andauernder Landregen der praktischen Erfahrung gemäß eine etwa doppelt so große Gesamtmenge bringt als die maximale Tagesmenge, die ja am häufigsten berichtet und publiziert wird.

Es sind viele Studien im Gange, welche der Praxis gesicherte Wahrscheinlichkeitswerte für Niederschläge jeder Dauer und jeder räumlichen Erstrekkung auch für Österreich bringen sollen. Diese Daten werden auch global wertvoll sein. Besitzt doch Österreich neben Japan das dichteste Meßnetz der Erde, und die Niederschlagsexzesse sind hier zeitweilig von solcher Intensität, daß sie den Vergleich mit tropischen Regen durchaus nicht scheuen brauchen.

Eduard K i r w a l d, Freiburg i. Br.

Wasserhaushaltstechnik als Grundlage des Hochwasserschutzes

Gestatten Sie mir einige einleitende Worte vor der Vorführung von Lichtbildern. Ich fasse die Fragen in 3 Punkten zusammen, um anschließend die wichtigsten Einzelheiten anhand der Lichtbilder zu behandeln und sozusagen die Wunden mit dem Finger zu berühren. Es lassen sich manche Wiederholungen nicht vermeiden, da eine gewisse Zusammenschau aller Fragen erfolgen soll. Manche Anliegen müssen daher mehrmals berührt werden.

Punkt 1: Ich möchte als eindeutige Erklärung feststellen, daß es in der Natur ein **sicheres Mittel gegen Hochwasserschäden nicht gibt.** Es gibt aber sehr wohl Mittel in der Natur, die geeignet sind, schädliche Auswirkungen von Hochwässern zu dämpfen und Wiederholungen von Hochwässern gleichen Ausmaßes zu verringern.

Punkt 2: Es gibt relative Sicherheiten gegen Hochwasserschäden und gegen Hochwässer an sich. Sie sind aber an menschliche Werke gebunden und diese sind wieder abhängig von der Geologie, Morphologie usw. Es sind dies künstliche Maßnahmen in Form von Wasserstau-Becken zum Hochwasserschutz oder Talsperren und Eindeichungen. Aber auch bei diesen künstlichen Hochwasserschutzwerken, die tatsächlich in hohem Maße wirksam sind, ist es notwendig, sich nicht nur auf den Ort zu beschränken, wo das Wasser gestaut oder umgrenzt wird, also nicht auf den Damm oder die Mauern selbst und das Becken, sondern, man muß sich auch hier bewußt bleiben, daß die Vorgänge in den Becken R e s u l t i e r e n d e vieler verwickelter Zustände und Vorgänge in ihren Einzugsgebieten sind. Unsere Maßnahmen müssen sich deshalb auf die g a n z e n E i n z u g s g e b i e t e erstrecken, also auf die Gebiete von den Wasserscheiden beginnend, wo die Wassertropfen anfallen, bis hin zu den Dämmen. Aber auch die Werke sollen zu Bestandteilen der Landschaften gemacht, also eingebunden werden. Punkt 3 betrifft alle jene Maßnahmen, die notwendig sind zur Beeinflussung der ganzen Landschaft, der ganzen Einzugsgebiete, in denen etwas geplant und ausgeführt werden soll, um die Verhältnisse in unserem Sinne zu verbessern. Wir müssen alle Vorgänge und Tätigkeiten r ä u m l i c h