kungen der langsamen Gleit-, Kriech- und Setzungsprozesse der Schneedecke auf Aufforstungen sowie Maßnahmen zu ihrer Verhinderung. Insbesondere auf gleichmäßigen und oberflächenglatten, grasbewachsenen Hängen in Expositionen mit südlicher Komponente können die langsamen Schneebewegungen in einem gewissen kritischen Alter der Pflanzungen, so etwa 20 Jahre, den Erfolg einer Aufforstung in Frage stellen. Seit dem Jahr 1955 werden entsprechende Untersuchungen in über 30 Versuchsvarianten am Dorrberg bei Davos ausgeführt, wobei als wichtigste Schutzmaßnahmen Kleinterrassen, sogenannte Bermen und Bermentritte, sowie einfache Stützpfählungen aus Holz getestet werden. Die ersten noch nicht endgültigen Ergebnisse dieser Versuche werden von F. Fischer und H. In der Gand jetzt veröffentlicht.

Alle diese Detailstudien mögen im Hinblick auf das skizzierte Ziel betrachtet werden. Ich möchte meine Ausführungen nicht schließen ohne zu bemerken, daß wir es nicht dabei bewenden lassen dürfen, unsere Ergebnisse nur zu veröffentlichen, heute, wo selbst von Fachleuten viel Einschlägiges einfach aus Zeitmangel nicht mehr gelesen werden kann. Wir müssen uns dazu entschließen, Arbeitstagungen und Kurse zu veranstalten, um dem Praktiker im Gelände zu zeigen, worauf es ankommt, und ihn zur aktiven Durcharbeit eines konkreten kleinen Aufforstungsplanes anzuleiten. Dafür besteht bei den Forstleuten, die mit praktischen Aufforstungsfragen betraut wurden, ganz großes Interesse, wie wir immer wieder feststellen durften.

Herbert Aulitzky, Innsbruck

Beitrag zur Analyse der Katastrophenursachen

Jede Unwetterkatastrophe ist ein komplexer Vorgang, wobei klimatische, bodenbedingte, biotische, wirtschaftliche und andere Komponenten eine Unterbrechung des bislang bestandenen Gleichgewichtszustandes bewirken und damit die Katastrophe heraufbeschwören. Daher kann auch nur die strenge Analyse der zur Katastrophe führenden Ursachen jene Erkenntnisse vermitteln, auf denen man zur Verhinderung zukünftiger Katastrophen aufbauen müßte — will man nicht den Dingen ihren unkontrollierten Lauf lassen. Im besonderen gilt es möglichst jene Ursachen zu erkennen und herauszuschälen, die in der menschlichen Einflußsphäre liegen, weil sich ja nur hier ein Hebel ansetzen ließe. Es soll daher auf dem Erfahrungsschatz aus jenen Katastrophen, die Österreich in den letzten Jahren betroffen haben, aufgebaut und zum Zwecke der vorbeugenden Hochwasserbekämpfung eine Analyse der unbeeinflußbaren und der vom Menschen beeinflußbaren Katastrophenursachen vorgenommen werden.

Gerade der österreichische Wildbach-Verbauer ist zu einer solchen Schau ex lege berufen, weil ihm das „Gesetz zur schadlosen Ableitung der Gebirgswässer aus dem Jahr 1884" (Krzizek 1962) nachgerade aufträgt, alle jene Maßnahmen vorzukehren, die nach § 2 dieses Gesetzes Hänge und Gewässer zu stabilisieren und die Geschiebebildung bzw. den Abgang von Lawinen zu unterbinden vermögen. So wie es der Komplexvorgang der Katastrophen verlangt, liegt diesem vorbildlichen Gesetz, das auf Grund von Unwetterkatastrophen größten Ausmaßes in den Jahren 1882 und 1884 geschaffen worden ist, eine ganzheitliche naturwissenschaftliche Schau zugrunde, um deren praktische Verwirklichung wir uns zu bemühen haben. Im vorliegenden knappen Rahmen werden allerdings einzelne Beispiele pars pro toto sprechen müssen, um die wirksamen Einflüsse und Gesetzlichkeiten solcherart erkennen zu lassen.

Tab. 1: **Verteilung der beeinflußbaren und der unbeeinflußbaren Katastrophenursachen in Tirol in den Jahren 1965/66 (Vittorelli 1967) und 1964/67 (Aulitzky 1968b)**

Gebiet (Zeitraum)	Ausgelöst durch ... aller Fälle: Staulagen in %	Gewitter in %	Schneeschmelze in %	Ausgelöst, gefördert oder vergrößert durch menschliche Einflüsse in % aller Fälle: Besiedlung der Gefahrengebiete	landwirtschaftliche Hangnutzung	Art der Waldwirtschaft	Hanganschnitte durch Straßen	zu wenig Schutzwasserbau	Unbeeinflußbare Katastrophen in % aller Fälle
TIROL 1965/66	76	11	13	26	10	3	2	26	33
OSTTIROL 1965/66	93	4	3	28	5	3	3	28	33
NORDTIROL 1965/66	59	18	23	20	16	4	2	25	33
BEZIRK INNSBRUCK 1964/67	39	27	34	34	21	3	11	18	13

Eine Aufgliederung der jüngsten Katastrophen nach ihren äußeren, unbeeinflußbaren und innern, beeinflußbaren Ursachen (Tab. 1) ergab sehr unterschiedliche Anteile: Vor allem überraschte, daß nur ein Drittel aller Katastrophen unvermeidlicherweise hätte über Tirol hereinbrechen müssen, wogegen mehr als ein Viertel auf die bedenkenlose Besiedelung der Gefahrengebiete, ebensoviel auf zu geringe Aufwendungen im Schutzwasserbau und ein immer noch sehr beträchtlicher Anteil von 10 % auf die landwirtschaftliche Nutzung potentieller Hang-Gefahren-Gebiete zurückzuführen war. Diesen Ursachen gegenüber hatten Hanganschnitte durch Straßen (2 %) und eine unrichtige Art der Waldbewirtschaftung nur geringe Bedeutung (3 %) für die Katastrophenauslösung in ganz Tirol; die Werte schwankten allerdings beträchtlich in den einzelnen Landesteilen (Tab. 1). Bei den äußeren klimabedingten Ursachen überwogen in Tirol, unter dem bestimmenden Einfluß der Katastrophen im Südalpenraum, die Niederschlagsstaulagen; in Nordtirol und insbesondere im Raume Innsbruck kamen aber im höheren Anteil der Schneeschmelz- und Gewitter-Hochwässer das Sommerereignis 1965 und die gewittrigen Lokalereignisse zum Ausdruck. Doch soll angesichts des kurzen Betrachtungszeitraumes dieses regionale Ergebnis keineswegs verallgemeinert werden.

1. Über den unbeeinflußbaren Bereich der Katastrophenursachen

1, 1 Das Niederschlagsklima und seine orographischen Komponenten

Unwetterkatastrophen entstehen durch ein plötzliches Überangebot an Niederschlag oder aber durch plötzliches Freisetzen großer Niederschlagsrücklagen (aus dem Boden oder bei plötzlicher, verspäteter Schneeschmelze). Während bei Niederschlags-Staulagen und Schneeschmelz-Hochwässern weite Gebiete samt den großen Vorflutern betroffen werden, wirken sich Gewitter meist in viel begrenzteren Gebieten und mit geringeren Auswirkungen für die Vorfluter aus. So führten beispielsweise im Südalpenraum nicht etwa Niederschlagshöchstwerte seltenster Art, sondern die weite Ausdehnung von Gebieten hohen Niederschlages zu jenen außerordentlichen Katastrophenereignissen: Während die Niederschlagssummen der Katastrophenzeiträume nur 200—260 mm in 2—3 Tagen erreichten, also Werte, die einem etwa alle 10 Jahre vorkommenden Ereignis gleichkommen würden, ergibt der spezifische Abfluß infolge der weiten Ausdehnung der Niederschlagsgebiete für die Vorfluter Isel, Gail und Drau ein mehr als hundertjähriges Ereignis (Aulitzky 1968a). In diesem Zusammenhang sei einerseits auf die Tabelle der größten Niederschläge innerhalb der letzten 60 Jahre (Tab. 2) wie auf die spezifischen Hochwassermengen dieser Ereignisse hingewiesen (Abb. 1), die zumindesten teilweise über dem 100jährigen Hochwasser gelegen sind.

Tab. 2: **Größte Eintagesniederschlagswerte in Österreich von 1901—1960 mit mehr als 200 mm Niederschlag** (Hydrographischer Dienst in Österreich 1960, 1964).

Niederschlag in mm	Ort, (Seehöhe in m), Bundesland	Datum	Minutendurchschnitt in mm
670	**Stiftingtal bei Graz,** (450), Steiermark	16. 7. 1913	4,5 mm/min.
650	**Schauereck am Wechsel,** (800), Niederösterreich	10. 8. 1915	5,4 mm/min.
400—500	**Allerheiligen im Mürztal,** (540), Steiermark	18. 8. 1958	
324	**Semmering,** (985), Niederösterreich	5. 6. 1947	0,76 mm/min.
270	**Modriach,** (1003), Steiermark	3. 6. 1903	
268	**Preitenegg,** (1055), Kärnten	24. 7. 1913	
260	**Lilienfeld,** (377), Niederösterreich	1. 6. 1921	
255	**Waidegg,** (635), Kärnten	13. 9. 1903	
254	**Sachsenburg,** (550), Kärnten	13. 9. 1903	
239	**Kornat,** (1025), Kärnten	10. 2. 1915	
235	**Naßfeldhütte,** (1513), Kärnten	12. 3. 1934	
230	**Ebnit,** (1100), Vorarlberg	14. 6. 1910	
226	**Frankenburg,** (515), Oberösterreich	15. 7. 1959	
223	**Innerlaterns,** (980), Vorarlberg	24. 6. 1910	
222	**Naßfeldhütte,** (1513), Kärnten	9. 10. 1933	
218	**St. Michael/Lungau,** (1040), Salzburg	18. 7. 1919	
217	**Reißeckhütte,** (2290), Kärnten	6. 5. 1951	
216	**Altaussee,** (950), Steiermark	26. 5. 1928	
215	**Bödele,** (1100), Vorarlberg	14. 6. 1910	
213	**Naßfeldhütte,** (1513), Kärnten	4. 10. 1935	
210	**Reichersberg,** (350), Oberösterreich	26. 6. 1960	
208	**Weißbriach,** (800), Kärnten	13. 9. 1903	
207	**Scharfling,** (488), Salzburg	8. 7. 1954	
205	**Weißenbach/Attersee,** (475), Oberösterreich	12. 8. 1959	
205	**Weißenkirchen/Attergau,** (650), Oberösterreich	12. 8. 1959	
201	**Molln,** (440), Oberösterreich	12. 8. 1959	
200	**Bildstein,** (650), Vorarlberg	14. 6. 1910	

Die kartographische Übersicht zeigt zudem, daß derartig hohe Niederschlagsmengen nicht nur innerhalb relativ kurzer Zeitabstände wieder erwartet werden müssen, sondern daß vor allem die Alpenrandgebiete im Südosten, Süden und Norden des Alpenhauptkammes am intensivsten, dichtesten und häufigsten betroffen werden (Aulitzky 1968a, b, c). Die gleiche Verteilung ergibt sich bei Beurteilung der größten zwei- und dreitägigen Niederschläge. Die Orographie des Geländes bedingt also die Auswirkung

der Staulagen, wobei infolge der normalerweise wärmeren, aus dem Süden und Südosten zugeführten Luftmassen und ihrer dementsprechend größeren Feuchtekapazität am Süd- und Südostrand der Alpen auch dort die Spitzenwerte verzeichnet worden sind.

Auch die Starkschneefälle zeigen die gleiche, die Alpenrandlagen bevorzugende Verteilung (Schalko-Steinhauser 1950).

Gewitter haben ebenso eine ungleiche örtliche Verteilung und halten sich mit großer Häufigkeit an bestimmte „Gewitterstraßen", denen wieder ausgesprochen gewitterarme Räume gegenüberstehen (Weixlederer 1939, Ekhart 1939). Ihrer lokalen Begrenztheit zufolge betreffen jedoch Gewitter meist nur kleinere Gewässer und Einzugsgebiete und weniger die großen Vorfluter.

Schneeschmelzvorgänge (bei Föhn, warmem Regen und hohem Sonnenstand besonders schnell ablaufend), sind sehr häufig neben den apparenten Niederschlägen die Ursache ausgedehnter Mur- und Überschwemmungskatastrophen; auch Rutschungen und Absitzungen ganzer Hänge sind hier oft zu verzeichnen, weil der Schnee auf den höher gelegenen Flachstellen grundsätzlich später schmilzt als an den Hängen. Gerade die Auswirkungen solcher Schneeschmelzkatastrophenlagen lassen sich durch Aufforstung hochgelegener Grenzertragsböden (Hochlagenaufforstung) mildern, weil der Schattenwurf des Waldes in Hochlagen die Sonneneinstrahlung etwas abhält und überdies die Bewaldung eine bessere Schneeverteilung im Gelände zur Folge hat. Über die prozentuellen Anteile dieser drei niederschlagsbedingten Hauptursachen gibt für Tiroler Verhältnisse Tab. 1 Aufschluß. Eine gewisse Ähnlichkeit mit den durch Schneeschmelze bedingten Katastrophen im Spätfrühjahr haben Unwetterereignisse, die nach langanhaltender Durchnässung des Bodens und völliger Erschöpfung seiner Wasserkapazität eintreten; auch hier kann es zu großen Hangbewegungen kommen.

Während man die lokale Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit 1- bis 2tägiger Starkregen schon im Rahmen einer modifizierten Abflußformel berücksichtigt hat (Hampel 1968) bzw. für den österreichischen Südalpenraum bereits Karten bestehen, die die Höhenabhängigkeit und jahreszeitliche Verteilung der spezifischen Hochwassermengen der einzelnen Gebiete und das Auftreten der Höchstniederschläge angeben (Steinhäußer 1955a), können die Auswirkungen von Schneeschmelzvorgängen formelmäßig kaum berücksichtigt werden.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß die Gewässer des Hügellandes, der Voralpen, der Hochalpen und der vergletscherten Hochalpen eine unterschiedliche **Abflußcharakteristik** besitzen, die zusammen mit der jahreszeitlichen Verteilung der Höchstniederschläge bedeutsam sein kann.

1,2 Hydrogeologische Gegebenheiten

Die uneinheitliche hydrologische Katastrophendisposition eines Gebirgslandes erfährt noch eine beträchtliche Komplizierung durch den unterschiedlich zu bewertenden geologischen Gebirgsaufbau. Während gesunde und nicht zerrüttete Gesteine auch bei Wasserzusatz nur sehr wenig Verwitterungsschutt liefern, zerfallen auch harte Gesteine in Zonen starker Durcharbeitung sehr schnell. Bei Stiny (1931) wird eine Liste der leicht verwitternden und der Einrunstung wenig Widerstand entgegensetzenden Gesteine angegeben, zu denen vor allem Gesteine mit schüppchenartigen Hauptgemengteilen (Serizitschiefer, Glimmerschiefer, Graphitschiefer, Phyllite) und tonreiche Bergarten zählen (also Sandsteine mit tonreichem oder mergeligem Bindemittel, Mergel und Mergelschiefer), weiters Flysch und Molasseschichten. Wooldridge (1964) berücksichtigt besonders den mittleren Wassergehalt als entscheidendes Kriterium für die Erodierbarkeit und trifft sich hier mit den Feststellungen Stinys (1929), der die Stabilität der Gesteine in Abhängigkeit vom Wassergehalt angibt.

Unstruierte Lockermassen aller Art stellen in Hanglagen mitunter potentielle Gefahrengebiete dar, da deren Standvermögen durch Wasserzusatz sehr leicht verlorengehen kann (Moränen, Zersetzungsschwarten, alluviale Ablagerungen). Die bekannte Unterscheidung der Wildbäche in Jung- und Altschuttbäche Stinys (1931), wobei den ersteren zwar weniger aber lebendigeres Material zur Verfügung stünde, letztere jedoch aus weitaus größeren Deponien zu schöpfen vermöchten, erleichtert wesentlich die ingenieurgeologische Beurteilung solch potentieller Gefahrengebiete.

Auch die Morphologie der Hänge bietet in der Praxis gute Hinweise für Rutschungshäufigkeit und Rutschungsneigung von Hängen, wobei solche zwischen 26 und 45° Gefälle besonders gefährdet sein sollen (Sheng 1966). Vielfach benützen Hangwässer Verflachungen und Verebnungen innerhalb der Hänge, um hier zu versumpfen und zu versickern und den darunterliegenden Steilhang in weiterer Folge auf einer Gleitschicht zum Absitzen zu bringen oder zu „verseifen". Es empfiehlt sich daher, zur Beurteilung potentieller Gefahrengebiete Zusammenhänge zwischen solchen Versickerungsflächen, Sumpfstellen u. a. einerseits und Naßgallen, Quellaustritte im darunterliegenden Steilhang andererseits zu suchen und zu prüfen und insbe-

sondere im Bergbauerngebiet auch ein Augenmerk darauf zu haben, inwieweit die alten, früher von den Bauern selbst erhaltenen Hangwasser- und Entwässerungssysteme noch funktionsfähig sind (Aulitzky 1968 a, b, c). Hangwasserexplosionen, wie sie in Osttirol und Kärnten wiederholt durch Fremdwasserzufuhr aus darüberliegenden Flachgebieten vorgekommen sind, haben hier ihre Erklärung und sind nicht davon abhängig, ob die Abrutschungsstelle selbst bewaldet war oder nicht, es sei denn, daß gerade das Zusatzgewicht des Waldes und seiner Interception letztlich auslösend gewesen wären.

2. Über den beeinflußbaren Bereich der Katastrophenursachen

2,1 Die Besiedelung der Gefahrengebiete

Jedes Land — insbesondere aber Gebirgs- und Hochgebirgslandschaften — hat seine naturgegebenen Siedlungsräume, über deren — mitunter unsichtbare — Grenzen vorzudringen nur unter großen Gefahren und einem oft gar nicht zu bestreitenden Kostenaufwand möglich ist. Berücksichtigt man beispielsweise in Tirol die einigermaßen besiedlungsfähigen Flächen der Talschläuche, so kamen hier schon 1961 260 Bewohner auf einen Quadratkilometer, bis zum Jahr 2000 sollen es 415 Menschen pro Quadratkilometer sein! Diese Zahlen liegen weit höher als die durchschnittliche Besiedelungsdichte der Bundesrepublik Deutschland, und derzeit würde Holland (mit 300 Einwohner/km²) als einziges europäisches Land eine höhere Besiedlungsdichte aufweisen.

Dieses prosperitätsbedingte Wachstum ist besonders stark in Fremdenverkehrsgebieten, hat sich aber auch anderweitig über die traditionsgemäßen und instinktiv erkannten natürlichen Siedlungsgrenzen hinweggesetzt. Allenthalben wurden Mur- und Schwemmschuttkegel der Wildbäche sowie Ausschüttungsgebiete von Wind- und Grundlawinen dicht besiedelt, wobei diese Vorgangsweise sehr oft damit zu rechtfertigen versucht wird, es sei ohnehin nun schon längere Zeit da und dort nichts mehr passiert. Da gerade die Seltenheit ein Kennzeichen der wirklich großen Katastrophe ist und eben diese unbedingt befürchtet werden muß, wenn „längere Zeit nichts passiert" ist, die potentiellen Gefahrenursachen aber gleich geblieben sind, geht diese Argumentation natürlich völlig an den Tatsachen vorbei. Es konnten wiederholt zahlreiche Beispiele für die Verzahnung der neuen Siedlungsgebiete, für ihr Heranwachsen an den Kern der Gefährdungsbereiche gebracht werden (Aulitzky 1968 a, b), ohne daß auch nur in einem dieser Fälle die Verhältnisse in den Wildbacheinzugs- und Lawinenabbruchsgebieten sich so wesentlich gebessert hätten oder verbessert worden wären, daß dies das Vorwagen gerechtfertigt hätte. Die Kette dieser Beispiele, unter denen hinsichtlich der Wildbachbedrohung und der Wildbachkatastrophen Längenfeld/Ötztal, Telfs, Rum, Eckarten, Kleindorf und Flattach, aber auch Teile von Innsbruck u. a. m., hinsichtlich der Lawinenbedrohung Arosa, Davos, Partenen, Neustift/Stubai u. a. und ebenso wieder Stadtteile von Innsbruck angeführt wurden, soll in diesem Rahmen durch einige weitere ergänzt werden. Betrachtet man z. B. das heutige Ortsbild von Fulpmes im Stubaital auf dem Hintergrund der letzten großen Katastrophe des Schlickerbaches, die sich dort im Jahr 1807 ereignete, so läßt das Kartenbild des heutigen Ortes sehr wohl erkennen, daß der Bach angesichts der dichten Besiedelung seiner Ufer und der teilweisen Überbauung des Bachbettes im Falle eines Ausbruches nur mehr über das Straßennetz abzufließen vermöchte (Abb. 2). Im Jahr 1807 wurden bei einem Murbruch 21 Häuser zerstört und 35 Häuser beschädigt, die Katastrophe hatte damals ein Ausmaß, das sogar die bayrische Besatzungsmacht zu Verbauungen veranlaßte, um weitere Verluste an Menschenleben und Sachschäden zu vermeiden. Angesichts des heutigen Siedlungsbildes würde ein gleichartiges Ereignis weit ungünstigere Wirkungen haben müssen, weil weit mehr Objekte im engeren Gefahrenbereich stehen und durch das Heranrücken des Ortes an den Bach unschädliche Ausbreitungsmöglichkeiten nicht mehr gegeben sind. Während in Fulpmes die heutige Situation sicher auch durch die beengten Verhältnisse mitheraufbeschworen wurde, hat man in anderen Fällen die Neusiedler in bislang wertlose, mit Erlen oder Kiefern bestandene Teile der Murschuttkegel nur deshalb abgedrängt, weil angesichts des Widerstandes der Landwirtschaft nur hier billige Gründe zur Verfügung gestellt und für Siedlungszwecke freigegeben werden konnten, wenngleich oft die landwirtschaftlich genutzten Grundstücke viel mehr Sicherheit geboten hätten. Als Beispiel seit hier auf Götzens bei Innsbruck hingewiesen, das den neuen Ort bereits unmittelbar an den Geroldsbach herangeschoben hat. Dieser Bach hat wiederholt in den Jahren 1750, 1781, 1782, 1846, 1855, 1882 und 1908 Murgänge geführt und den Ort so schwer verheert — allein 1782 wurden 4 Menschen getötet und 22 Häuser zerstört —, daß die Bevölkerung selbst eine meterhohe Mauer zur Ableitung des Baches aufführte. Heute ist dieser Leitdamm im Bereich der neuen Siedlung auf der Bachseite bis ca. 1 m unter der Dammkrone von Murmaterial gefüllt, während die Häuser unmittelbar

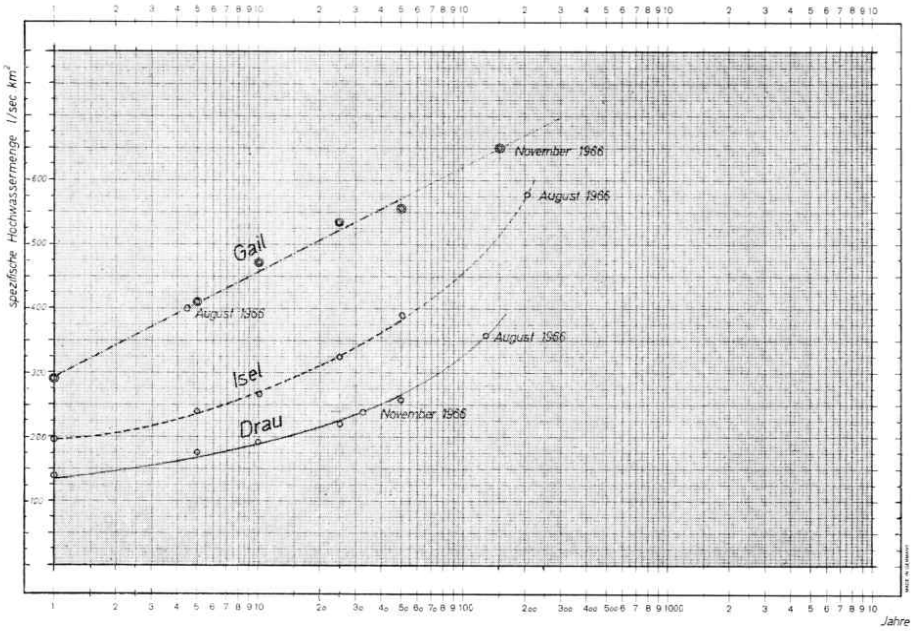

Abb. 1: Spezifische Hochwassermengen des 1jährigen, des 5jährigen, des 10jährigen, des 25jährigen und des 50jährigen Hochwassers in Gail, Isel und Drau (nach STEINHÄUSSER 1955 a, b, 1958) im Vergleich zu den bei den jüngsten Katastrophen aufgetretenen spezifischen Hochwassermengen.

Abb. 2: Alt- und Neuhausbestand (um 1860 [dunkel] und heute [umrandet]) in Fulpmes im Stubaital, das durch den Schlickerbach im Jahre 1807 weitgehend zerstört wurde.

(Legende: dunkel = Hausbestand 1860, dunkel und umrandet = Hausbestand heute.)

Abb. 3: Götzens bei Innsbruck am Murschuttkegel des Geroldsbaches, der den Ort in seiner viel sichereren alten Ausdehnung oftmals verheerte. (Photo: Alpine Luftbild AG — Innsbruck)

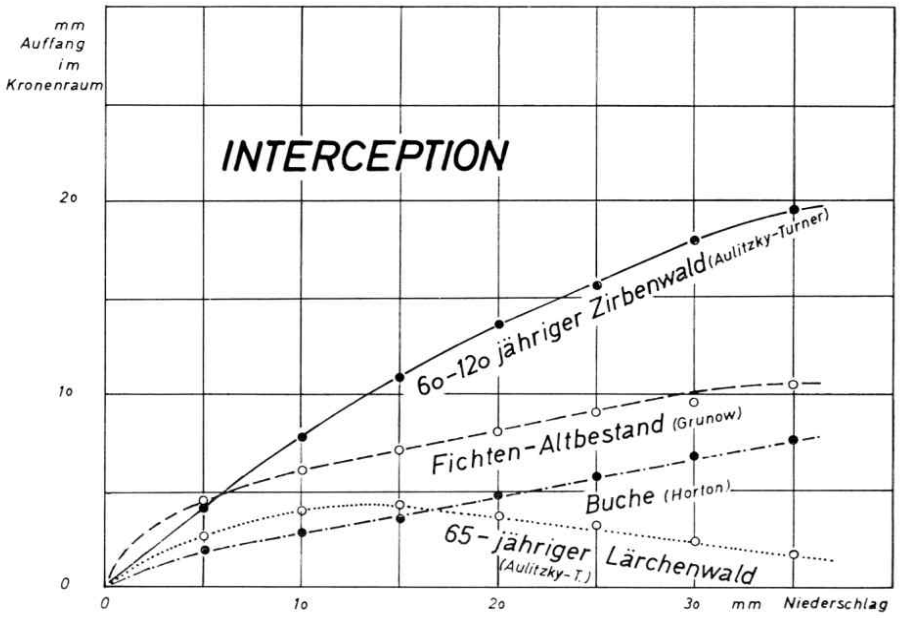

Abb. 4: Absolute Interception (Auffang) verschiedener Bestände in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge nach AULITZKY (1967), (AULITZKY-TURNER, im Druck), HORTON (1919) und GRUNOW (1955).

neben der Mauer ca. 15 m tiefer stehen und bei einem etwas stärkeren Murgang sicher schwer gefährdet sind. Die Wahrscheinlichkeit von Schäden bei einem Murgang wurde durch die Errichtung einer Brücke mit zu kleinem Durchflußprofil (in Bildmitte der Abb. 3) noch erhöht, und erwartungsgemäß trat hier dieser Bach beim ersten stärkeren Gewitter auch tatsächlich sofort aus (Juli 1967). Abb. 3 läßt gut das Heranschieben des Ortes an den steil abfallenden Damm und die Besiedelung des früheren Erlenwaldgebietes am Schuttkegel erkennen.

Da gleichartige Gegebenheiten auch in den Lawinengefahrengebieten und auch in den Überschwemmungsbereichen der großen Flüsse bestehen (z. B. in Perau bei Villach), m u ß bei Anhalten dieser Siedlungstendenzen jede Katastrophe bei gleichbleibenden potentiellen Gefahrenherden immer größere Verheerungen nach sich ziehen. Dies deshalb, weil immer mehr Menschen ungeschützt im Gefahrenbereich leben und weil weder das Verbauungstempo noch Hochlagenaufforstungen mit dieser Entwicklung auch nur einigermaßen Schritt zu halten vermögen. Je schneller die Entwicklung des Ortes, je bedeutungsvoller die Rolle im Winterfremdenverkehr und je hochalpiner die Lage, umso mehr wird dies im allgemeinen zutreffen. Darüberhinaus sind auch Siedlungen am Hang und am Hangfuß dann als unmittelbar gefährdet anzusehen, wenn das frühere Hangwassersystem verfallen ist oder wenn überhaupt Gleitschichtbildungen, Verseifung der Unterlage usw. befürchtet werden müssen (Stiny 1929 und 1931, Aulitzky 1968 a, b).

2,2 **Die Aufschließung der Gefahrengebiete**

Auch der moderne Straßenbau hat Geschiebebewegungen und mitunter Katastrophen ausgelöst, wenn entweder dem Hang sein stützender Fuß entzogen wurde, das Hanggleichgewicht durch eine Zusatzlast gestört worden ist oder verabsäumt wurde, anstelle des alten flächenhaften natürlichen Hangwassersystems ein neues, möglichst auch naturhaftes Drainagesystem aufzubauen. Vielfach unterbleibt seine rechtzeitige Ausführung infolge der zusätzlichen Kosten, die jedenfalls nicht geringer sind, wenn es zu späteren Schäden kommt. Auch die mitunter zu geringe Dimensionierung der Lichtweite von Brücken und Durchlässen hat finanzielle Ursachen und macht sich bei geschiebeführenden Gewässern auf die Dauer nicht bezahlt (siehe Abb. 3). Nach Tab. 1 wurden nur 2—3 % der Katastrophen durch Straßenbauten verursacht, lediglich im Bezirk Innsbruck war der Anteil höher (11 %). Das hier für Straßen und Wege Gesagte gilt prinzipiell auch für Skiabfahrten. Darüber hinaus soll nicht die besondere Lawinenbedrohung der Wintersportzentren übersehen werden, die ja schon beim Zugang beginnt.

2,3 **Die Beeinflussung des Vegetationszustandes und der Bewirtschaftung in den potentiellen Gefahrengebieten**

Mit Hilfe des Vegetationszustandes kann der Wasserhaushalt der Einzugsgebiete von Wildbächen, aber auch die Schneeverteilung in Lawinenabbruchgebieten in günstiger oder ungünstiger Weise beeinflußt werden. Durch die Bewaldung eines Gebietes wird insbesondere das Versickern kleiner Niederschläge durch den Kronenauffang nahezu verhindert, so daß während der Vegetationsperiode ein weit größeres Wasserhaltevermögen des Bodens für den Katastrophenfall zur Verfügung steht (Engler 1919, S. 174), weil infolge der größeren Hohlräume die Haftwassermenge geringer und die Neigung zu Erdschlipfen daher im Wald auch kleiner ist. Die reine Interception der Kronen vermag — abhängig von Holzart, Alter und Bestockungsdichte — beim Einzelereignis bis zu 10 mm Niederschlag, allerhöchstens in Einzelfällen 20 mm Niederschlag abzufangen (Abb. 4); jenseits dieses Kronen-Benetzungsendwertes gelangt der Niederschlag in den Boden, so daß nun die weitere Entwicklung des Niederschlagsereignisses von den Versickerungseigenschaften des Bodens, seinem freien Wasserhaltevermögen, seiner Lagerung, Struktur, Wasserführung und Tiefe abhängt. Die Gesamtwirkung des Waldes läßt sich wohl an Hand des Abflusses verfolgen (Engler 1919), wie auch Tab. 3 erkennen läßt. Wir kennen auch das mögliche Ausmaß der Interception, unsere Kenntnisse sind aber noch nicht ausreichend, um numerisch die Veränderung des Wasserhaushaltes im Boden als Folge der Bewaldung vorauszusagen, da hier sehr viele Einflüsse mitwirken, die für den Praktiker oft kaum erfaßbar sind. Insbesondere gilt es bei der Wahl der Umtriebszeit (und damit des dereinst auf der Fläche zu erwartenden Zusatzgewichtes) die Tiefgründigkeit der Bodenauflage zu beachten und das Vorhandensein oder Fehlen einer Verzahnung mit dem Untergrund sowie allfällige Gleitschichten und die verminderte Windresistenz der Bestände bei aufgeweichtem Untergrund zu berücksichtigen. Die Interception von Gras- und Zwergstrauchflächen ist mit 1 bis 2 mm weit ge-

Tab. 3: **Abflußprozent (Q/N) als Funktion der Waldbodenfläche im Einzugsgebiet** (nach MOLTSCHANOV 1966).

Waldanteil in %	0	10	20	30	40	60	80	100
Q/N	0,42	0,36	0,33	0,30	0,26	0,21	0,19	0,18

ringer als jene des Waldes und im Ernstfall ohne Bedeutung (Zinke 1967). Ackerflächen zeigen häufig Verdichtungserscheinungen im Bereich der Pflugsohle (Engler 1919) und dadurch eine gewisse Förderung der Gleitflächenbildung.

Der Einfluß des Waldes auf das Hochwassergeschehen ist nach dem oben Gesagten demnach weniger in seiner absoluten Interception zu sehen, da bei Katastrophenniederschlägen von 200 bis 600 mm in den Kronen eben nur 10 bis 20 mm bleiben können. Viel mehr bewirkt der Wald durch die Veränderung des Bodenzustandes, weil er sowohl seine Durchlässigkeit erhöht, damit die Hochwasserwelle verzögert und auch sein Wasserhaltevermögen steigert. Aber auch dies wird in besonders gelagerten Fällen nicht ausreichen: So rutschten z. B. 10 m hohe Stangenholzbestände bei der Niederschlagskatastrophe im Mürztal 1958 samt einer ca. 1 m betragenden Bodenschicht ab, die auf hangparallelem Felsuntergrund auflag; angesichts einer Niederschlagsmenge von 400 bis 500 mm in wenigen Stunden durfte es nicht wunder nehmen, daß 400 bis 500 l Wasser nicht von 1000 l Boden schadlos aufgenommen werden konnten. An den gegenüberliegenden Hängen mit tiefgründigen Böden blieben aber selbst bei diesen außergewöhnlichen Niederschlägen Hangrutsche im Waldbereich aus (Aulitzky 1968a). Die zahlreichen Schlipfe aus bewaldeten Hängen in Osttirol, Nordtirol, Salzburg und Kärnten in den Jahren 1965 und 1966 ließen in vielen Fällen ganz offenkundig Ausbruchstellen von Hangwassersystemen im Bereich seichter Bodenauflagen erkennen (Hangwasserexplosionen). Bestehen örtlich bereits Spalten, so ist ein zusätzlicher Schwelldruck (Trauzettel 1962) zu berücksichtigen, der zum bewegenden Moment hinzukommt.

Hinsichtlich der Lawinenbildung bedeutet die Bewaldung der Hochlagen einen besseren Schneeausgleich, da anstelle der reliefabhängigen, stark ungleichen Schneeverteilung eine bestockungsabhängige, viel gleichmäßigere tritt (Turner 1961, Aulitzky 1963, Aulitzky-Turner im Druck).

Eine nachhaltig geführte forstliche Bewirtschaftung bedeutet aber noch nicht, daß auch ein ausgeglichener Wasserhaushalt erhalten bleibt: Wie Tab. 4 zeigt, steigt die Abflußspende im ersten Jahr nach einem Kahlschlag um 375 mm und liegt auch 10 Jahre nach der Kultivierung dieser Fläche noch um 165 mm höher als vor der Schlägerungsmaßnahme. Neben dieser quantitativen Auswirkung wird es sowohl beim Wasserhaushalt wie auch bei der Schneeverteilung auf die gewählte Örtlichkeit ankommen, wenn Schäden vermieden werden sollen. Das Anwachsen des Abflusses ließe sich durch sukzessive Aufforstung von Grenzertragsböden im Hinblick auf den gesamten Wasserhaushalt ausgleichen. Da die Benetzungsoberfläche von

Tab. 4: **Änderung der jährlichen Abflußspende (Q) durch Kahlschlag am Ende des Jahres 0 und nach Wiederbewaldung in den Folgejahren 1 bis 10** (HIBBERT 1967).

Jahr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abfluß (mm)	Q	+375	+320	+280	+250	+225	+205	+190	+180	+17	+165

Jungwuchs viel kleiner und daher ihr Benetzungswert viel niedriger als jener des Altholzes ist, kann von einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung im Sinne des Wasserhaushaltes bei bloßer Flächengleichheit zwischen Nutzungs- und Aufforstungsflächen noch nicht gesprochen werden: Vielmehr müßte die geringere Interception des Jungwuchses erst durch zusätzliche Aufforstung von Grenzertragsböden ausgeglichen werden; eine Möglichkeit, die sich besonders heute angesichts der Umorientierung der Landwirtschaft vielerorts anböte (Löhr 1964).

2,4 **Legislative, verwaltungsmäßige und organisatorische Möglichkeiten der Schadensvorbeugung**

Um Unwetterschäden in Hinkunft besser vorbeugen zu können, wird es notwendig sein,

a) landschaftskulturelle Maßnahmen auf der vollen Höhe des heute erreichbaren Wissens zu planen und durchzuführen,

b) Legislatur und Verwaltungsarbeit weitgehend unter diesem Aspekt trotz der gegenwärtigen verwaltungsmäßigen Aufsplitterung zweckdienlich zu koordinieren

c) und in beiden Fällen die psychologischen Gegebenheiten in Verwaltung und Bevölkerung zu berücksichtigen und zu beeinflussen.

Unbeschadet der Tatsache, daß Katastrophenvorbeugung eine Arbeit für Generationen bedeutet, seien im Anschluß bewußt vor allem die Möglichkeiten einer schnellen Einwirkung, aber auch jene Erfordernisse betont, ohne die auf lange Sicht mit einer Verbesserung nicht zu rechnen sein wird. Es sind dabei vor allem zwei Hauptgruppen von Maßnahmen, solche mit politischem und organisatorischem Aspekt und solche mit verwaltungsmäßigem und sachlichem Aspekt, zu unterscheiden.

Da in Österreich den Gemeinden die erste und zweite Bauinstanz zusteht, sollten vor allem die Landesbauordnungen Wildbach-, Hochwasser-, Rut-

schungs-, Bergsturz- und Lawinengefahren entsprechend berücksichtigen, um jede neue Verschärfung der ohnedies schon prekären Gefahrenlage zu vermeiden. Die Schweiz ist hier wenigstens teilweise durch die Schaffung sogenannter Lawinenzonenpläne sowie eigener kantonaler Gesetze, die deren Durchführung regeln, vorausgegangen. Dort wo aber eine Neufassung einer Landesbauordnung nicht in Frage kommt, sollte bei Bauverhandlungen im Gefahrengebiet wenigstens von der Möglichkeit, Gutachter beizuziehen, Gebrauch gemacht werden.

Weitere Möglichkeiten bieten sich bei einer ganzheitlichen Betrachtung, Bewirtschaftung und Verbesserung von Einzugs- und Gefahrengebieten, bei allen koordinierenden Maßnahmen jener Dienststellen und Organisationen, die auf der gleichen Fläche Fakten setzen. Als positives Beispiel sei hier auf die Integralmelioration im Zillertal hingewiesen (Stauder 1963 a, b), wo im Gefolge derartiger Maßnahmen nicht nur Katastrophen ausblieben, sondern auch Wirtschaftserfolge erzielt werden konnten. Die aufgesplitterte Betrachtungsweise im Rahmen des Schutzwasserbaues, wo mitunter ein und dasselbe Gewässer in Tätigkeitsgebiete der Wildbachverbauung (im Oberlauf), des Flußbaues bzw. des Kulturbauamtes im Unterlauf zerfällt, sollte vermieden werden. Darüber hinaus sollten die Maßnahmen des Linienwasserbaues durch flächenhafte Beeinflussung des Wasserhaushaltes (Aufforstungen, Wald-Weide-Trennungen, Entwässerungen, Erschließungen u. a. m.) ergänzt werden. Jeder Straßenbau, jede Alperweiterung durch Rodung, jede neu anzuschlagende Ski- oder Seilbahntrasse, jede Hangbewässerung ist ein mehr oder weniger großer Eingriff in den Wasserhaushalt und ist daher auch von diesem Standpunkt auf seine Zulässigkeit hin zu prüfen.

Angesichts des umfänglichen Nachholbedarfes an Wildbach- und Lawinenverbauungen wie im gesamten Schutzwasserbau (Baumann 1960, Güntschl 1960, 1965, Richling-Schlorhaufer 1965) bedürfte es ferner der unbedingten Sicherung eines ausreichenden Kontinuums an Geld und Fachpersonal, weil der Eintritt der Unwetter auch noch so begründete Budgetschwankungen übergeht.

In fachlicher Hinsicht wäre eine ausreichende Dokumentation der Unwettergeschehnisse nach Art, Ursache und Begleitumständen anzulegen und mit Hilfe der hiefür einsetzbaren einschlägigen Stellen am laufenden zu halten (Schadenskataster). Eine weitere Möglichkeit böte sich in der Anlage von Hochwasser-Wildbach- und Lawinenkarten, wie sie z. T. schon für den bayrischen Alpenraum bestehen (Karl 1963), wobei der Maßstab 1:25.000 die Ausscheidung der Geschiebeherde nach Art und Fläche, der erodierbaren Lockermassen, der gefahrbildenden Versickerungsgebiete an Hängen u. a. m. gestatten würde. Die wesentlichen Kenntnisse und Beurteilungskriterien wären auch zweckmäßigerweise in einer Art Gutachteranweisung bzw. Dienstinstruktion so zusammenzufassen, daß in taxativer Weise ein etwa gleichartiger Beurteilungsumfang gewährleistet wird.

Auch durch organisatorische Maßnahmen im Rahmen des Zivilschutzes (Alarmpläne, Tätigkeit der Lawinenkommissionen) kann Schäden vorgebeugt werden.

Literaturnachweis:

AULITZKY H. (1963): Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogrammes. Mttl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn **60,** 763-834

AULITZKY H. (1967): Wie könnte man sich vor Naturkatastrophen besser schützen? Der Weg zum Bauen und Wohnen **1,** 50—54

AULITZKY H. (1968 a): Über die Ursachen von Unwetterkatastrophen und den Grad ihrer Beeinflußbarkeit. Cbl. f. d. ges. Forstw. **85,** 2—32

AULITZKY H. (1968 b): Analyse der Schadensursachen von Unwetterkatastrophen zum Zwecke der Vorbeugung. Österr. Wasserwirtschaft **20,** 90—97, 144—154

AULITZKY H. (1968 c): Berücksichtigung der Wildbach- und Lawinengefahren in der Raumordnung. Berichte zur Raumforschung. u. Raumpl. **12,** 43—52

AULITZKY H. u. H. TURNER: Das Bioklima im subalpinen Lärchen-Zirbenwald als Grundlage einer standortsgemäßen Bewirtschaftung. (In Vorbereitung)

BAUMANN F. (1960): Der Wasserbaukredit. Studie. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien

EKHART E. (1939): Die klimatischen Verhältnisse des Venter Tales. Das Ventertal. Festgabe des Zweiges Mark Brandenburg des Deutschen Alpenvereines zum 40jährigen Bestehen.

ENGLER A. (1919): Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer. Mttl. d. Eidgen. Anst. f. d. forstl. Versw. **12.**

GÜNTSCHL E. (1960): Der Hochwasserschädenfonds und der Umfang der Hochwasserbehebungen. Österr. Wasserwirtsch. **12,** 62—65

GÜNTSCHL E. (1965): Der Schutzwasserbau in Österreich. Österr. Wasserwirtschaft **17,** 42—48

GRUNOW. J. (1955): Der Niederschlag im Bergwald. Forstw. Cbl. 21—36

HAMPEL R. (1968): Niederschlag und Abfluß in Wildbächen. Österr. Wasserwirtschaft 20.

HIBBERT A. R. (1967): Forest treatment effects on water yield. Int. Symp. on Forest Hydrology at the Penns. State Univ. University Park, Pa. 527 pp. Pergamon Press Oxford.

HORTON R. E. (1919): Rainfall interception. Monthly weather review **47,** 603—623

HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH (1960): Extreme Tagesniederschläge in Österreich im Zeitraum 1901—1950. Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien.

HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH (1964): Die Niederschläge, Schneeverhältnisse, Luft- und Wassertemperaturen in Österreich im Zeitraum 1951—1960. Hydrographie Österreichs 38, Hydrographisches Zentralbüro im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien
KARL J. (1963): Karte der Wildbäche der bayrischen Alpen. 1:25.000, Bayrische Landesstelle für Gewässerkunde München
KRZIZEK F. (1962): Kommentar zum Wasserrechtsgesetz. Manz Wien
LÖHR L. (1964): Betriebswirtschaftliche Probleme der Aufforstung landwirtschaftlicher Grenzertragsböden. Allg. Forstz. **75,** 122—125
MOLTSCHANOV A. A. (1966): Pecularities of the hydrology of catchment basins and determination of the optimum forest land. (Welt-Forst-Kongreß, Madrid, Pap. **6,** CFM/Gs. C. T. IX. 6)
RICHLING R. und A. SCHLORHAUFER (1965): Tirol a) Flußbau in: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wasserbau in Österreich. Rückblick und Vorschau. Mehrjahresplan für den Schutzwasserbau Wien
SCHALKO M. und F. STEINHAUSER (1950): Groß-Schneefälle in Österreich. Anhang 8 zum Jahrbuch 1950 der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, 65—75
SHENG T. C. (1966): Landslide classification and studies of Taiwan. Chinese-American Joint Commission on Rural Restruction. Forestry Series No. 10 Taipei
STAUDER S. (1963 a): Das Projekt „Wildbach- und Lawinenverbauung Vorderes Zillertal" und seine wirtschaftliche Bedeutung. Mttl. d. forstl. Bundesvers. Anstalt Mariabrunn **60,** 721—741
STAUDER S. (1963 b): Praktische Erfahrungen bei der Hochlagenaufforstung im vorderen Zillertal, Nordtirol. Mttl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn **60,** 743—762
STEINHÄUSSER H. (1955 a): Hydrometeorologische Untersuchungen in den österreichischen Südalpen. Österr. Wasserwirtschaft **7,** 153—159, 220—227, 273—277
STEINHÄUSSER H. (1955 b): Winterhochwasser im Draugebiet. Wasser- und Energiewirtschaft **3,** 1—4
STEINHÄUSSER H. (1958): Hochwasserspenden und mittlerer Jahresniederschlag. Ber. d. Deutsch. Wetterd. **54,** 123—125
STINY J. (1929): Technische Gesteinskunde für Bauingenieure, Kulturtechniker, Land- und Forstwirte sowie für Steinbruchbesitzer und Steinbruchtechniker, 2. Aufl., Springer Wien
STINY J. (1931): Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. Springer-Verlag Wien
TRAUZETTEL G. (1962): Die Rutschungen der Württembergischen Knollenmergel. Dissertation. Techn. Hochschule Stuttgart
TURNER H. (1961): Standortsuntersuchungen in der subalpinen Stufe: Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. Mttl. d. forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn **59,** 265-315
VITORELLI O. (1967): Statistik der Unwetterkatastrophen in Tirol 1965—1966 (unveröffentlicht)
WEIXLEDERER R. (1939): Studien über alpine Gewittertätigkeit. Met. Zeitschr. **6,** 215—226
WOOLDRIGE D. D. (1964): Effects of parent Material and Vegetation on properties related to soil erosion in Central-Washington. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **28,** 430—432
ZINKE J. P. (1967): Forest interception studies in the United States. Irt. Symp. on Forest Hydrology, 137—159, Pergamon Press Oxford.

Hermann G r e n g g , Graz

Wasserkraftnutzung und Hochwasserplage

Mein Thema dringt nicht bis in den Kern unserer Tagung vor, denn der Wasserkraftausbau kann — wenigstens bei unseren landläufigen Verhältnissen — nur in bescheidener Weise das Hochwasserübel an der W u r z e l fassen; zum anderen Teil ist er nur befähigt, die F o l g e n zu mildern, und auch das nur teilweise. Angesichts dieser Zurückhaltung wolle man es mir nicht versagen, wenn ich zugleich den guten Ruf der Wasserkraft verteidige, was zur Zeit in Österreich nicht überflüssig ist. Kurz, um es klar vorweg zu nehmen, die Wasserkraft nimmt in den Erwägungen unserer Tagung einen keineswegs bedeutenden, aber doch der Würdigung werten Platz ein; und nur in einem Sonderfall, den ich keineswegs verschweigen will, ist eine negative Wirkung zuzugeben.

Zuerst muß von den T a l s p e r r e n gesprochen werden, genauer: von den Staubecken, die das überschüssige Wasser aufspeichern und als begehrtes Wasser abgeben. Die wirtschaftliche Zweckmäßigkeit dieses weltweiten Vorganges steht außer Zweifel, ja, er ist grundlegend ökonomisch, wenn auch oft finanziell gehemmt; nur die Verwendung des Wassers ist verschieden, je nach den Gegebenheiten des betreuten Landes. In Österreich gibt es nur Wasserenergie-Speicherung. Dabei dürfen wir nicht vergessen, daß anderswo das Wasser noch höher im Wert steht. Jene Fachgenossen, die im vergangenen September die Talsperrentagung in Istanbul besucht und Anatolien bereist haben, waren beeindruckt von den dortigen gewaltigen Anstrengungen, das Hochwasser abzufangen und in Notzeiten anderer Art abzugeben. Notzeit ist nicht nur die Dürre, die die Landwirtschaft gefährdet. Vielleicht ist der Name K e b a n des großen Euphratdammes bekannt, der mit seinen über 5 Milliarden kwh Jahresarbeitsvermögen zu den Größtanlagen der Erde gehört. In Spanien sind zur Zeit nicht weniger als 110 Talsperren in Bau, und zwar vorwiegend für Wasserkraft. Die Spanier scheinen sich vor diesen Bauwerken nicht zu fürchten. Bei uns hat die Wasserkraft zur Zeit eine schlechte Presse (obwohl wir vorwiegend und gut von ihr leben). In der übrigen Welt aber, besonders in Übersee, steht der Wasserkraftausbau in hoher Blüte, und zwar unter dem bekannten Stichwort des M e h r z w e c k e s, also auch für den Hochwasserschutz.