

**MITTEILUNGEN  
DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT  
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

**115. Heft**

**1976**

---

**BEITRÄGE ZUR WILDBACHEROSIONS- UND  
LAWINENFORSCHUNG**

ODC 116 : 423.5

Contributions to Research on Torrent Erosion  
and Avalanches

Essais sur la recherche d'érosion torrentielle  
et des avalanches

Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen  
Subject Group S1.04-00 Torrents, Snow and Avalanches  
Groupe sectoriel S1.04-00 Torrents, Neige et Avalanches

Herausgegeben  
von der  
Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien  
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, 1014 Wien

Copyright by  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
A-1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

Herstellung und Druck  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
A-1131 Wien

## INHALT - CONTENTS - SOMMAIRE

	Seite/Page
Vorwort .....	5
Preface .....	9
Préface .....	13
Teil / Part / Partie I Arbeitsgruppe/Working Group/Group de Travail S1.04-01 Wildbacherosion und Wildbachverbauung Torrent erosion and torrent control Erosion torrentielle et correction des torrents	
TAVŞANOĞLU, F.: Das Bodenerosionsproblem und seine Lösung in der Türkei .....	19
BALCI, N. and ÖZYUVACI, N.: Variation in suspended sediment and outflow of some chemicals as related to precipitation and stream flow in Arnavutköy Creek near Istanbul .....	33
RULA, B. and STEFANOVIĆ, P.: Influence of vegetation on soil conservation in the mediterranean climatic zone	43
SCHAFFHAUSER, H.: Morphologische Beobachtungen in den Hohen Tauern .....	53
KRONFELLNER-KRAUS, G.: Quantitative Aspekte der Wildbacherosion aus der Sicht der jüngsten Katastrophenereignisse .....	71
MIDRIAK, R.: Zur Notwendigkeit einer Hebung der oberen Waldgrenze im Bereich der tschechoslowakischen Karpaten .....	85
ANDERSEN, B.: Problems related to river erosion and nature damages in Norway .....	101

Teil / Part / Partie II  
 Arbeitsgruppe/Working Group/Group de Travail  
 S1.04-02

Schnee- und Lawinen  
 Snow and Avalanches  
 Neige et Avalanches

TAVŞANOĞLU, F.: Das Lawinenproblem in Anatolien (Türkei) .	111
GAND, H.in der.: Waldschäden der Lawinenkatastrophe April 1975 in den Schweizer Alpen .....	127
MERWALD, I.: Analyse der Lawinenunfälle und Lawinenschä- den in den Wintern 1970/71 bis 1974/75 in Österreich	151
RAMSLI, G.: Avalanche problems in Norway .....	165

Anhang - Annex - Appendice

Interessentenverzeichnis - List of interested scientists - Liste des intéressés - S1.04-00 .....	171
---	-----

## V O R W O R T

Das vorliegende Heft beinhaltet die Beiträge des Jahres 1975 zweier Sitzungen der IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 für Wildbäche, Schnee- und Lawinen; und zwar: sieben Beiträge der Arbeitssitzung in Tarabya-Istanbul im September 1975 und die ersten vier Beiträge der kommenden Arbeitssitzung während des XVI. IUFRO-Kongresses in Oslo im Juni 1976. Es ist beabsichtigt, die Berichte des Jahres 1976 in einem dritten Heft zu publizieren. (Nach dem ersten Heft, das "Kolloquium über Wildbachsperrren" in Wien im April 1972, Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Heft Nr. 102/1973, ist das vorliegende Heft das Zweite dieser Serie).

Die Beiträge des vorliegenden Heftes sind nach fachlichen und geographischen Gesichtspunkten geordnet. Die Aufmerksamkeit des Lesers wird, jeweils innerhalb eines Fachgebietes, von einem zum anderen Gastland gelenkt, also von der Türkei (1975) über Mitteleuropa nach Norwegen (1976). Dieser Aufbau weicht vom Programm der Arbeitssitzungen ab. Deshalb wird für den Eiligen im folgenden eine kurze, erläuternde Übersicht nach der zeitlichen Reihenfolge der Beiträge gegeben.

Die Arbeitssitzung in Tarabya bei Istanbul, Türkei:

Die Arbeitssitzung der Fachgruppe S1.04-00 für Wildbäche, Schnee und Lawinen fand am 23. September in Tarabya bei Istanbul im Rahmen der Tagung der gesamten IUFRO-Abteilung 1 - Waldbau und forstliche Umwelt - vom 21. bis 30. September 1975 in der Türkei statt. 16 Teilnehmer aus 5 europäischen Staaten (Österreich, Schweiz, Tschechoslowakei, Türkei, Jugoslawien) diskutierten 7 Referate:

An Hand des von Rudolf M i d r i a k vorgelegten Berichtes wurden Definitionen und Probleme der oberen Waldgrenze in Zusammenhang mit Bodendestruktion und Erosion diskutiert. Sodann gab Faik T a v ş a n o ğ l u einen Überblick

über das Ausmaß der Bodenerosion in der Türkei und über die Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung.

Borka R u l a und Pedrag S t e f a n o v i c berichteten über Messungen des Oberflächenabflusses und von Erosionsraten in Meßparzellen der Abrami-Versuchs-Station in Istrien und über den Einfluß der Vegetation in dieser Klimazone.

Gottfried K r o n f e l l n e r - K r a u s beleuchtete quantitative Zusammenhänge zwischen Erosion und Gieschiebetransport in Wildbächen aus der Sicht junger Katastropheneignisse und die Möglichkeiten ihrer Einschätzung. Im zweiten Teil der Sitzung gab Paik T a v ş a n o ğ l u einen Überblick über die Lawinenprobleme in Anatolien. Auch in der Türkei verursachen Lawinen jährlich große Schäden und fordern zahlreiche Menschenleben.

Dann berichtete Hans R ü e d i I n d e r G a n d über die Frühjahrslawinen des Jahres 1975 in der Schweiz, über die durch sie verursachten Waldschäden und die daraus zu ziehenden Lehren.

Der Bericht von Ingo M e r w a l d basiert auf den Schadenslawinen der letzten fünf Jahre in Österreich und zieht auch das Problem des Tourismus in die Betrachtungen ein.

Vor allem wurden die waldbaulichen Konsequenzen der neueren Erfahrungen und Erkenntnisse diskutiert. Einerseits besteht eine Tendenz darin, die Forstwirtschaft auch auf gefährliche Standorte auszudehnen oder dort zu intensivieren. Andererseits erscheint es notwendig in manchen extremen Lagen in akuten Wildbach- und Lawinengebieten unter Umständen auf eine intensive, kommerzielle Forstwirtschaft zu verzichten. Die Probleme der Erkennung und Behandlung solcher Standorte erfordern noch intensive weitere Forschungen und eine enge Zusammenarbeit aller an diesen Fragen interessierten Arbeitsgruppen, was bei der Schlußbesprechung in Ankara auch als Richtschnur für eine weitere Tätigkeit zum Ausdruck kam.

Die Arbeitssitzung in Oslo, Norwegen:

Für die nächste Fachgruppensitzung im Rahmen des XVI. IUFRO-Kongresses, welche im Juni 1976 in Oslo stattfinden wird, liegen auch bereits mehrere Referate vor. Die sogenannten "Invited Papers" werden an anderer Stelle publiziert. Im vorliegenden Heft erscheinen vier "Voluntary Papers", die folgende Probleme behandeln:

Nihat B a l c i und Necdet Ö z y u v a c i berichten über die Variation des Abflusses und des Transportes von festen und gelösten Stoffen aus einem Modellgebiet bei Istanbul unter verschiedenen Bedingungen und Voraussetzungen.

Die Arbeit von Horst S c h a f f h a u s e r betrifft morphologische Beobachtungen in den hohen Tauern im Hinblick auf die Einschätzung der Hangstabilität bzw. Erosionsanfälligkeit.

Schließlich berichten in zwei Referaten Baard

A n d e r s e n über Erosionsprobleme und Gunnar R a m s - l i über Lawinenprobleme Norwegens. Sie vermitteln in dankenswerter Weise einen Überblick über die speziellen Verhältnisse im Gastgeberlande des XVI. IUFRO-Kongresses.

Mitglieder- und Interessentenverzeichnis:

Auf Grund der letzten Umfrage des IUFRO-Sekretariates hat sich die Zahl der an der Tätigkeit der Fachgruppe für Wildbäche, Schnee und Lawinen interessierten Wissenschaftler auf 191 erhöht. Von diesen 191 Wissenschaftlern interessieren sich 123 für beide Arbeitsgruppen (S1.04-00),

49 nur für die Arbeitsgruppe S1.04-01 (Wildbäche) und

19 nur für die Arbeitsgruppe S1.04-02 (Lawinen). Um

die gegenseitige Kontaktnahme und um die Zusammenarbeit zu erleichtern und zu fördern ist im Anhang das neue Mitglieder- und Interessentenverzeichnis angeschlossen.

**Dankadresse:**

Der Direktion der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien gebührt der Dank für das großzügige Entgegenkommen bei der Drucklegung dieses Heftes. Der Dank gilt aber auch all jenen, die in irgend einer Weise am Zustandekommen dieser Publikation beigetragen haben.

Gottfried Kronfellner-Kraus  
Leiter der IUFRO-Fachgruppe S1.04-00  
für Wildbäche, Schnee- und Lawinen

## P R E F A C E

In this book there are papers from two separate meetings of the subject group S1.04-00, torrents, snow and avalanches. The one meeting was held in Tarabya-Istanbul in September 1975 and the second meeting will be held during the XVI IUFRO-Congress in Oslo in June 1976. Contributions to the two meetings, having been ready before end of 1975, are printed here. It is planned to have the further contributions printed in a third publication. The present book is the second one of the group's series because the first book contains the papers presented at the Colloquium on Torrent Dams in Vienna in April 1972 (Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 112/1973).

The contributions in this present publication are arranged according to a technical and a geographical view point. Within the technical field, the attention of the reader is guided from the first host country to the second. First there are the contributions from scientists from Turkey, then those from Central-Europe and then from Norway, the Turkish and Norwegian reporters describing mainly their own local problems. This arrangement was not the same during the meeting. Therefore and for a quick information of colleagues being in a hurry in the following a short summary will be given in chronological order.

The meeting in Tarabya near Istanbul, Turkey:

The S1.04-00 subject group meeting (torrents, snow and avalanches) took place on the 23<sup>rd</sup> September in Tarabya near Istanbul during the IUFRO-Division-1-Forest Environmental and Silviculture-Congress from 21 to 30 June, 1975, in Turkey. 16 participants from five European countries (Austria, CSSR, Switzerland, Turkey and Yugoslavia) discussed 7 papers: Based on the report presented by Rudolf M i d r i a k definitions and special problems of the upper timber line relating to soil destruction and erosion were discussed. Then Faik T a v ş a n o ğ l u gave a comprehensive

survey of the soil erosion problem and its solution in Turkey.

Borka R u l a and Pedrag S t e f a n o v i c reported on measurements of surface runoff and erosion rates from plots in the Abrami-Experimental-Watershed in Istria and on the influence of vegetation in this zone.

Based on the latest catastrophes Gottfried K r o n - f e l l n e r - K r a u s examined quantitative relationships between erosion and bed load transport and referred on the possibilities of their estimation in watersheds.

In the second part of the meeting Faik T a v ş a n o ğ l u gave a comprehensive survey of the avalanche problem in Anatolia. In Turkey the avalanches cause annually great damage and kill many people.

Then Hans Rüedi I n d e r G a n d read his paper on the avalanches during spring 1975 in Switzerland, which caused great forest damage, and he spoke too about the consequences from them.

The paper by Ingo M e r w a l d deals with the avalanches which caused damage and death during the last five years in Austria and with the problems of tourism.

A broad discussion took place about the consequences from forest damage caused by erosion, torrents and avalanches for silviculture and forest management. On the one hand there are tendencies to commence or intensify forest management on dangerous sites. On the other hand it seems to be necessary to manage forests on such sites carefully and subject to erosion, torrents and avalanches. The management of such sites requires intensive cooperation between all interested scientists and all interested working and subject groups of IUFRO, which can be interpreted as one of the guidelines for the further research activities.

The meeting in Oslo, Norway:

Before the end of 1975 there were some papers ready for the next subject group meeting during the XVI IUFRO-Congress

in June 1976 in Oslo. The so called "invited papers" will be printed by IUFRO. In this publication there are the first four "voluntary papers" of the group which deal with the following problems:

Nihat B a l c i and Necdet Ö z y u v a c i report on relationships between precipitation, stream flow, suspended sediment discharge, and chemical outflow from a pilot watershed near Istanbul under different conditions.

The paper by Horst S c h a f f h a u s e r deals with morphological observations in the High Alps and the relationship between steepness of mountain slopes and stability and erodibility.

Finally there are two papers from scientists of the next host country. Baard A n d e r s e n describes problems related to river erosion and nature damage and

Gunnar R a m s l i reports on avalanche problems in Norway. Both kindly give a comprehensive survey on the special conditions of their native country.

List of members and other interested scientists:

Based on the last inquiry by the IUFRO-Secretariat the Number of interested scientists in the activities of the subject group S1.04-00 respectiv. in the field of erosion, torrent and avalanche research increased to 191. 123 of them are interested in both working groups (S1.04-00), 49 are interested only in the working group S1.04-01 for torrent and torrent erosion, 19 are interested only in the working group S1.04-02 for snow and avalanches. To facilitate the contacts, or rather to promote the cooperation between all those scientists the newest member list is printed as an appendix.

Adress of thanks:

First of all the expression of thanks is given to the direction of the Federal Forest Research Organization of Vienna for the generous kindness of having published this

book. The expression of thanks is also given to all those who have cooperated in any way in the publication of this book.

**Gottfried Kronfellner-Kraus**

**Leader of the Subject Group S1.04-00  
for Torrents, Snow and Avalanches**

## I N T R O D U C T I O N

Le présent numéro contient les travaux présentés en 1975 à l'occasion de deux réunions des Groupes sectoriels de l'IUFRO S 1.04-00 pour les torrents, la neige et les avalanches, à savoir : sept documents présentés à la séance de travail organisée à Tarabya-Istamboul en septembre 1975 et les quatre premiers exposés de la prochaine séance de travail qui se tiendra dans le cadre du XVIIe Congrès de l'IUFRO qui sera organisé à Oslo au mois de juin 1976. Il est prévu de publier les rapports de l'année 1976 dans un troisième numéro. (Le présent numéro est le deuxième de cette série et fait suite au premier, qui portait le titre "Colloque sur les barrages torrentiels", paru à Vienne (Autriche) en avril 1972, publications du "Forstliche Bundesversuchsanstalt" (Institut fédéral de recherche sur la sylviculture) de Vienne, No 102/1973).

Les exposés publiés dans le présent numéro sont classés d'après leur spécialité et d'après un point de vue géographique. On attire ainsi l'attention du lecteur, dans chaque branche, d'un des pays hôtes à un autre, de la Turquie (1975) en passant par l'Europe centrale jusqu'à la Norvège (1976). Cette présentation ne correspond pas au programme des séances de travail. Mais, à l'intention des lecteurs pressés, nous faisons ci-après un bref résumé explicatif, en suivant l'ordre dans lequel les documents ont été présentés.

Séance de travail de Tarabya - Istamboul (Turquie) :

La séance de travail des Groupes sectoriels S 1.04-00 pour les torrents, la neige et les avalanches s'est tenue le 23 septembre à Tarabya près Istamboul dans le cadre de la réunion en Turquie du 21 au 30 septembre 1975 de toute la Division 1 - Environnement forestier et sylviculture. 16 participants venus de 5 pays d'Europe (Autriche, Suisse,

Tchécoslovaquie, Turquie, Yougoslavie) y ont discuté 7 documents :

Sur la base du rapport présenté par Rudolf M i d r i a k, on a abordé la question des définitions et des problèmes de la limite supérieure des forêts en fonction de la constitution des sols et de l'érosion.

Puis Falk T a v s a n o ğ l u a fait un tableau de l'importance de l'érosion en Turquie et sur les mesures à prendre pour lutter contre ce phénomène d'érosion du sol. Borka R u l a et Pedrag S t e f a n o v i c ont présenté un rapport sur les relevés concernant les écoulements superficiels et le rythme de l'érosion dans les parcelles de mesure du centre de recherche d'Abrami en Istrie et sur le rôle de la végétation dans cette zone climatique.

Gottfried K r o n f e l l n e r - K r a u s a étudié les rapports quantitatifs entre l'érosion et le charriage des sédiments par les torrents au regard des récentes catastrophes et les possibilités de les évaluer.

Pendant la deuxième partie de la séance, Falk T a v s a n o ğ l u a donné un aperçu des problèmes relatifs aux avalanches en Anatolie. En effet en Turquie aussi des avalanches causent chaque années des dégâts importants et provoquent de nombreuses morts.

Puis Hans Rüedi I n d e r G a n d a fait un exposé sur les avalanches de printemps de l'année 1975 en Suisse, sur les dommages qu'elles ont causés et sur les conséquences à en tirer.

Le rapport de Ingo M e r w a l d porte sur les avalanches ayant causé des dégâts en Autriche au cours des cinq dernières années et envisage également sous cet angle le problème du tourisme.

On a avant tout discuté des conséquences à tirer, pour la sylviculture, des expériences et connaissances nouvelles. D'une part on observe une tendance à étendre,

voire développer, les exploitations forestières dans les sites exposés. D'autre part, on reconnaît la nécessité, dans certains sites extrêmes, dans des régions à caractère avalancheux et torrentiel très prononcé, de renoncer lorsque certaines conditions sont réunies, à une exploitation forestière commerciale intensive. Pour arriver à circonscrire et à bonifier ces sites, il faudra continuer à faire des recherches intensives et établir une étroite coopération entre tous les groupes de travail concernés, ce qui, lors de la discussion finale à Ankara est apparu comme le fil directeur d'un nouveau domaine d'activité.

Séance de travail d'Oslo :

Pour la prochaine réunion des Groupes sectionnels dans le cadre du XVI<sup>e</sup> Congrès de l'IUFRO qui doit se tenir à Oslo au mois de juin 1976, plusieurs exposés nous ont déjà parvenus. Les documents dits "Invited Papers" seront publiés dans un autre ouvrage. Dans le présent numéro, on trouvera quatre "Voluntary Papers" qui traitent des questions suivantes :

Nihat B a l c i et Necdet Ö z y u v a c i présentent un exposé sur l'évolution des écoulements et du transport des matériaux solides et meubles d'après une région modèle près d'Istamboul, dans diverses conditions.

La contribution de Horst S c h a f f a u s e r porte sur des considérations morphologiques faites dans la région des Hauts Tauern concernant l'évaluation de la stabilité des parois et de la résistance à l'érosion.

Les deux derniers exposés de Baard A n d e r s e n sur les problèmes de l'érosion et de Gunnar R a m s l i sur les avalanches concerne la Norvège. Ces deux contributions donnent un aperçu méritoire sur les conditions particulières qui règnent dans le pays d'accueil du XVI<sup>e</sup> Congrès de l'IUFRO.

Liste des membres et des intéressés :

Sur la base du dernier sondage auquel a procédé le Secrétariat de l'IUFRO, le nombre des hommes de science s'intéressant aux travaux des Groupes sectoriels sur les torrents, la neige et les avalanches est passé à 191, dont 123 s'intéressent aux activités des deux groupes de travail (Sl.04-00),

49 uniquement aux activités du groupe de travail Sl.04-01 ( l'érosion des torrents et son contrôle) et

19 uniquement aux activités du groupe de travail Sl.04-02 (la neige et les avalanches). Afin de faciliter et d'encourager les prises de contacts et la coopération, on trouvera en annexe une liste nouvelle des membres et intéressés.

Remerciements :

Nous tenons à exprimer nos remerciement à la Direction du " Forstliche Bundesversuchsanstalt" de Vienne (Autriche) pour sa généreuse contribution à la préparation du présent numéro. Nos remerciements s'adressent également à tous ceux qui, d'une façon ou de l'autre ont participé à la réalisation de cette publication.

Gottfried Kronfellner-Kraus  
Directeur du Groupe sectoriel Sl.04-00  
de l'IUFRO (Les torrents, la neige et  
les avalanches).

Teil / Part / Partie I

Arbeitsgruppe/Working Group/Group de Travail

S1.04-01

Wildbacherosion und Wildbachverbauung

Torrent erosion and torrent control

Erosion torrentielle et correction des torrents



# DAS BODENEROSIONSPROBLEM UND SEINE LÖSUNG IN DER TÜRKEI

Faik Tavşanoğlu

Forstliche Fakultät, Universität Istanbul, Türkei

## V o r w o r t

Dieser Bericht bezweckt, die Herrn Teilnehmer der Sitzung der IUFRO Fachgruppe S1.04-00 für Wildbäche, Schnee und Lawinen über:

- I. Die Bedeutung der Bodenerosion,
- II. die Kosten der Bekämpfung der Bodenerosion und
- III. die Organisation zur Bekämpfung der Bodenerosion in der Türkei

zu informieren.

### I. Die Bedeutung der Boden - erosion in der Türkei :

Weitgehende Terrain-Beobachtungen, die von FAO- und türkischen Fachleuten in den letzten Jahrzehnten in der Türkei gemacht wurden, haben offenbar gezeigt, daß die Bodenerosion in diesem Land ein sehr fortgeschrittenes Stadium erreicht hat. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß die Bodenerosion in der Türkei sich immer stärker bemerkbar macht und in relativ kurzer Zeit katastrophale Dimensionen annehmen wird. Diese alarmierende Situation wurde auch von den letzten statistischen Angaben bestätigt <sup>1)</sup>.

Außer der Wassererosion, dehnt sich in semi-ariden Gebieten und Steppen auch die Winderosion mit der Zeit ziem-

lich schnell aus. Da besonders wegen der rapiden Vermehrung der Bevölkerung der Bedarf an Kulturland immer grösser wurde, wurden folglich in den letzten Jahrzehnten ungefähr 8 Millionen Hektar Weideflächen mit dem Traktor-Pflug tief bearbeitet und in Kulturlächen umgewandelt. Dadurch wurden auch diese Flächen der Winderosion preisgegeben. Somit waren die Tiere, die vorher diese Flächen beweideten, gezwungen, auf die steilen Hänge zu steigen und in den Wald hinein zu gehen, um ihre tägliche Nahrung zu finden.

Wenn auch die Winderosion eine bedeutende Form der Bodenerosion in den semi-ariden Gebieten und Steppen ist, ist doch in der Türkei die Wassererosion ausgedehnter und aktiver, besonders auf den steilen, entblößten und durch Terrassen nicht geschützten Hängen.

Man kann ruhig annehmen, daß heute die Hälfte der ungefähr 24 Millionen ha Kulturland der aktiven Wasser- und Winderosion ausgesetzt ist<sup>1)</sup>.

Aus den eben schon geschilderten Gründen werden die Weideflächen immer kleiner. Dem gegenüber wurde aber die Vermehrung der Weidetiere in den letzten Jahren beträchtlich. Nach den Angaben des staatlichen Institutes für Statistik von 1970, ist die Zahl der Weidetiere einschließlich 15 000 000 Schwarzziegen auf 73 031 000 gestiegen. Es ist aber anzunehmen, daß die Zahl der Schwarzziegen mit einer großen Wahrscheinlichkeit auf 30 000 000 zu schätzen wäre.

Da einerseits die übrigen Weideflächen ungepflegt und daher nicht befriedigend sind und andererseits die nomadische Viehwirtschaft weiter besteht, weidet das Vieh das ganze Jahr im Walde.

Nach den letzten statistischen Angaben beläuft sich die Größe der Waldfläche auf 19 135 719 ha, davon sind aber

---

1) FAO Mediterranean Development Project, Turkey, Country Report. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome-Italy, 1959.

60 % zerstört und degradiert. Diese Wälder sind daher nicht imstande die Bodenerosion zu verhindern. Außer diesen Waldflächen gibt es noch, wie man annimmt, Waldflächen, die zwar in Weideflächen umgewandelt wurden, aber in diesen statistischen Angaben nicht enthalten sind.

Wegen dieser langwierigen und unerwünschten Entwicklung sind heute in diesen Gebieten die unteren steinigten Bodenschichten zu Tage getreten und schon zum größten Teil verkarstet. Daher dominieren heute im ganzen Lande lauter entblößte, trockene Berge. Auf der anderen Seite sind fast alle Seen in Anatolien durch das von den Bergen herunter getragene Material zum großen Teil verschlammt und versumpft.

Überdies sind auch große Kulturflächen, viele Dörfer und Ortschaften sehr oft der entsetzlichen Gefahr der Wildwässer ausgesetzt. Erdbewegungen und Erdbeben kommen sehr oft vor. Deswegen mußten die Bewohner vieler Dörfer, die sich auf dem durch Wildbäche gefährdeten Gelände befanden, umgesiedelt werden <sup>2)</sup>.

Außerdem werden die schon erbauten Talsperren, wie angenommen, nach einer kurzen Zeitperiode verschlammt und versandet. Z.B. hat die als Çubuk I benannte und im Jahre 1936 mit einer ursprünglichen Kapazität von 13,5 Millionen Kubikmeter bei Ankara erbaute Talsperre in den vergangenen vierzig Jahren ihre Kapazität bedeutend verloren. Andere Talsperren, welche zur Überschwemmungskontrolle und zu Bewässerungszwecken auf der Peripherie von Zentral-Anatolien in den letzten Jahrzehnten erbaut wurden, werden voraussichtlich in 20-25 Jahren zur Gänze verlanden. Daher scheint es auch schwer zu sein, die vorgesehenen Kapazitäten der heute noch im Bau befindlichen Talsperren für die geplanten Zeitperioden beizubehalten.

---

2) Nach den Angaben des Innenministeriums:

- Zwischen 1950-1960 wurde beschlossen, die Bewohner von 184 Dörfern umzusiedeln;
- Zwischen 1960-1966 wurde festgestellt, daß 268 Dörfer der Gefahr der Erdbewegungen ausgesetzt sind.

Wenn sie mir nun gestatten, möchte ich die Gründe der oben angeführten Entwicklung der Bodenerosion mit ihren katastrophalen Dimensionen zusammenfassen:

- Die Türkei ist ein Gebirgsland und fast die Hälfte (45 %) der Hänge bestehen aus Hängen mit 40 % oder mehr Gefälle.

- Ein großer Teil des Gebietes ist semi-arid und besteht aus Steppen. Die Sommer sind lang und trocken. Während des Sommers fallender Regen beträgt nur 50-150 mm.

- Seit Jahrhunderten sind die Gebirgshänge der Überweidung ausgesetzt und auf diesen wird eine primitive Landwirtschaft betrieben und dazu kommt:

- Daß man bis heute irgendwie nicht bestrebt war, zu bodenschützenden Maßnahmen zu kommen bzw. zu ergreifen.

## II. Die Kosten der Bekämpfung der Bodenerosion

Nach einer Kalkulation <sup>1)</sup>, durchgeführt von FAO-Fachmännern, sollen in der Türkei 70,000.000 ha Landfläche gegen Erosion geschützt werden. Die Bekämpfung soll 1300 TL. per Hektar kosten. Daher würde das Anlagekapital für die Bekämpfung der Erosion auf 70 000 000 ha Landfläche 91 000 000 000 TL betragen.

Obzwar diese Kalkulation vor fünfzehn Jahren durchgeführt wurde, wird dieser Betrag, abgerundet auf 100 Milliarden TL. auch heute zur Bekämpfung der Bodenerosion genügen, wenn die Beweidung kontrolliert und die Waldbrände ernstlich bekämpft werden können. In diesem Falle kann der Boden auf vielen Hängen im ganzen Gebiete mit der Unterstützung der Natur relativ in kurzer Zeit stabilisiert, beziehungsweise begrünt werden.

Es ist selbstverständlich schwer, ein so großes Kapital in einer so kurzen Zeitperiode anzulegen. Deswegen

muß sich die Bekämpfung der Erosion in der Türkei auf eine längere Zeit, z.B. auf fünfundzwanzig Jahre<sup>3)</sup>, erstrecken. Es muß also im türkischen National-Budget dafür jährlich ein Betrag von 4 Milliarden TL. vorgesehen werden.

Trotz dieses Umstandes hat man den Eindruck, daß man bis zum Beginn der Erosionsbekämpfungs- und Wildbachverbauungsarbeiten im großen Maßstabe noch lange warten muß. Auf der anderen Seite ist es aber aus den schon oben angeführten Gründen ganz klar, daß mit diesen Arbeiten so bald als möglich angefangen werden sollte, denn der Aufbau der türkischen Land- und Viehwirtschaft sowie auch der Industrie, stehen in engem Zusammenhang mit der Lösung des Erosionsproblem. Diese Lösung wäre, wie ich fest daran glaube, der Grundstein im Aufbau der türkischen Nationalwirtschaft.

Dabei möchte ich mit Genugtuung feststellen, daß es heute in der Türkei keinen Mangel an technischen Personal mehr gibt. Die Arbeitskräfte, Techniker und Arbeiter, stehen in genügender Zahl zur Verfügung. Sie brauchen nur einfach in einer dem Zweck entsprechenden Organisation zusammen gebracht werden.

Soweit es für die Lösung jedes Problem. erforderlich ist, wird selbstverständlich auch die Wirtschaftlichkeit (die Rentabilität) zu erwägen sein. Aber man muß sich dabei immer vor Augen halten, daß es nicht möglich ist und am Platze wäre, die Wirtschaftlichkeit dieses Problem. durch einfache und auf Annahmen beruhende Berechnungen zu erfassen. Zweifellos sind die Kosten der Erosionsbekämpfung und Wildbachverbauung hoch und verhalten sich im ersten Augenblick nicht proportional zu den Werten der zu schützenden Objekte. Daher gibt es Wirtschaftskreise, die sich vorstellen, daß die türkische Wirtschaft, statt mit oben berechnetem großen Kapital für die Erosionsbekämpfung, durch Errichtung vieler Industrierwerke besser auf ihre Füße gestellt werden kann. Man muß sich aber vorstellen, daß die heute im Lande überall

---

3) Diese Zeitperiode wurde in dem oben zitierten Bericht mit 100 Jahren angenommen.

anzutreffenden, entblößten, trockenen Berge einst mit hochwertigen und wunderschönen Wäldern bedeckt waren und die heute halbwegs mit Wäldern bedeckten Berge in Kürze entblößt, trocken, grau und unproduktiv sein können. Alles ist eben die Folge der Bodenerosion.

Wenn wir nach den europäischen Ländern, z.B. den Alpenländern blicken, die ziemlich ähnliche Terrain- und Klimaverhältnisse besitzen wie die Türkei, so sehen wir, daß keines von diesen Ländern seinen Boden vernachlässigt hat, oder nicht geschützt hätte. Ganz im Gegenteil, in allen diesen Ländern ist der Bodenschutz, man darf sich wohl so ausdrücken, eine traditionelle Gewohnheit.

Abschließend möchte ich zusammenfassen, daß jenes Land, welches seinen Boden nicht schützt, sich nicht richtig entwickeln und aufbauen kann. Die Vorteile, die mein Land durch Bekämpfung der Erosion hätte, wären:

- Die Wildbäche werden verbaut und dadurch wird der Boden und seine Fruchtbarkeit im Lande geschützt;
- Die Hebung der Bachsohlen und Flußbette, die Versumpfung der Seen und Hinterfüllung der Talsperren durch den Bodenabtrag wird verhindert oder zumindest verzögert und dadurch die Gefahr der Überschwemmungen vermindert;
- Die Verbesserung und der Aufbau der Land- und Viehwirtschaft und der Industrie wird gesichert;
- Die Natur und ihre Schönheit wird geschützt und dadurch wird zum Wohle des Volkes einerseits und zu einem höchstständigen Tourismus andererseits beigetragen.

Alle diese Vorteile sind für den Aufbau der türkischen Nationalwirtschaft von großer Bedeutung, gleichzeitig bilden sie die beste Antwort denjenigen, die Bedenken haben, ob die Bekämpfung der Bodenerosion wirtschaftlich gerechtfertigt ist oder nicht.

### III. Die Organisation zur Bekämpfung der Bodenerosion

Es gibt zur Zeit vier Generaldirektionen in verschiedenen Ministerien im türkischen Staatsgebilde, die sich direkt oder indirekt mit dem Boden- und Wasserschutz beschäftigen. Sie sind:

- Die Generaldirektion für Staatswasserbauarbeiten (Devlet Su İşleri = DSI);
- Die Generaldirektion für Boden- und Wasserbenutzung (Toprak-Su = TS);
- Die Generaldirektion für Weg- und Wasserbau-Elektrifizierung (Yol-Su-Elektrik = YSE);
- Die Generaldirektion für Aufforstung und Erosionskontrolle (Ağaçlandırma ve Erosion Kontrolu = AEK)

Die Arbeiten ersterer drei Generaldirektionen erstrecken sich eher auf untere Gebiete, also auf die unteren Niederschlagsgebiete der Flüsse, während die Arbeiten der Generaldirektion für Aufforstung und Erosionskontrolle sich auf die oberen Gebiete, also auf die Niederschlagsgebiete der Gebirgstäler erstrecken. Ihre Arbeiten blieben bis heute eher auf Aufforstungen beschränkt. Arbeiten von technischem Charakter, wie Quer- und Längsbauten, Flechtwerke usw., blieben wegen unzulänglicher Finanzierung eher symbolisch.

Daher ist es, meiner Ansicht nach, notwendig, zur Planung und Ausführung der Arbeiten der Erosionsbekämpfung und Wildbach- und Lawinerverbauung im oberen und obersten Niederschlagsgebieten im Gebirge eine ganz besondere Generaldirektion mit einem separaten Budget zu gründen. Die Arbeitsgebiete der vorgenannten vier Generaldirektionen sind sowieso zu groß und sie können mit ihren Möglichkeiten und Mitteln ihre Gebiete nicht richtig beherrschen. Andererseits gäbe es einen wichtigen politischen Grund

für die Arbeiten in oberen und obersten Niederschlagsgebieten im Gebirge eine besondere Finanzierungsmöglichkeit zu gewähren.

Zum Abschluß meiner Ausführungen muß ich leider noch die Feststellung machen, daß mein Land, wie ich vorher angedeutet habe und wie Sie bei Ihrer Exkursion durch das Land auch beobachten können, trotz aller alarmierenden Anzeichen der Bodenerosion, noch auf einem Punkt steht, der ziemlich weit von einer ernsthaften Erfassung dieses ungeheuer großen und wichtigen Problemes liegt.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Weitgehende Terrain-Beobachtungen in der Türkei haben gezeigt, daß die Bodenerosion in diesem Lande in ein sehr fortgeschrittenes Stadium getreten ist. Außer der Wassererosion breitet sich auch die Winderosion in semi-ariden Gebieten und Steppen aus.

Die Gründe der Bodenerosion sind folgende:

- Die Türkei ist ein Gebirgsland und fast die Hälfte (45 %) der Hänge bestehen aus Hängen mit 40 % oder mehr Gefälle;

- Ein grosser Teil des Gebietes ist semi-arid und besteht aus Steppen;

- Seit Jahrhunderten sind die Gebirgshänge der Überweidung ausgesetzt und es wird auf ihnen eine primitive Landwirtschaft betrieben und dazu kommt noch:

- Daß man bis heute irgendwie nicht bestrebt war, zu bodenschützenden Maßnahmen zu kommen bzw. zu ergreifen.

Nach einer durchgeführten Kalkulation ist für die Lösung des Erosionsproblemes in der Türkei ein Anlagekapital von 100 Milliarden TL in 25 Jahren erforderlich. Es muß also im türkischen National-Budget dafür ein Betrag von 4 Milliarden TL. pro Jahr vorgesehen werden.

Es gibt zwar zur Zeit vier große Organisationen (Generaldirektionen), die sich direkt oder indirekt mit dem Boden- und Wasserschutz beschäftigen. Ihre Arbeiten

erstrecken sich aber eher auf die unteren Gebiete, also auf die unteren Niederschlagsgebiete der Flüsse und ihre Arbeitsgebiete sind zu groß. Sie können Ihre Gebiete mit ihren knappen Möglichkeiten und Mitteln nicht richtig beherrschen. Daher ist es notwendig, zur Planung und Ausführung der Arbeiten zur Erosionsbekämpfung und Wildbach- und Lawinerverbauung in oberen und obersten Niederschlagsgebieten im Gebirge eine ganz besondere Organisation (Generaldirektion) mit einem separaten Budget zu gründen.

#### S U M M A R Y

The soil erosion has reached a very advanced stage in Turkey today. Besides Water erosion, in semi-arid regions and steppes wind erosion is also becoming more and more extensive.

The causes of the soil erosion in Turkey are as follows:

- Turkey is a mountainous country, almost half (45 %) of the slopes having a 40 % gradient or more;
- Turkey's climate is rather hot and dry, especially with protracted hot, dry summers. During the summers rainfall amounts to 50-150 mm;
- For centuries, large areas on mountain slopes have been overgrazed and subjected to primitive farming methods; and:
- Moreover no effort has been made to encourage the rational use of the soils nor to plan and improve agriculture and farm animal-economy.

To solve the erosion and torrent problem in Turkey it is necessary to make an investement of about 100 000 000 000 TL, within 25 years.

Fortunately at present technical personnel or work force is standing ready, to carry out the erosion and torrent control work in Turkey. Therefore:

- At present 4 existing state organisations are dealing directly or indirectly with the soil and water conservation, but their works cover rather low watersheds. Hence an organization should be established separately, named for example Erosion and Torrent Control Organization to operate especially in the upper rain catchment areas.

- At the same time the country should be divided, as Technical Working Regions, into great rain catchment areas, as river Firat, Yeşilirmak, Kizilirmak etc.

- The Technical Working Units of the Erosion and Torrent Control Organization have to study the situation, from the standpoint of soil erosion and torrent control, in the upper rain catchment areas and make general plans.

- According to these general plans, the same units have to prepare the improvement project for all streams of the upper rain catchment areas.

- The improvement projects would cover all precautionary measures for technical, cultural and management purposes. The most important precautionary measures for management purposes are to protect the soils of the slopes of upper watersheds which are partly or wholly bare and to prevent overgrazing in areas where erosion is extending further.

- As the measures of technical purposes were for example stabilizing the stream bed with dams, traverses, pavements etc.; Shoring the shores with walls, spurs etc. and on the slopes with wet soils must first be put on the drainage ditches systems. And to prevent the rain waters from flowing down on the slopes with dry and loose soils, the soils must be stabilized with green or dry wicker works.

The Technical Working units have also to carry out all works concerning the soil erosion and torrent control in the upper watersheds.

And last of all:

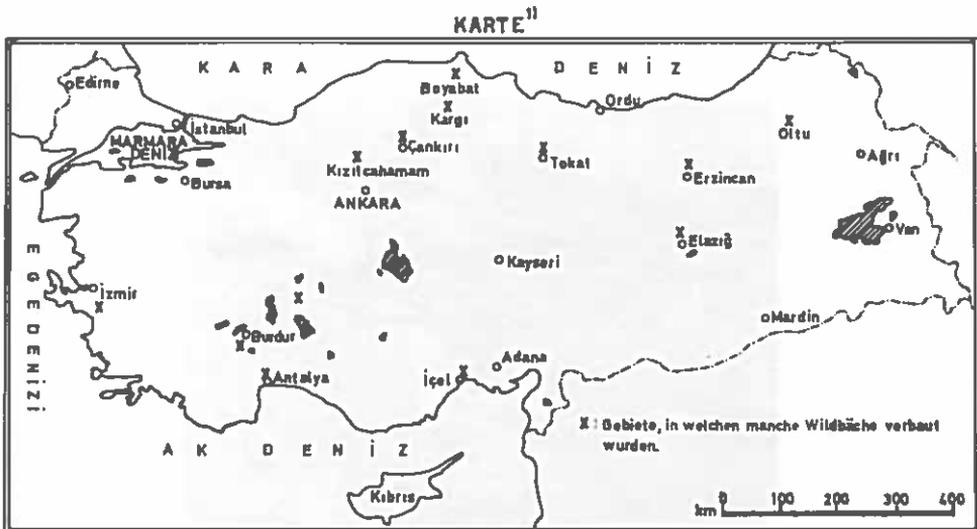
- The State Agricultural and Forestry Organizations have

to encourage mountain villages to form cooperatives, and make every effort to strengthen and to develop them with financial and technical aids.

In addition all soil and water conservation works carried out by the villagers themselves should be rewarded.



Mit einer geregelten Wildbachverbauung hat man in der Türkei erst im Jahre 1957 begonnen, und zwar in etwa zwölf Gebieten, die in der untenstehenden Karte eingetragen sind. Die Abbildungen 1 bis 5 zeigen einige der in diesen Gebieten ausgeführten Objekte.



1) Die türkische Forstwirtschaft, 50. Jahrestag der türkischen Republik, 1973.



Abb. 1: Talsperre im Gökçay-Tal (Isparta, nördlich von Antalya)



Abb. 2: Talsperren im Vagird-Tal (Erzincan, südwestlich von Erzurum)



Abb. 3: Talsperre mit Sturzbettsicherung im Soğuksu-Tal (Kizilcahamam bei Ankara).

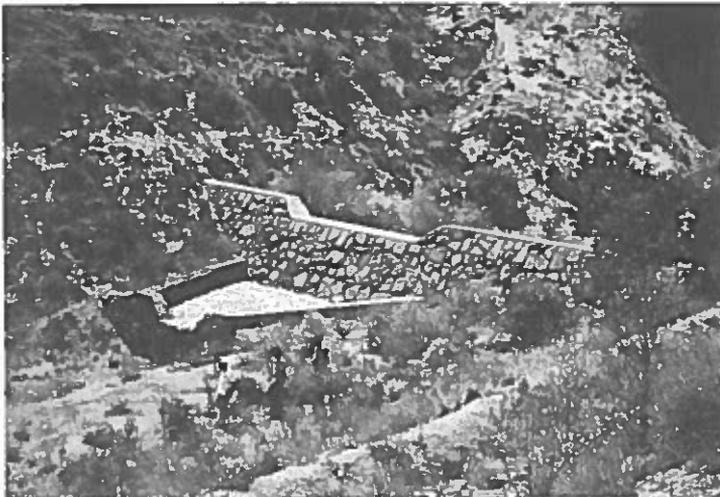


Abb. 4: Talsperre im Incirlikaya-Tal (Çankiri, nordöstlich von Ankara)



**Abb. 5: Ufermauern im Duklupinar-Tal (südwestlich von Eskişehir)**

VARIATION IN SUSPENDED SEDIMENT AND OUTFLOW OF  
SOME CHEMICALS AS RELATED TO PRECIPITATION  
AND STREAM FLOW IN ARNAVUTKOY CREEK NEAR ISTANBUL

Nihat Balci  
Necdet Özyuvaci

Faculty of Forestry, University of Istanbul, Turkey

I n t r o d u c t i o n

Almost no quantitative information is available on the quality of water and chemical discharge in streams draining small watersheds of rural areas in the vicinity of Istanbul. Quantitative data on sediment yield and its variation are relatively inadequate. Such information is needed to permit rational assessment of the magnitude of potential sediment discharge as influenced by the variation in stream flow and precipitation.

Water-supply in greater Istanbul is increasingly becoming a vital problem under the pressure of population explosion and rapid industrial expansion. Water for domestic use, industry and gardening is at premium. At present, the water supply system is capable of providing only 68 per cent of the water needed to satisfy domestic, commercial and industrial requirements.

There are about 9 reservoirs present and to be completed in this region and the total estimated water yield is roughly  $752 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year. The watersheds of these reservoirs are hampered by problems of erosion, flood flows, sedimentation and water pollution.

Arnavutköy Creek watershed is one of the prospective areas under consideration as a good site to build an impounding reservoir. Although the watershed conditions are not as critical as some of the problem watersheds, soil erosion is still a problem of soil management. Erosion occurs frequently in cultivated fields and clear-cut areas. Runoff from these areas can contribute sediments and other pollutants to the stream.

This paper briefly presents some of the results and observations on suspended sediment and outflow of selected chemicals in relation to stream flow behaviour in Arnavutköy watershed.

T h e S t u d y W a t e r s h e d

Arnavutköy creek watershed (2183.27 hectares in area) as a representative drainage in the Marmara region was selected for the study. It lies between latitudes 41°09' - 41°13' N. and Longitudes 29°13' - 29°09' E. A Storage reservoir as an integral part of the greater Istanbul water supply project will be built in the same watershed. Topography is not so

rugged, but slopes are fairly steep. Slopes over 20 percent cover about 68 percent of the total watershed area. Elevations range from 40 m. at the gaging station to 442 m. at the Alemdağ hill above sea-level.

Average annual precipitation for the period 1934-1961 was 836.4 mm. Much of this amount occurred (38.6 percent) in winter. High intensity rains usually fall in autumn. Mean annual temperature is 13.7°C and relative humidity is 75 percent.

Vegetation on the experimental watershed is similar to that occupying a large portion of the Kocaeli region. The dominant vegetation is coppice (90.18 percent) and consists of *Quercus frainetto* Ten., *Quercus cerris* L., *Carpinus betulus* L., *Castanea sativa* Mill., *Fagus orientalis* L. and *Populus tremula* L. species. Forests have been misused for a long time and resulted in pseudomacchie brush formation on some steep slopes.

Parent materials and geologic formations include mainly clay schists, arkose, quartzites, granites, crystalline schists, and Neocene deposits (Özyuvaci, 1971).

## M e t h o d s   a n d   P r o c e d u r e s

Precipitation at the top and bottom of the watershed at the gaging station was measured by standard rain gages.

Stream flow was measured by SEBA-Horizontal type of water level recorder and the rate of flow was computed by developing a rating curve based on the relation between the gage height and the velocity.

During 1967 and 1968, a series of grab samples for water analysis were collected from stream flow during storm runoff events. In the laboratory, the evaporation method was used to determine the concentration of suspended sediment including dissolved solids. An adjustment for dissolved solids was not employed because of high sediment concentration (Guy, 1969).

Chemical analysis, performed by the Municipal Water Works Laboratory in Istanbul, followed standard methods for drinking waters of the Institute of Turkish Standards.

## R e s u l t s   a n d   D i s c u s s i o n

### Precipitation, Stream Flow and Suspended Sediment

The trend of precipitation and composite stream flow for 1967 and 1968 are illustrated in Figure 1. Precipitation exceeded runoff with a wide margin in the fall of 1968 until soils reached field moisture capacity sometime in late December. Although the highest monthly precipitation occurred in October of 1968 (57.3 mm.) stream flow was at minimum and the gap between the two values was the largest. Stream flow in both 1967 and 1968 reached maximum amounts in January and February and it declined gradually with the increase of evapotranspiration and reduction of precipitation in the spring and summer (Table 1., Figure 1.).

Table: 1 Daily Precipitation and Average Stream Flow and Suspended Sediment During the Storm Events in 1967 and 1968.

Order	Precipitation mm	Stream Flow		Suspended Sediment Ton/day	Order	Precipitation mm	Stream Flow		Suspended Sediment Ton/day
		mm	lt/sec				mm	lt/sec	
1	28.3	1.85	465	9.93	26	14.9	0.26	65	1.63
2	22.0	2.34	590	4.94	27	6.1	0.26	65	0.29
3	12.1	4.73	1190	8.89	28	8.4	0.26	65	0.58
4	25.6	4.41	1110	4.53	29	9.1	0.76	190	1.11
5	7.5	2.01	505	1.58	30	9.0	0.46	115	0.25
6	8.1	2.01	505	0.86	31	12.4	0.66	165	1.39
7	3.7	3.12	785	4.11	32	27.5	0.56	140	1.66
8	0.6	2.90	730	3.13	33	19.3	0.87	218	1.97
9	13.9	2.35	590	3.02	34	10.2	3.34	840	2.28
10	5.2	1.73	435	1.36	35	14.2	1.85	465	2.96
11	23.7	2.50	630	4.72	36	20.7	1.43	360	1.98
12	10.1	1.43	360	2.77	37	14.9	3.98	1000	9.69
13	13.0	0.95	240	1.98	38	26.7	1.42	358	2.51
14	13.2	0.76	190	1.26	39	11.4	0.76	190	1.84
15	15.0	1.19	300	2.99	40	6.2	2.66	670	5.78
16	1.8	0.76	190	1.53	41	38.7	3.08	776	7.07
17	7.4	0.46	115	0.97	42	8.1	1.13	283	2.24
18	13.4	0.56	140	1.24	43	8.4	0.99	250	3.99
19	7.4	0.36	90	1.07	44	22.3	2.27	570	2.27
20	6.6	0.04	10	0.07	45	5.4	0.53	134	0.69
21	19.8	0.10	25	0.59	46	23.0	0.87	220	1.65
22	27.2	0.10	25	1.91	47	6.7	0.44	110	0.32
23	57.3	0.18	45	1.40	48	4.2	0.44	110	0.22
24	9.5	0.18	45	0.45	49	12.3	0.36	90	0.28
25	5.8	0.26	65	0.61	50	2.9	0.16	39	0.08

The major portion of the annual stream flow, consisting of surface runoff and subsurface drainage, occurred in winter and early spring during the sampling period. After heavy storms virtually all direct surface runoff from the cultivated lands, forest and other brush lands in the watershed occurred during winter months. Consequently soil erosion caused by raindrop splash and surface runoff contributed heavy load of

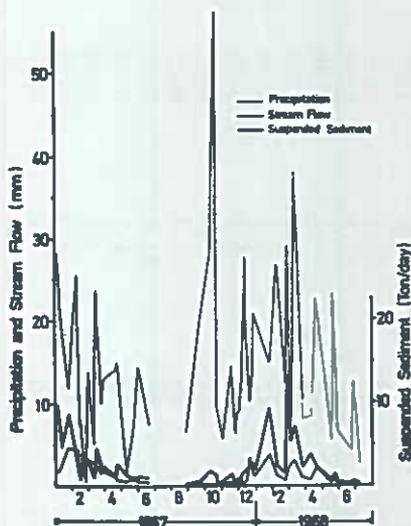


Figure 1. Time trends of precipitation, stream flow, and suspended sediment.

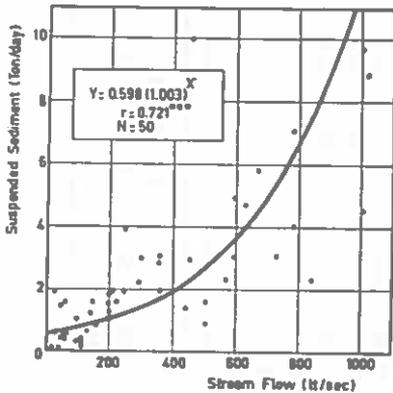
sediment during winter periods. Similarly the rate of suspended sediment followed the same trend as the stream flow, increasing in winter and subsiding in summer when very little precipitation was received (Figure 1, Table 1).

Relationship between the rate of stream flow and suspended sediment concentration and sediment load was also studied. Sediment yield is dependent on grass erosion in the watershed and on the transport of eroded material out of the watershed. Concentration of suspended sediment decreased with the increase of stream flow. This relationship ( $Y = 234.625 X^{-0.198}$ ) is due to a dilution effect of surface and subsurface runoff from forested areas covering 90 per cent of the watershed which contribute very little to the sediment yield of Arnavutköy stream. The correlation coefficient ( $r = -0.300$ ) was significant at the 0.05 level.

The cultivated lands which yield the highest amount sediment cover only 10 per cent of the watershed and the variation in the rate of erosion on these areas was mostly dependent on the storm characteristics and the season. Consequently the dilution of stream flow by larger volume of runoff with much smaller amount of sediment contributed from forested areas was evident.

A sediment rating curve was developed by plotting the tons of suspended sediment per day versus water discharge in the stream (Figure 2.). The regression equation for this semilogarithmic relation was also computed. The correlation coefficient ( $r = 0.721$ ) was significant at 0.001 level. The sediment discharge varied from about 0.69 to 11.96 tons per day with the variation in stream flow from 50 lt/sec. to 1000 lt/sec. respectively (Figure 2).

It may be easily assumed that the greatest amount of sediment is contributed by the soil erosion on the cultivated fields or nonforested areas. The yield of suspended sediment on these areas varies from



2.20 kg/ha. per day to 24.03 kg/ha. per day if the stream flow has a variation from 50 to 1000 lt/sec. The sediment yield per hectare drops down to 0.32 kg/ha. per day and 5.48 kg/ha. per day respectively if the total watershed area is taken into consideration.

Figure 2. The rating curve for suspended sediment.

#### Precipitation, Stream Flow and Outflow of Selected Chemicals

Data for the concentration and outflow of selected chemicals are presented in Table 2. The time trends of outflow and concentration as well as their relations with stream flow were also given in Figure 3, 4.

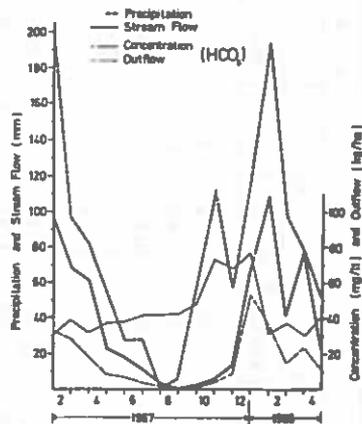
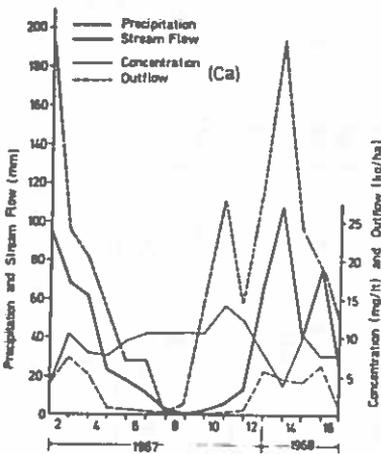


Figure 3. Time trends of precipitation, stream flow, concentration and outflow of calcium.

Figure 4. Time trends of precipitation, stream flow, and concentration and outflow of bicarbonate.

Table: 2 Monthly Average Streamflow, and Concentration and Outflow of Selected Chemicals.

Streamflow lt/sec.	Selected Chemicals											
	Ca		Mg		Fe		Cl		SO <sub>4</sub>		HCO <sub>3</sub>	
	mg/lt	kg/ha	mg/lt	kg/ha	mg/lt	kg/ha	mg/lt	kg/ha	mg/lt	kg/ha	mg/lt	kg/ha
835	4.18	4.28	9.59	9.82	0.13	0.13	42.50	43.54	4.97	5.09	30.50	31.24
657	10.20	7.43	1.60	1.16	0.15	0.11	39.10	28.46	4.70	3.42	39.10	28.46
527	8.38	5.42	5.85	3.78	0.18	0.12	35.50	22.95	6.25	4.04	30.50	19.72
209	8.12	2.01	6.38	1.58	0.23	0.06	35.50	8.81	6.85	1.70	37.40	9.28
152	9.10	1.70	7.09	1.32	0.16	0.03	35.50	6.62	7.10	1.32	38.60	7.20
98	10.50	1.22	4.55	0.53	0.13	0.02	39.05	4.54	10.20	1.19	42.70	4.97
35	10.50	0.45	3.33	0.14	0.15	0.01	39.05	1.68	8.20	0.35	42.70	1.83
2	10.50	0.03	3.33	0.01	0.23	0.01	39.05	0.10	8.20	0.02	42.70	0.10
18	10.50	0.22	4.50	0.10	0.26	0.01	39.05	0.83	8.20	0.18	48.80	1.04
54	14.00	0.93	6.06	0.40	0.35	0.02	42.60	2.82	12.50	0.83	73.20	4.85
119	12.30	1.74	7.40	1.05	0.26	0.04	39.05	0.55	7.05	1.00	67.10	9.48
561	8.38	5.77	5.85	4.03	0.31	0.21	39.05	2.69	7.40	5.09	77.60	53.41
936	4.18	4.80	9.59	11.01	0.13	0.15	42.50	48.80	18.52	21.27	30.50	35.02
371	10.20	4.19	1.60	0.66	0.15	0.06	39.05	16.05	4.70	1.93	36.60	15.05
648	8.12	6.46	3.56	2.83	0.35	0.28	28.40	22.58	8.15	6.48	30.50	24.25
226	8.12	2.18	3.56	0.96	0.21	0.06	39.05	10.48	7.50	2.01	42.70	11.46
$\bar{X}$ = 340.50	9.21	3.05	5.24	2.46	0.21	0.08	38.28	13.84	8.16	3.50	44.45	16.09
SD = 310.49	2.54	2.41	2.44	3.29	0.077	0.079	3.47	15.46	3.40	5.13	15.10	14.92
CV = 0.91	0.28	0.79	0.47	1.34	0.37	0.99	0.09	1.12	0.42	1.47	0.34	0.93

$\bar{X}$  - Mean, SD - Standard deviation, CV - Coefficient of variation.

Precipitation and stream flow follow almost similar pattern with some exceptions due to soil moisture recharge. But the concentrations of selected chemicals declined when the stream flow increased in winter and early spring. This may be attributed to two reasons. (1) The increase in stream flow may have had a dilution effect and subsided the concentration of chemicals. (2) The solute carried by streams is the result of the dissolving action of carbonic acid and organic acids released from decomposing organic plant residues and the respiration of plant roots and of micro-organisms within the solum (Rothacher et al, 1967). During the dry summer months when there was little percolation of infiltrated water through the soil mantle, the washing of chemicals in the exchange complex and decomposition products was at minimum.

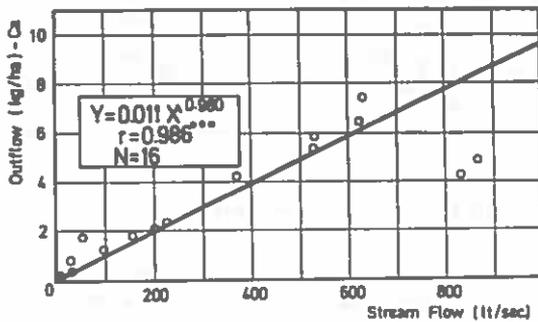


Figure 5. Relation between stream flow and calcium outflow.

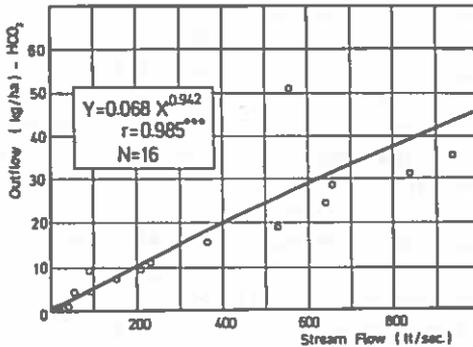


Figure 6. Relation between stream flow and bicarbonate outflow.

Calcium concentration increased when the stream flow decreased in summer. It is vice versa in winter. Calcium outflow closely followed the stream flow pattern (Fig.3). The three fold increase in concentration from winter to autumn very little control on the calcium outflow compared with almost five hundred fold variation in stream flow. The abrupt drop in concentration in late January of 1967 and 1968 coincides with the time of highest precipitation and stream flow (Figure 3).

Concentration and outflow of calcium and bicarbonate follow a similar trend. Relation of calcium and bicarbonate outflows with the stream flow are well illustrated in Figure 5 and 6 and in Table 3. The outflows of both constituents increased significantly with the increase in stream flow. The daily outflow of calcium varies from

Regression Equations and Correlation Coefficients for  
 Table: 3 the Relations of Suspended Sediment and Selected  
 Chemicals with Stream Flow.

Independent Variables (X)	Equations	Correlation Coefficients (r)
Suspended Sediment (Ton/day)	$Y = 0.598 (1.003)^X$	0.721
Suspended Sediment (mg/lit)	$Y = 234.625 X^{-0.198}$	-0.300
Ca (kg/ha)	$Y = 0.011 X^{0.980}$	0.986
Mg (kg/ha)	$Y = 0.189 (1.005)^X$	0.803
Fe (kg/ha)	$Y = 0.0131 + 0.204 X$	0.802
Cl (kg/ha)	$Y = 1.550 + 45.265 X$	0.909
SO <sub>4</sub> (kg/ha)	$Y = 0.015 X^{0.905}$	0.923
HCO <sub>3</sub> (kg/ha)	$Y = 0.068 X^{0.942}$	0.985

Y - Stream Flow (lt/sec).

N = 50 for suspended sediment and N = 16 for selected chemicals

0.5 kg/ha. to 7.7 kg/ha. when the stream flow increases from 50 lt/sec. to 800 lt/sec. The daily discharge of bicarbonate varies with larger quantities than calcium from 2.7 kg/ha. to 36.9 kg/ha. for the same stream flow rates.

The variation in concentration of iron is not significant enough to influence the outflow of this element. Consequently the outflow of iron is controlled by the variation in stream flow. Magnesium concentration in stream water has somewhat an inconsistent trend and its outflow follows similar pattern as the stream flow does (Table 2). However, there are highly significant correlation and regression relations between stream flow and magnesium and iron discharges (Table 3).

Concentration of chloride remains fairly constant during the study and has varied from 28 mg/lit to 42 mg/lit. This is well illustrated with a coefficient of variation of 9 percent (Table 2). Chloride content of the stream water is somewhat higher than the average values for upland surface waters (Klein, 1959). The slightly higher chloride content of the stream water may be attributed to a pollution due to animal excreta and urine contributed by some cattle and sheep ranches in the watershed. Losses of chloride varied from 0.10 kg/ha per day to 48.8 kg/ha per day.

Sulfate concentration in the stream water varied from 4.7 mg/lit to 18.5 mg/lit which did not exceed the standard for drinking waters (200 mg/lit) (Klein, 1962). The coefficient of variation is 42 percent (Table 2). Since the concentration of sulfate is below the permissible limits, the hardness of the stream water may be due to the presence of alkaline earth metals as indicated in Table 2.

## S u m m a r y

Almost no quantitative data is available on chemical discharge and sediment yield of the streams draining small watersheds in the vicinity of Istanbul. Arnavutköy Creek was selected for the study. Only about 10 percent of the watershed is cultivated land and it contributes much of the sediment load in the stream.

The major portion of the annual stream flow occurs in winter and early spring. The suspended sediment load increased in winter and subsided in summer when very little precipitation was received. However, the concentration of suspended sediment decreased with the increase of stream flow because of the dilution effect of excess runoff from forested areas. The suspended sediment discharge varied from about 0.69 to 11.96 tons per day with the variation in stream flow from 50 lt/sec. to 1000 lt/sec. respectively.

The concentrations of selected chemicals such as Ca, Mg, Fe, Cl,  $\text{HCO}_3$ , and  $\text{SO}_4$  declined when the stream flow increased in winter and early spring. The regressions and correlations of sediment load and the selected chemicals with stream flow are highly significant at the 0.01 level.

## Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Ablaufmenge der Sedimente und die Entladung der chemischen Stoffe durch die Flüsse von kleinen Einzugsgebieten in der Umgebung von Istanbul wurden im Modellgebiet von "Arnavutköy Deresi," (Bach von Arnavutköy-ISTANBUL) eingehend untersucht, da bisher auf diesem Gebiet fast keine quantitative Angaben vorhanden sind. 10 % des Untersuchungsgebietes besteht aus Ackerflächen, aus denen die suspendierten Stoffe stammen.

Der jährliche Abfluss erreicht im Winter und Anfang Frühjahr sein Maximum. Die Fracht der suspendierten Sedimente erhöht sich im Laufe des Winters und sinkt im gewöhnlich regenarmen Sommer. Infolge der Verdünnung des Abflusses im Waldgebiet nahm die Konzentration der suspendierten Sediment abhängig von der Erhöhung der Abflussmenge ab. Steigt der Abfluss von 50 lt auf 1000 lt pro Sekunde, so erhöht sich auch der suspendierte Sediment von 0.69 ton bis auf 11.96 ton am Tag.

Die Konzentration der chemischen Stoffe (wie Ca, Mg, Fe, Cl,  $\text{HCO}_3$  und  $\text{SO}_4$ ) nimmt mit der Erhöhung der Abflussmenge im Winter und Anfang Frühjahr ab. Es wurde eine hohe korrelative und regressive Beziehung zwischen Mengen der Sedimenten, der chemischen Stoffe und des Abflusses festgestellt.

## R e s u m é

Il n'existe presque pas données relatives à la quantité de sédiments et de matières chimiques charriés par les cours d'eau qui drainent les bassins de peu d'étendue des environs d'Istanbul. Pour ces recherches, le bassin du ruisseau d'Arnavutköy fut choisi. Une étendue de 10 % de ce bassin forme un terrain de culture qui fournit la majeure partie des sédiments en suspension dans le dit ruisseau.

La grande partie du débit annuel se produit en hiver et au début du printemps. Les sédiments en suspension augmentent en hiver et diminuent en été où les précipitations ne sont pas abondantes. La concentration des sédiments en suspension baisse par l'augmentation du débit, due à la quantité d'eau de provenance forstière. La quantité de sédiments en suspension varie de 0.69 à 11.96 tonnes par jour, ce qui correspond à la variation du débit de 50 lt/sec. à 1000 lt/sec.

La concentration de certaines matières chimiques telles que Ca, Mg, Fe, HCO<sub>3</sub>, et SO<sub>4</sub>, baisse par l'augmentation du débit en hiver et au début de printemps. Les coefficients de corrélation et de régression du débit par rapport aux sédiments en suspension et certaines matières chimiques susmentionnées sont significatifs.

## L i t e r a t u r e C i t e d

- Guy, H.P. 1969: Laboratory Theory and Methods for Sediment Analysis. Chapter 1, Book 5, pp. 11. U.S.D.I., U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 20402.
- Klein, L. 1959: River Pollution. I. Chemicals Analysis Academic Press Inc., London, pp. 116.
- Klein, L. 1962: River pollution. II. Causes and Effects. Butterworths, London, pp. 152.
- Ozyuvacı, N. 1971: Hydrologic Characteristics of the Arnavutköy Creek Watershed as Influenced by Some Plant-Soil-Water Relations. I.U. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt XX, Sayı 2, pp. 194.
- Rothacher, J., Dyrness, C.T. and Fredriksen, R.L. 1967: Hydrologic and Related Characteristics of Three Small Watersheds in the Oregon Cascades. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, pp. 29.

# INFLUENCE OF VEGETATION ON SOIL CONSERVATION IN THE MEDITERRANEAN CLIMATIC ZONE

Borka Rula  
Predag Stefanović

"Jaroslav Černi" Institut for Development of Water Resources  
Beograd, Yugoslavia

## 1. I n t r o d u c t i o n

On the Abrami Experimental Station, situated 4 km northwest of Buzet in Istria (Fig. 1), set up on 25 June 1956, experiments are being carried out with modern biological measures for soil development and erosion control. Observation of quantitative indices of erosion sediment production was started in 1970 with the construction of water and sediment gauges.

## 2. E n v i r o n m e n t a l   c o n d i t i o n s

The experimental area is 23 hectares, facing southeast. The relief is very pronounced. Deep-cutting ravines add to the prominence of land forms where erosion has left deep marks in the soil cover and vegetation.

The specific feature of this area is above all its basement.

Eocene Flysch consists of marly sediments with calcareous limestone intercalations of various thickness. Horizontal bedding of the deposits decreases the permeability of the basement, hinders root penetration and, consequently, percolation of water, which intensifies the surface runoff. The negative effect of pluvial erosion is visible on the basement, manifested as degradation of soil and vegetation.

Eluvial Brown Calcareous Soil under vegetation, slightly skeletal, deep, fresh, low acid to alkali (pH 7 - 8).

Development of degradation forms is associated with the regressive vegetation stage, its destruction, and denudation. Upper layers are eroded down to the original substratum in ravines.

The analysed eroded soils are poor in nitrogen (0.02-0.08). A higher humus content is noted only in surface soil under forest (8.04 %). A great influence of the basement is manifested in the presence of  $\text{CaCO}_3$  (29.92 - 39.48 %) in eroded areas.

Mechanical properties of the soil are a significant parameter in the erosion process, as they determine its stability against the destructive force of water. The prevailing component of the soil here is fine sand (0.2 to 0.02 mm). Total sand to total clay ratio is rather uniform, within the range 32.4-67.6. Clay is higher in the surface layer (50.7-67.6 %). Bulk density increases with the soil degradation within the range 1.18-1.92  $\text{g/cm}^3$ . Specific gravity varies within 2.60-2.77  $\text{g/cm}^3$ . Porosity is 30.2-54.7 %. The surface layers are more porous. A high Darcy permeability is found for the top, well preserved soils ( $9.5 \times 10^{-5}$  cm/sec) while the degraded and shallow soils are characterised by moderately high permeability ( $1.5 \times 10^{-4}$  to  $1.9 \times 10^{-5}$  cm/sec).

This region is exposed to the conflicting influences of the maritime and continental climates. The humid climate is designated by index  $B_2$  after Thornthweit. Mean annual air temperature is  $11.9^{\circ}\text{C}$ . The registered daily maximum, on 7 September 1973, was  $36.5^{\circ}\text{C}$ , and the minimum, on 29 November 1973,  $-8^{\circ}\text{C}$ . The range of annual precipitations is 670-1597 mm. Rain is abundant during the vegetation period, falling as storms. The highest rainfall rate registered was 1.92 mm/min in 1973. Prevailing winds are from the N-NW and S-SW quadrants. Average speeds vary from 1.2 m/sec to 2.6 m/sec. During the winter the bora (north wind) blows at nearly 3.6 m/sec. This gusty wind reduces the temperature, carries off fine soil particles, speeds

up weathering of the base rock and, consequently, contributes to soil erosion. The south wind is equally frequent through the year.

Vegetation cover is one of the most significant factors in the complex of human efforts to control erosion. The state of the vegetation and the dynamics of its development are regressive, beginning with *Carpinetum orientalis croaticum* and ending with *Seslerietostricum caprinetosum orientalis*, with further degradation to the association of low shrub plants (*Saturei*). The species encountered in the preserved forest enclaves are: *Carpinus orientalis*, *Quercus lanuginosa*, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Acer monspessulanum*, *Pinus pinaster*, *Quercus cerris*, *Cotinus coggyria*, *Juniperus communis*, *Ligustrum vulgare*, *Rhamnus rupestris*, *Lonicera caprifolium*, *Rubus* sp., *Ruscus aculeatus*, *Sesleria autumnalis*, *Chrysopogon gryllus*, *Brachypodium pinnatum*, *Centaurea bracteata*, etc.

The underbrush of this association usually has an open stand, with prevailing grasses, among which *Chrysopogon gryllus* stands out.

A more mesophyllic association lives in small depressions where soil retains the moisture longer (*Carpinus betulus*, *Acer campestre*, *Cornus sanguinea*, etc.). Dominant plants in the vegetation of rocky ground are *Satureia montana*, *Teucrium montanum*, *Sanguisorba minor*, *Dorycnium germanicum*, *Eryngium amethystinum*, and in places *Helichrysum italicum*.

In addition to the natural associations, special attention in the research has been given to the planted erosion control cultures. The protective function of these cultures lies in:

- control of soil erosion
- control of surface runoff.

Characteristics of vegetation and soil of the erosion plots are given in Table 1.

Erosion plot No.	Type of substratum	Vegetation	Plot area (m <sup>2</sup> )	Gradient (%)
1.	stratified flysch	denuded	15.08	85
2.	shallow brown calcareous soil	degraded	84.75	65
3.	deep calcareous soil under forest	thinned forest	93.25	44
4.	pedological levels disturbed	Pinus nigra with brush	102.41	59
5.	very shallow and degraded soil	dwarf pine	98.57	30
6.	pedological levels disturbed	Pinus nigra	122.77	27

### 3. Measurements and Observations

Systematic observation of erosion production in dependence on vegetation coverage was started in 1970. The results for soil loss due to water erosion are shown in Table 2.

Plot No.	Observation year m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>				Period 1970-1974 in m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
	1970/71	1971/72	1972/73	1973/74	
1.	9,765,0	9,525,0	9,540,0	11,385,0	10,053.0
2.	889.3	612.0	734.0	744.8	745.0
3.	3.9	1.4	0.8	0.3	1.8
4.	28.7	1.5	0.6	0.3	7.7
5.	167.6	76.5	63.7	32.9	85.1
6.	28.9	1.8	0.7	1.8	8.3

The smallest erosion production was least on the representative land under natural forest. The next lowest output, close to the preceding, was from the terraced area under planted *Pinus nigra* and *Spartium junceum*, which is very sturdy widespreading, protecting the soil from wash down (No 4 and 6). The land covered by dwarf and old-looking pine trees (No 5) had the highest sediment output. The denuded areas (No 1 and 2) clearly lead in erosion production.

Plot No.1 exhibits pluvial and thermodynamic erosion which is continuously developing under the influence of variable thermal agents causing cracking and weathering of the base rock. The sediment production caused by precipitations in 1973/74 amounted to only 4164 cubic meters per square kilometer, while the rest was the product of weathering.

A graphical representation of the soil loss (Fig.2) illustrates the variations in sediment production as related to vegetation cover.

Parallel with the soil loss, the surface runoff was observed. For a better understanding of the results it should be noted that the observations were made under natural conditions; only surface runoff was checked neglecting other soil levels and various intercalations of basic rock of nonuniform permeability and water capacity. Specific features of representative areas give various runoff coefficients which vary from 0.023 to 0.406 depending on the vegetation cover and rainfall rate. The mean runoff coefficient is  $K_{mn} = 0.137$ . A graphical presentation of the results is given in Fig. 3.

Very close to these were the runoff values for the land covered with natural forest or those planted on terraces with pine (3,4 and 6) while much lighter runoff was found for denuded land or land with poor vegetation cover. The greater the runoff, the heavier wash down and loss of soil and hence of productivity.

## C o n c l u s i o n

The influence of vegetation in erosion control is great. It helps cut down runoff and wash-down of soil-particles which contain much nutrients and as such directly influence the productivity of the soil. Erosion is one of the most serious hazards for the human environment. Since vegetation is one of main measures for controlling it, its function in the present conditions becomes even more significant, along with the measures for preserving and increasing soil potential and safeguarding of all human achievements, and above all of man.

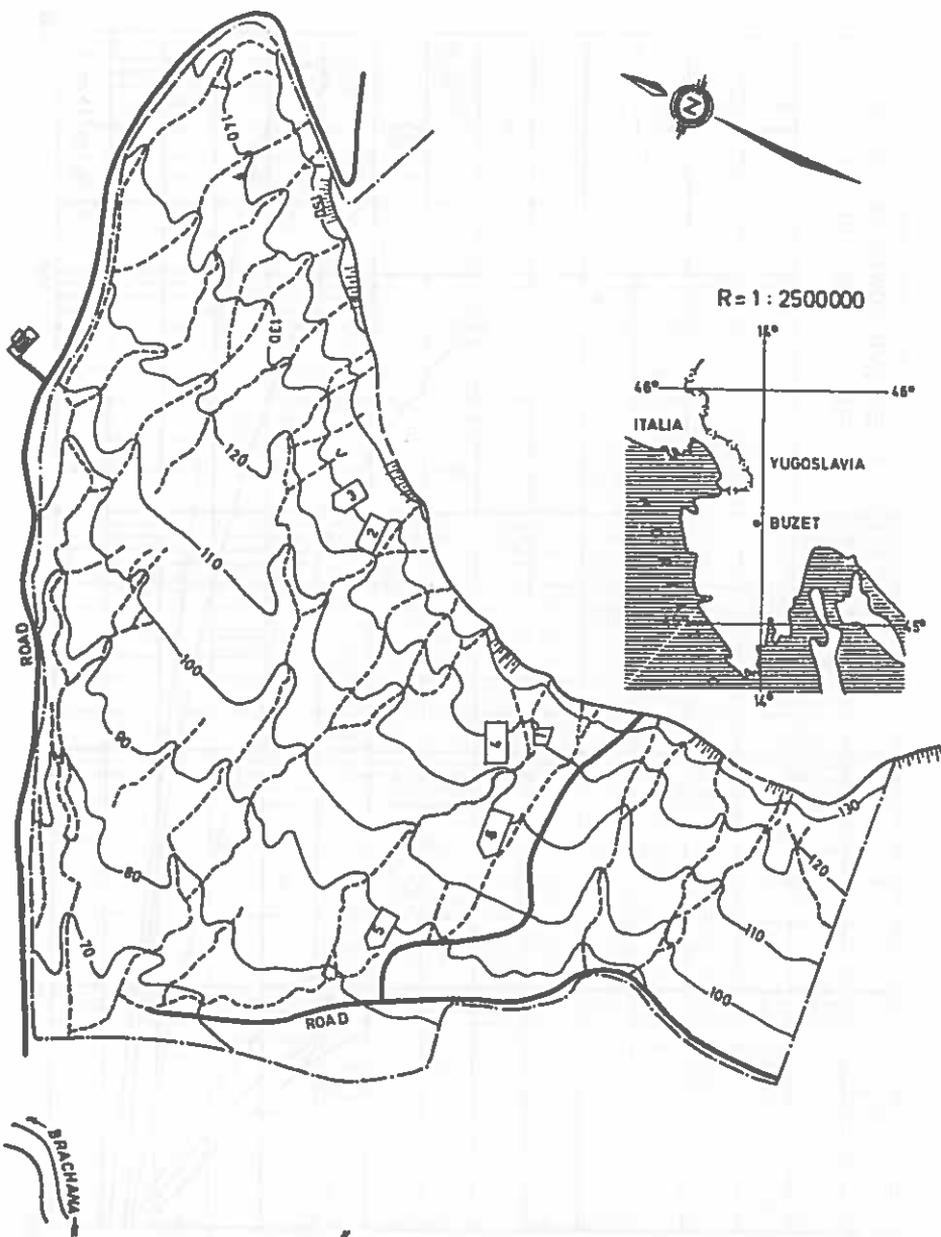


FIG.1 - ABRAMI EXPERIMENTAL STATION AT BUZET

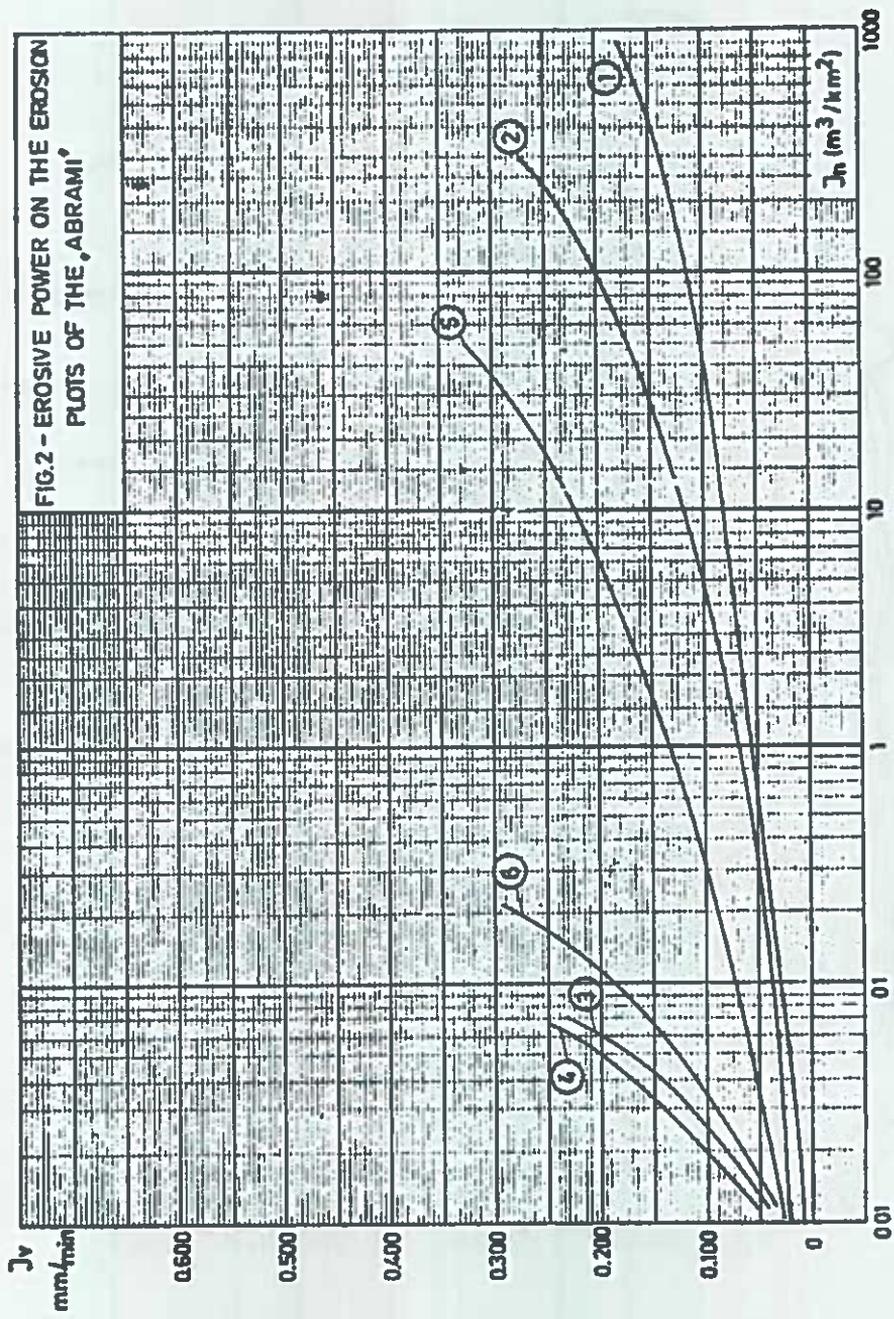
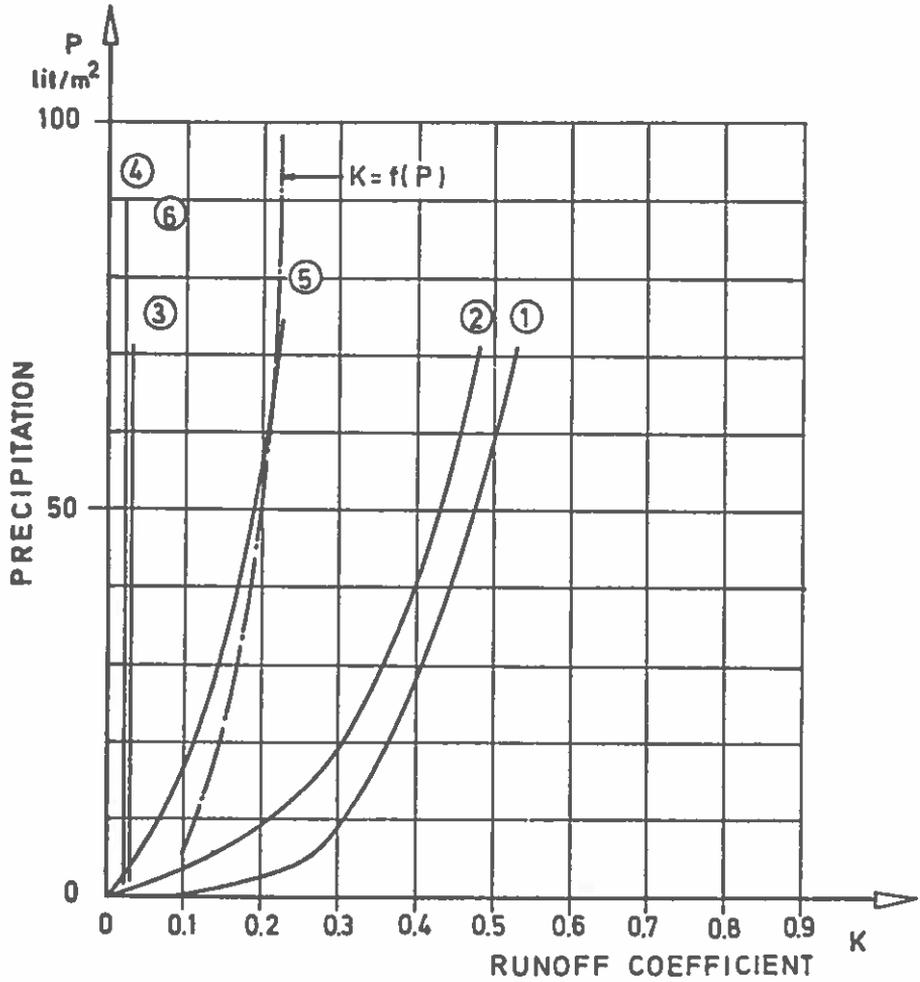


FIG.3 - RUNOFF COEFFICIENT IN RELATION TO PRECIPITATION AND VEGETATION





# MORPHOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN IN DEN HOHEN TAUERN

Horst Schaffhauser

Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung,  
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Österreich

## 1. Einleitung

Dieser Bericht gibt einen Auszug aus einer am Institut für Geographie II (Prof. Dr. S. Morawetz) an der Universität Graz approbierten morphologischen Dissertation über Hang- und Wanduntersuchungen in der Reißbeckgruppe in Kärnten (Österreich, Hohe Tauern) wieder. Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil wird eine Hanganalyse anhand einer fünffach vergrößerten Karte 1: 50 000 nach der modernen morphologischen Methode mit Hilfe eines morphometrischen Rechenprogrammes durchgeführt (G. Kraijcek, 1973).

Der zweite Teil bringt Detailuntersuchungen an Rinnen, Blaiken, befaßt sich mit Bewegungen im Lockermaterial, Felsgleitungen, Sackungs- und Hangzerrungserscheinungen. Weitere Aussagen erfolgen über die NE-Wand der Hohen Leier (2774 m) und die N-Wand des Großen Reißbeckes (2965 m). Solifluidale Schuttbildungen und Blockgletscher sind ebenfalls in die Untersuchungen miteinbezogen.

## 2. Lage, Geologie und Klima

### 2.1. Lage

Die Reißbeckgruppe ist der südöstliche Teil der Hohen Tauern und hängt durch die Mallnitzer-Scharte (2678 m) mit der Hochalmspitzgruppe zusammen. Die höchsten Gipfel erreichen hier gerade nicht mehr die 3000 m-Grenze (Reißbeck 2965 m, Zaubernock 2944 m).

Das Malta-Liesertal im Osten bzw. Südosten, das Mölltal

im Süden und Westen, sind die bestimmenden Tiefenlinien. Es handelt sich hier um ein äußerst schwach vergletschertes Kargebirge (Zaubernockkees,  $0,25 \text{ km}^2$ ). Für die gesamte Gruppe, die S. Morawetz (1930) großmorphologisch untersuchte und J. Stiny (1925, S. 254-275) in Hinsicht auf die Klüfte behandelte, liegen keine Arbeiten vor, die sich aus geomorphologischer Sicht speziell mit Hang- und Wanduntersuchungen beschäftigen. H.R. Pirkl (1972, S. 268-280) konnte anhand von Gefügeumprägungen im Bereich der Schieferhülle die Instabilität der mölltalseitigen Reißbeckhänge, bedingt durch glazigene Unterschneidung nachweisen.

## 2.2. Geologie

Angel und Staber (1952) nahmen die nördlichen Randbereiche geologisch auf, Ch. Exner die östliche (1954) sowie die westliche Randzone (1956). Weiters existieren zahlreiche Untersuchungsergebnisse, besonders baueologischer Art, die beim Kraftwerksbau und während der Trassenverlegung der Österreichischen Bundesbahnen auf der Tauernstrecke gewonnen wurden. Im Rahmen des "Oxford East Alpin Research Project" wurde von einem angelsächsischen Geologenteam (R.A. Chliff, R. J. Norris, E. B. Oxburgh, R. G. Wright) in den Jahren von 1962 bis 1969 eine geologische Karte der Reißbeckgruppe aufgenommen. Weiters wurden Untersuchungen in bezug auf Tektonik und Metamorphose durchgeführt, wobei für die geochronologischen Forschungen isotopische Altersbestimmungsmethoden verwendet wurden. Veröffentlicht wurde die Karte (im Maßstab 1 : 25 000) als Beilage im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (1971, Bd. 114, Heft 2). Nach diesen neuesten Forschungsergebnissen tritt hier eine Gliederung in drei Einheiten auf. Der Zentralgneis im Verband von Granodioriten und Tonaliten im Bereich der Pfaffenberger Nöcke und Zwenberger Seen. Es folgt die "Innere Schieferhülle" mit ihren Bändergneisen, Amphiboliten und Schiefergesteinen. Diese beiden Serien bilden den sogenannten Basalkomplex, auf den die "Periphere Schieferhülle" teilweise angelagert oder auf-

geschoben erscheint. Besonders charakterisiert ist die periphere Schieferhülle durch ihr aberrantes NO-Fallen der Lithoeinheiten zwischen Kaponiggraben und Mühldorfergraben. Diese Hüllserie umfaßt vor allem Grünschiefer, Kalkschiefer, phyllitische Schiefer, Quarzite und die Sonnblick-Gneis-lamelle.

Umrahmt wird die südöstliche Ecke des Tauernfensters im Westen der Reißbeckgruppe durch das Altkristallin (Oberostalpin) der Kreuzeckgruppe. Die Mölltallinie trennt mit scharfer Zäsur beide tektonischen Einheiten voneinander. Durch glaziale und postquartäre Ablagerungen ist die Grenze zwischen beiden tektonischen Einheiten verwischt. Im Osten zieht sich eine schmale Zone Unterostalpin nach Süden hin, biegt nördlich von Spittal/Drau in westliche Richtung um, wo sie dann im Bereich Mühldorf zwischen der peripheren Schieferhülle der Reißbeckgruppe und dem Altkristallin der Kreuzeckgruppe auskeilt.

### 2.3. Klima

Abgeschirmt im Norden und Nordwesten durch den Alpenhauptkamm, im Süden durch die Karnische Hauptkette, zeigt das Untersuchungsgebiet sowohl spezifisch zentralalpine Merkmale, wie auch südalpine Einflüsse. Auskunft über die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse geben Kolbnitz (630 m), Obervellach (675 m) als Talstationen und Mallnitz (1186 m), die Station Reißbeckhütte (2290 m) als Höhenstation über das Verhalten dieser beiden wichtigen meteorologischen Faktoren. In Kolbnitz erreicht die Jahresamplitude der Temperatur  $20,7^{\circ}$  C, in Mallnitz nur mehr  $18,4^{\circ}$  C und im Bereich Station Reißbeckhütte liegt der Wert bei ungefähr  $16^{\circ}$  C. Da die höchsten Gipfel nahe an die 3000 m-Grenze heranreichen, sei noch interessehalber der Wert für den Temperaturgradient zwischen 2500 m und 3000 m erwähnt. Im nahe gelegenen Sonnblickgebiet beträgt dieser Gradient cirka  $0,6^{\circ}$  und die Jahresamplitude erreicht  $14,4^{\circ}$  C. Der Jahresgang der Niederschläge zeigt ein sekundäres Maximum im Oktober sowohl

für Kolbnitz als auch für die Station Reißbeckhütte, während das Maximum für Bad Gastein um ein Monat, auf November verschoben erscheint. H. Wakonigg (1972, S.79) zeigt anhand der Häufigkeit der Niederschlagswirksamkeit der ostalpinen Wetterlagen beiderseits des Tauernhauptkammes die Gründe für den Verlauf des Jahresganges der Niederschlagsmengen. Daraus resultiert eine starke Begünstigung der Tauernsüdseite im Frühjahr und Sommer, während der Norden im Herbst witterungsmäßig bevorzugt erscheint. Zu den klimamorphologisch bedeutsamen Faktoren zählen in dieser Höhenlage die Schneeverhältnisse, die Zahl der Frosttage und Frostwechseltage. Im Mölltal am Beispiel von Kolbnitz (630 m) ist die Zahl der Tage mit Schneebedeckung 78, die Summe der Neuschneehöhe beträgt 138 cm. In Teuchel (1260 m) beträgt die Anzahl der Tage mit Schneebedeckung bereits 118, während die Summe der Neuschneehöhe 304 cm erreicht. Im Bereich der Reißbeckhütte (2290 m) zeigt sich besonders deutlich die Erscheinung der Niederschlagszunahme in vertikaler Richtung. 225 Tage dauert hier die Schneebedeckung an (11.10. bis 14.6./1950/51 - 1959/60), die Summe für die Neuschneehöhen erreicht einen Wert von 860 cm.

Die angegebenen Werte wurden den Veröffentlichungen des Hydrographischen Dienstes in Österreich "Beiträge zur Hydrographie in Österreich", Heft 38, 263, 393-395 (1964) entnommen.

### 3. Ausgewählte Beispiele von Massenverlagerungen im Untersuchungsgebiet

#### 3.1. Denudative Formungselemente

Die starke Differenzierung der denudativen Formungselemente, angefangen im Mikrobereich bis zu großflächigen Erscheinungen macht es praktisch unmöglich, eine genaue Systematisierung innerhalb dieses Gesamtkomplexes in ihrer

Wirkung auf die Hangformen durchzuführen. Allein der Einfluß verschiedener klimatischer Höhenstufen führt zu großen Veränderungen in der Dynamik der denudativen Vorgänge.

### 3.2. Bewegungen im Lockermaterial

Solche Bewegungsvorgänge in Form von Rutschungen und Absackungen lassen sich entlang der Böschungskanten von v-förmigen Einschnitten in den Schwemm- und Murenkegeln des Rieken-, Zwenberg- und Kaponiggraben wie an den mölltal-seitigen Hängen laufend beobachten. Gerade an den konvexen Kanten kommt es nach starker Durchfeuchtung zu Absitzer-scheinungen und Kantenversetzungen. An Hängen mit mächtigen glazialen Ablagerungen erfahren diese bei genügender Durchfeuchtung, Rutschungsvorgänge, die sich auf mehrere Zehnermeter erstrecken. Bei diesen Erscheinungen handelt es sich vorwiegend um kleinräumige, aber deutlich gegliederte Bewegungsvorgänge. Sie treten weiters gehäuft in nächster Nähe von Quellnischen und Durchfeuchtungszonen auf. Die Neigungsverhältnisse der Hänge innerhalb sich diese Vorgänge abspielen, schwanken zwischen  $20^{\circ}$  und  $35^{\circ}$  und sind besonders an den mölltal-seitigen Hängen des Reißbecks vereinzelt bis auf eine Höhe von 1500 m zu beobachten.

### 3.3. Massenverlagerungen im Bereich von Mur-, Uferanbrüchen und Feilenbrüchen

An zahlreichen Stellen in der Reißbeckgruppe sowohl im moränenverhüllten Gelände unter und oberhalb der Waldgrenze, an den Schutthalden der Wände, trifft man immer wieder auf Murengänge und Geschiebemuren. Die Murenkanäle überwinden, nur um ein Beispiel zu nennen, an der Südflanke der Hohen Leier (2774 m) 350 Höhenmeter und gehen in einen mächtigen Muren- und Lawinenkegel am Talschluß des Hintereggengrabens über. Dieser Murenkanal dient im Frühjahr periodisch immer wieder als Bewegungsbahn von Frühjahrslawinen und erfährt durch sie eine gewisse Glättung. Blatt-, Uferanbrüche und Feilenbrüche fungieren nach J. Stiny (1910, S.31) als Son-

derformen von Anbrüchen in vorwiegend feinem Akkumulationsmaterial, während die Blaiken, vielfach auch als Riepen bekannt, eine Denudationsform darstellen, die sich im Felsbereich entwickelt. Uferanbrüche trifft man auffallend oft im Übergangsbereich vom breiten Hochtalboden zum eng ansetzenden Kerbtalrelief zwischen 1500 und 1600 m der zum Mölltal hin entwässerten Gräben. In der mit fluvioglazialen Material verklebten Basis der Talhänge ereigneten sich während der Hochwasserkatastrophen in den Jahren 1965 und 1966 derart kräftige Unterschneidungsvorgänge, die zahlreiche Uferanbrüche zur Folge hatten. Am Beispiel der Anbruchserie nahe der Zwenberger Alm (1638 m) soll auf die Folgen eines typischen Uferanbruches näher eingegangen werden. Das intensive Zurückschneiden des Zwenbergbaches in den Hochtalboden führt zu einer Reduzierung und Verengung des breiten Talbodens (1,2 km Länge, 3° Neigung) und Talflankenversteilung. Entlang der Gefällsstufe (12°) reihen sich Uferanbrüche aneinander. Diese verzahnen sich unter Einbeziehung der Murenkegel der in das Tal einmündenden Rinnensysteme. Die tiefgründigen, den Granitgneis örtlich freiliegenden Rutschungen sind ihrer Morphologie nach in mehrere Abschnitte gegliedert. Dem Profil nach setzen sich deutlich drei Abschnitte ab, die durch ihre Neigungsverhältnisse und Länge charakterisiert sind. Maximale Neigungswerte findet man im Abrißnischenbereich (50°) und im Einschnitt des Zwenbergbaches (45°). An der Basis liegt das noch nicht bewältigte Akkumulationsmaterial, in welches sich der Bach mit scharfem konvexen Knick eingeschnitten hat. Derzeit ist dieser mit dem Abtransport der Akkumulationsmassen beschäftigt und es ist ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen Tiefen- und Lateralerosion des Zwenbergbaches eingetreten, solange das Material des Uferanbruches nicht weggeschafft ist. Vom Einschnitt weg verläuft das Profil auf einer Länge von 70 m schwach konvex, geht hierauf im freigelegten Anstehenden mit scharfen konkaven Knick in die Abrißnische über, die sich im Locker- und Hangschuttmaterial befindet. Das Material selbst stammt von einer postglazialen Moräne,

welche aus den nordwest-exponierten Karen des Dornecks (2658 m) und Adelkopfes (2495 m) in Zusammenhang gebracht werden kann. Der seitliche Einfluß dieser im Talsohlenbereich bewaldeten Moräne verursachte eine Talverbauung und Anpressung des Moränenmaterials am Gegenhang. Die feinsandigen Ablagerungen innerhalb dieses Walles, die durch seichte Abrutschungsvorgänge im Rasenbereich freigelegt wurden, lassen den Schluß zu, daß durch diese Moräne kurzzeitig ein Stausee gebildet worden ist.

Im Uferanbruch treten kleinmorphologische Aktivitäten zu Tage, die sich spezifisch an den Arbeitskanten der konkaven Umrahmung des Denudationsraumes und im Akkumulationsgebiet ereignen. Kleine Nachrutschungen und Rachelbildungen beginnen den Rand aufzulösen und zu perforieren. Nachträglich können randliche Zonen mit der kompletten Rasendecke abgleiten, ohne daß es zu einer Durchmischung des Materials kommt. Daß die Rasendecke im Verband erhalten werden kann, findet ihre Ursache wohl in den Neigungsverhältnissen und damit im Zusammenhang mit der Geschwindigkeit des Bewegungsablaufes. Die Bewegungsbahnen bei diesen Abgleitungen sind wesentlich kürzer als im vorausgegangenen Uferanbruch. Im Grunde genommen sind diese Nachbrüche ein Durchgangsstadium bzw. Endstadium in der Entwicklung von Uferanbrüchen bis zu ihrer Stabilisierung.

#### 3.4 Blaiken

Grundsätzlich treten Blaiken im Untersuchungsgebiet sowohl an der Basis der Talhänge, wie auch an den höheren Hangbereichen auf. Ein grundlegender Unterschied hinsichtlich ihrer Entwicklung ist aber in ihrer Dynamik zu beobachten. Zu den Unterschneidungsvorgängen an der Basis der unmittelbar vom Talbach ausgelösten Vorgänge gesellt sich noch der Einfluß von der Seite hinzu, während die an höhere Hanglagen geknüpften Formen der Tiefenerosion entzogen sind. Diese Umstände führen zu einer räumlich verschieden gearteten Entwicklung. Innerhalb der basisnahen Formen treten bedeutende

Eintiefungen auf, während die häufig an Rinnen und Rinnenvergabelungen geknüpften Formen seichte Vertiefungen im Gelände bilden. Zunächst wird auf die Blaikenentwicklung nahe der Erosionsbasis eingegangen. Die Blaikentätigkeit setzt meist dort verstärkt ein, wo durch rasches Einschneiden und Unterschneiden der Seitenhänge maximale Böschungsverhältnisse geschaffen und überschritten werden, die tektonisch bedingt vorhandene Instabilitäten reaktivieren. Nach Austräumen der fluvioglazialen Verkleidung erfolgt der eigentliche Prozeß der Blaikenentwicklung. Mylonitzonen, starke Klüftigkeit, sind Angriffspunkte einer beginnenden Blaikenentwicklung. Mit einer ausgeprägten, randlichen hufeisenförmigen Arbeitskante wird das Blaikenareal nach oben hin begrenzt. Innerhalb des Denudationsraumes schalten sich dellenartige, zu Erosionstrichtern erweiterte Rinnen in den Felsbereich ein. Bei diesen Vorgängen werden Felspfeiler und Bastionen herauspräpariert. Dort, wo die Erosionstrichter in mächtige Schutthorizonte eingreifen, nimmt die Blaikenbegrenzung einen relativ ruhigen konkaven Verlauf, während sie im Anstehenden auffallend mit dreiecksförmigen Buchten in den Felskörper eingreifen, in dem sie sich mit dem Hintergelände verzahnen. Häufig sind diese vorerwähnten Felsbastionen durch kurze, steile Verbindungsgrate mit dem Blaikenrand verbunden. Bei geringer Gesteinswertigkeit oder intensiver hangtektonischer Beanspruchung sind diese Felsvorsprünge aufgelöst und abgetragen. Durch die Nähe der Erosionsbasis erfolgt ein rascher Abtransport des angelieferten Materials, sodaß die Dynamik der Blaikenentwicklung immer wieder von neuem beschleunigt wird, der aus diesem Grunde eine große Bedeutung für die Hanggestaltung zuzuschreiben ist. Dieser permanente Abtransport verhindert, daß die Blaiken in ihrem eigenen Akkumulationsmaterial ertrinkt und inaktiv wird, wie es entlang inaktiver Schmelzwasserinnen ehemals vergletscherter Einzugsgebiete häufig angetroffen werden kann. Der vorwiegend mechanisch aufbereitete Schutt wird gravitativ abtransportiert, teilweise, zeitlich

begrenzt, aus dem aufgelockerten Gesteinsverband herausgespült. Auffallend ist ebenso das Vorherrschen dieser Formengruppe an den S- bis SE-exponierten Talhängen. Durch die in der ersten Phase der Blaikenaktivität vorherrschende Hangversteilung kann sich keine allzu mächtige Schneedecke halten und somit apert diese Areale, begünstigt durch ihre Exposition rasch aus. Oberhalb der Blaike vermag sich die Schneedecke über einen längeren Zeitraum zu halten und mit ihrem Schmelzwasser die Klufträume auszufüllen und somit die Dauer der Intensität der Frostsprengung zu verlängern. Während der Sommerperiode tritt die Steinschlagstätigkeit mehr in den Hintergrund, während fein vergrustes Material ausgespült wird. Im Herbst mit Wiedereinsetzen des Frostwechsels beginnt die Steinschlagstätigkeit wieder im vollen Umfang. Anhand statistischer Reihenuntersuchungen von Blaikenprofilen zeigt E. Stocker (1971, S.172) sehr interessante Ergebnisse in Bezug auf die Einwirkung der Blaike auf die Hanggestaltung auf. Die Variablen der Blaikenentwicklung nehmen im Streudiagramm einen annähernd hyperbolischen Verlauf, man kann darauf sehr schön die Abnahme des Maximalabschnittes bzw. dessen Höherwandern mit zunehmender vertikaler Entwicklung der Blaike beobachten. Diese lokalen Ergebnisse stimmen überraschend genau mit der W. Penckschen (1924, S.112-113) Hangentwicklungstheorie überein. Im Untersuchungsgebiet der Reißbeckgruppe kann immer wieder die Beobachtung gemacht werden, daß primär Feilenbrüche einsetzen, in deren Folge es dann zu Blaikenaktivitäten entlang von tektonischen Linien oder im Bereich von Hanginstabilitäten kommt. Aus diesem Grund sind Blaiken mit größeren Eintiefungsbeträgen und räumlicher Ausdehnung häufig als Indikatoren für tektonische und morphologische Inhomogenitäten zu verwenden. An den Talausgängen der vier mölltalseitigen Täler der Reißbeckgruppe regulieren Blaikenaktivitäten die Talweite und diese Vorgänge werden im nachfolgenden näher untersucht werden. Wie überhaupt die SE-SW exponierten Hänge der SW-streichenden Nebenkämme des Untersuchungsgebietes, das heißt, insbesondere die

Hänge an den Talausgängen durch ihre Glatthangstruktur ausgezeichnet sind, nimmt die Entwicklung und Anlage seichter Blaiken eine wichtige Stellung als morphologisch wirksames Gestaltungsmoment ein. Der Hang Sickerkopf SE wird durch das Vorherrschen seichter Blaikendynamik in Verbindung mit Solifluktionerscheinungen geprägt. Dieser Hang liegt senkrecht zur Streichrichtung und eine bei 1800 m deutlich vorspringende Konvexität, wie Zerrungswälle und offene, isohypsenparallele Klüfte beweisen die große Instabilität des Gehänges. In den Hang ist eine Spülrinne eingekerbt, in deren Verlauf es sowohl zu seitlichen Erweiterungen als auch zur Tieferlegung der Rinne kommt. Das seitliche Ausgreifen erfolgt wiederum durch eine Reduzierung der Neigungsverhältnisse der Rinnenböschung und Abschrägung der Begrenzungskanten. Durch diese flächenhafte Entwicklung gelangen örtlich isolierte Blaiken untereinander in Verbindung und lösen den geschlossenen Rasenverband auf.

An Hängen mit Höhenlagen über 1800 m und Neigungsverhältnissen zwischen  $25^{\circ}$  und maximal  $35^{\circ}$  spielen diese Vorgänge eine dominante Rolle. Dies gilt insbesondere für die Hangbereiche, die Anteil an der äußeren Schieferhülle haben, wo Kalkglimmerschiefer und Kalkphyllite vorherrschen, also Baumaterialien mit geringerer morphologischer Wertigkeit. Das Aufreißen der Vegetationsdecke erfolgt meist an steileren Hangabschnitten und ist wohl als Folge beschleunigter Bewegungsvorgänge im Schuttbodenhorizont durch solifluidale Bewegungsvorgänge, aber auch im Zusammenhang mit gravitativer Absackung nach Dauerdurchfeuchtung des Bodens zu erklären. Die vom Boden entblößten Areale gelangen dadurch in den unmittelbaren Angriffsbereich der physikalischen Verwitterung und es setzt darauffolgend sofort die mechanische Aufbereitung des Anstehenden ein. Es greifen bei diesen Vorgängen somit zwei denudative, aber voneinander in genetischer Beziehung verschieden geartete Prozesse, mit dem Endziel einer rezenten Glatthangbildung ein. Das heißt, die Blaike zerstört den einheitlichen Vegetationsverband, während die Solifluktion

im Zusammenhang mit Kammeisbildung und Rasenabschälung forciert wird. Verläuft nun im Falle des Hanges Sickerkopf SE eine Gesteinsgrenze zwischen Kalk- und Glimmerschiefer und Amphibolith in Verbindung mit einer NW-SE streichenden steil einfallenden ( $50 - 70^\circ$ ) Störung, so überprägt das lineare Element die flächenhafte Entwicklung. Die Tätigkeit dieser Blaikentype muß als eine komplexe betrachtet werden, wie dies schon vorher erwähnt worden ist. Bei bestimmten geologischen und tektonischen Bedingungen kann dieser Blaikentyp, wie es auch E. Stocker (1971, S. 104) beobachten konnte, durch seine Dynamik zur Initialgenese für ein sich später entwickelndes Rinnensystem hinüberleiten. Im Grunde genommen haben wir das Phänomen eines Gleichgewichtszustandes zwischen verschiedenen morphodynamischen Faktoren vor uns. Abgesehen von bestimmten geologischen Verhältnissen wird zuerst durch die seichte Blaike das Material aufbereitet und durch die subnivalen und periglazialen äquivalenten Abtragungsmechanismen, je nach den Neigungsverhältnissen mehr oder weniger schnell in Bewegung gesetzt. Gleichzeitig wird durch den Einfluß von oben ebenfalls Material durch dieselben Vorgänge herangeschafft, und somit ein bestimmter Ausgleicheffekt hervorgerufen. Natürlich kann während Katastrophensituationen, wie dies in den Katastrophenjahren 1965, 1966, der Fall war, der solifluidale Schuttmantel durch Murentätigkeit in Bewegung gesetzt werden. Die Muren benützen in diesem Zusammenhang häufig Spülrinnen als Bewegungsbahnen und somit gelangt das in Bewegung geratene und mitgerissene Material durch diese Murenkanäle oft bis zur Basis der Talhänge herab. Solche Vorgänge und Entwicklungen konnten am Beispiel der mächtigen Murenkegel, die an den Rinnenmündungen in den Seitengraben des Untersuchungsgebietes ansetzen, immer wieder beobachtet werden.

#### 4. Die Rinnensysteme an den SE - Hängen im Kammverlauf Kampleck (2522 m) - Gaalmonigspitze (2788 m)

Der Kammverlauf liegt hier quer, annähernd senkrecht zum Streichen und der mölltalseitige Hang taucht parallel mit den s-Flächen ab. Die starke Wechsellagerung der Serien im Kammgebiet in Verbindung mit einem ausgeprägten Kluftsystem ergibt unter Einwirkung glazial wirksamer Faktoren in den NW-NE Sektoren des Gehänges Wandbildungen, während die SE-SW Sektoren durch Glatthangbildung im Talausgangsbereich vorherrschend sind. Diese Situation ändert sich schlagartig beim Übergang vom Kerbtalbereich zum Hochtalboden hin. Hier setzen in mittleren Abständen von 250 m Rinnensysteme ein, die einen auffallenden Wandel im Landschaftsbild herbeiführen. Die Grenze dieses Formenwandels liegt unmittelbar im Übergangsbereich stabiler und instabiler Hänge, nämlich dort, wo die s-Flächen nicht zum Tal hin, sondern bergwärts einzufallen beginnen. Im stabilen Bereich herrscht das lineare Element vor. Durch die Einsattelung im Kampleckgipfel verläuft eine ausgeprägte Störung in NS-Richtung, die sich mit einer weiteren NW - SE streichende Störung überkreuzt. Im Schnittpunkt beider schwenkt die Rinne im SW - Gehänge des Kampleckgipfels in Richtung der NS - Störung ein und mit ihr der gesamte Erosionstrichter. Im mittleren Hangbereich geht das steile Fallen der Gesteinsschichten in eine saigere Lagerung über und in Verbindung mit der Hangauslage senkrecht zur Streichungsrichtung des Gebirges, ergibt dies eine eindrucksvolle symmetrische Einzelrinnenanlage, die schnurgerade ohne Verzweigungen vom Riekenbach (1300 m) bis zum Umlenken der Rinne in etwa 2100 m Höhe hinaufzieht. Im Konkavsektor der Rinne beträgt die maximale Eintiefung gegenüber den begleitenden Trennungen 150 m. Trotz des großen Einzugsbereiches (0,9 km<sup>2</sup>) und steilen Neigungsverhältnissen sind die Erosionserscheinungen eher unbedeutend. Es handelt sich hier um einen der typischen Lawinenhänge, die durch Lawinenabgänge besonders

im Frühjahr durch Naß- und Grundschnelawinen mehr Glättung, also flächenhafte Überformung, als linearen Angriff erfahren. Die Umrahmung der Erosionstrichter auf der SE-exponierten Talflanke des Riekengrabens nehmen Vierkantgipfel ein, die durch flache Sattelzonen untereinander in Verbindung stehen. Die Kammstutzen werden interessanterweise schon in beträchtlicher Höhe von Dreiecksfacetten gekappt, deren Basis die heute schon recht verwischte Trogschulter bildet. Im Gegensatz zum Mühldorfergraben, wo die Seitenkämme stellenweise bis auf Höhe der Trogkante herabziehen, ist hier die Entwicklung eingetreten, daß durch die Rinnenaktivität die Areale zwischen den Erosionstrichtern durch sich ständig erweiternde Sammeltrichter aufgelöst werden. Die Großräumigkeit der Erosionstrichter zwischen Kampleck und Dorneck einerseits und Jocheck sowie Galmonigspitze andererseits, man könnte bereits von Karoiden sprechen, erlaubt die Entwicklung eines weit verzweigten Rinnensystems. Die starke Klüftigkeit des Gesteins bedingt neben der sehr großen Blaikenaktivität ein flächenhaftes Zurückverlegen der Erosionstrichter bzw. Karoide. Da die seichten Blaiken ineinander übergehen, verschmelzen die Rinnen untereinander und sie vermögen sich nicht bis zur Sattelzone einzuschneiden und dadurch erfährt die Kammlinie eine geringe Einsattelung zwischen den Vierkantgipfeln.

#### 4.1 Bemerkungen zur Rinnendynamik und deren Auswirkung auf die Hanggestaltung im Untersuchungsgebiet

Das häufig symmetrische Auftreten von Rinnen, H. Kaufmann (1928, S. 280) zählt so wie andere immer wiederkehrende morphologische Erscheinungsformen zu den rythmischen Phänomenen des Reliefs, wie ihre oft eindeutige Dominanz innerhalb der Hanggestaltung, wirft nun die Frage theoretischer Möglichkeiten der Genese und Funktion im Untersuchungsgebiet auf. Rein beschreibend sind es vor allem der Funktion nach die inaktiven und aktiven Systeme, die sich von ihrer Anlage her im genetischen Sinne als fluviatilerosiv

bzw. bei zunehmender Hangversteilung und Klüftigkeit des Baumaterials als denudativ erweiterte Formen einstuft lassen. Dem linearen Verlauf nach kann man von feingliedrig verästelten Gebilden ausgehend, ebenso ungegliederte wie einfache Entwicklungen beobachten. Ein Ausdruck für die Intensität der Rinnenentwicklung ist die Rinnendichte, die ihre maximalen Werte auf Hängen mit Neigungsverhältnissen von  $35^{\circ}$  bis  $50^{\circ}$  erreicht. Neben den geologischen Faktoren, die bisweilen für den Rinnenverlauf bestimmend sein können, muß für die Hanggestaltung vor allem die Art der Materialaufbereitung und des Abtransportes mit ins Kalkül gezogen werden. Die Art der Aufbereitung und des Transportes sind nun aber klimagesteuerte Elemente. Abgesehen von den geologischen Bedingungen ist es interessant, feststellen zu können, daß die Hänge oberhalb der Trogkante mit Hangauslagen gegen den SE- bis SW-Sektor die größten Dichtewerte einnehmen, während die intensiv glazial überformten NE- bis NW-Lagen eine starke Reduzierung der Zerschneidungsdichte erfahren. Dabei darf der Umstand nicht unerwähnt bleiben, daß durch glaziale Bedingungen die Rinnendynamik stark gebremst wird. Bei beginnender Klimaverschlechterung füllen sich die Erosionstrichter und Karoide rasch mit Schnee und Firn auf, die einen ähnlichen Effekt, wie der Schuttmantel auf den sogenannten Panzerhängen zeitigen. Schneedruck im Zusammenhang mit intensiver Lawinentätigkeit tragen weiters zur Glattbildung und Erhaltung der Hänge bei. Das Herabdrücken der klimatischen Schneegrenze schaltet somit die Geschwindigkeit der Rinnenentwicklung weit herab. Das Wiederaufleben der Aktivität der Rinnendynamik setzt nach Höherrücken der klimatischen Schneegrenze (wobei die Karoide und Sammeltrichter vorerst in den periglazialen Bereich gelangen) in den bereits vorhandenen Systemen wieder ein. Die eigentliche erosive Weiterentwicklung beginnt dann wiederum mit den Abschmelzvorgängen. Während des periglazialen Formungsprozesses wird die Rinnenaktivität durch die Schuttbildung stark verzögert und da die Hänge wesentlich steiler sind, wird der zulässige Böschungs-

winkel dauernd überschritten, sodaß das Schuttmaterial flächenhaft teils gravitativ, teils solifluidal hangabwärts befördert wird.

Mit zunehmender Intensivierung der Abschmelzvorgänge tritt dann das lineare Zerschneidungselement wieder in den Vordergrund. Rezent gelangen nur die obersten Teile der Haupt- und Nebenkämme in den periglazialen Bereich, wo expositionsbedingt starke flächenhafte Schuttbildung einsetzt, in der sich die Enden der Rinnenverzweigungen verlaufen. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, daß innerhalb des Zeitraumes, beginnend vom ausgehenden Postglazial bis heute herauf die Höhenlage der klimatischen Schneegrenze, wie die der periglazialen Zone starken Schwankungen unterworfen war. Im Atlantikum stieg sie sogar bis zu einer Höhe von 3200 m an, die Waldgrenze reichte in den innerostalpinen Lagen bis 2600 m hinauf (G. Patzelt, 1969). Somit muß angenommen werden, daß die Waldgrenze zumindest in Gunstlagen bis knapp unter die Kammregion der Nebenkämme (mittlere Kammhöhe 2570 m) der Reißbeckgruppe heraufgereicht hat. So wurden in verschiedenen Abständen durch klimamorphologische Differenzierungen die Rinnenaktivitäten beschleunigt oder verzögert. Die subatlantischen Vorstöße erreichten in den zentralen ostalpinen Gebirgsgruppen die Größenordnung der neuzeitlichen und bewirkten einen den rezenten ähnlichen Formenbildungsmechanismus.

## 5. Zusammenfassung

Um das morphologische Erscheinungsbild besser erfassen zu können, lag der Schwerpunkt in der Dissertation, neben anderen Methoden auf einer quantitativ beschreibenden, induktiven Arbeitsweise. Spezifisch angewandt können deduktive, mathematisch abgeleitete Modellvorstellungen (W. Penck, 1924) leicht zu Fehlschlüssen führen. Die komplexe Erscheinung des Formenbildungsmechanismus kann daher nicht anhand

solcher Modelle erklärt werden, da diese kaum in der Lage sind, alle integrierenden Bestandteile und Bedingungen, wie Exposition, Klima, Geologie, miteinzuschließen und zu erfüllen. Im Zusammenhang damit soll auch auf die Bedeutung von morphologischen beziehungsweise geologischen Untersuchungsmethoden (Geländeaufnahmen, Kluftmessungen) für die Wildbachverbauung hingewiesen werden. Die letzte Hebung des Gebirgskörpers bedingte im Talausgangsbereich eine Versteilung der Hänge (max.  $52^{\circ}$ ).

Als besondere Erscheinungen treten wegen der Versteilungen Felsgleitungen und Talzuschübe auf. Vor allem im Postglazial, nach Rückzug des Eises aus dem Talbereich wurden viele Hänge an den Talausgängen instabil.

Andere häufige Kleinformen sind die Blaiken, die vor allem im Kaponiggraben auftreten. Bei ihrer Bildung spielt die Gesteinslabilität, der Kluftwasserdruck und das Schmelzwasser eine Rolle. Beachtung finden weiters Bewegungen im Lockermaterial, bei Mur- und Feilenanbrüchen und anderen Massenverlagerungen. Quantitative Aussagen sind allerdings erst durch die Beobachtung längerer Meßreihen, im Rahmen eines eigenen Arbeitsprogrammes möglich.

### S u m m a r y

The emphasis of the present thesis lay on a quantitatively descriptive and inductive method, which was used for the better comprehension of the morphological situation. Deductive, mathematically deduced models (W. Penck, 1924) are subject to errors, especially when applied specifically. Therefore the complex phenonemon of the mechanism of morphology cannot be explained on the basis of such models alone, as they can hardly meet and include all integrating conditions, as e.g. exposition, climate, geology etc. In this context I should like to point out the importance of morphological and geological methods of examination

(topographic mapping, measurements of joint) for the torrent control.

The recent lifting of the mountains entailed a rise of steepness of the slopes in the mouths of the valleys. As a consequence of this we find the phenomenon of rock gliding and valley narrowing by rock creep. Especially in the postglacial, after the withdrawal of the ice from the valleys, many slopes at the mouths of the valleys became instable. Other frequent small forms are, e.g., the erosion scarps, which are to be found above all in the "Kaponiggraben". Lability of rock, crack water pressure and snowwater were essential for their formation. Movements in the loose material in shell shaped, file shaped scarps and other mass transports are to be observed. Quantitative statements will, however, only be possible through the observation of longer measurements within the scope of a special study programme.

#### 6. L i t e r a t u r n a c h w e i s :

- Angel, F. und Staber, R., 1952: Gesteinswelt und Bau der Hochalm- und Ankogelgruppe. Wiss. Alpenvereinshefte 13, Innsbruck, 1952, 112 S.
- Cliff, R. A., Norris, R. J. Oxburgh, E. R. Wright, R. C. 1971: Structural Metamorphic and Geological Studies in the Reisseck and southern Ankogel Groups, the Eastern Alps. With 4 Plates (Beilagen 7,10) and 63 Figures. Geological map (1: 25 000), plat.1., Jahrb.Geol. B.- A., Bd. 114, Wien, S.121-272
- Exner, CH., 1962: Geologische Beobachtungen (1955) in der Kreuzeck-, Sadnig-, Rieserferner- und Reißbeckgruppe. Verh. Geol. B.- A. Wien, S 24-27.
- Hydrographischer Dienst in Österreich, 1966: Die Niederschlags-, Schneehöhen- und Lufttemperaturhäufigkeiten in Österreich im Zeitraum 1951-1960, Betr. z. Hydrographie Österreichs, H.Nr. 38, 480 S.

- Kaufmann, H., 1928: Rythmische Phänomene der Erdoberfläche  
Braunschweig, 1929, 346 S.
- Krajčec, G., 1973: Morphometrisches Rechenprogramm.  
Daten des Institutes für Geodäsie III. Techn. Universität Graz.
- Morawetz, S., 1930: Beiträge zur Geomorphologie der Kreuzeck-  
und Reißeckgruppe.  
Veröff. aus d. Geogr. Inst. d. Univ. Graz, H.3, 32 S.
- Patzelt, G., 1969: Innerwarmzeitliche Gletschervorstöße.  
Referat im Rahmen des Gletscherkurses 1969, Rudolfs-  
hütte, Weißsee, Salzburg.
- Penck, W., 1924: Die morphologische Analyse, Stuttgart, 283 S.
- Pirkl, H.P., 1972: Quartäre, gravitektonische Gefügeumprä-  
gungen der Tauernschieferhülle im unteren Mölltal zwi-  
schen Kaponig- und Riekenbach. Verh.Geol.B.-A.H.2, S 268-  
280.
- Stiny, J., 1910: Die Muren. Versuch einer Monographie mit be-  
sonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in den Tiro-  
ler Alpen. Innsbruck, 139 S., J.1925/26.
- Stiny, J., 1925/26: Einiges über Gesteinsklüfte und Gelände-  
formen in der Reißeckgruppe. Z.f.Geom. I., S.254-275.
- Stocker, E., 1971: Hanguntersuchungen in der Kreuzeckgruppe.  
Diss. d. Univ. Graz, Bd. 14, Wien, 166 S.
- Stocker, E.: 1971: Blaiken-Erscheinungsbilder rascher Hang-  
entwicklung. Mitt.naturwiss. Ver.f.Steiermark, Bd.101,  
S. 163-174.
- Wakonigg, H., 1972: Die Hohen Tauern als Wetter- und Klima-  
scheide. Beiträge zur Klimatologie, Meteorologie und  
Klimamorphologie, Festschrift f.H. Tollner, Arbeiten  
aus dem Geogr. Institut, Bd. 3, 354 S.

# QUANTITATIVE ASPEKTE DER WILDBACHEROSION AUS DER SICHT DER JÜNGSTEN KATASTROPHENEREIGNISSE

Gottfried Kronfellner-Kraus

Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung,  
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Österreich

Um die Wildbachtätigkeit in quantitativer Hinsicht beurteilen zu können, ist es stets notwendig, sowohl die jeweiligen Wasser- und Geschiebefrachten möglichst genau zu kennen, als auch das in Extremfällen jeweils vorhandene Potential möglichst genau einzuschätzen. Dementsprechend bemüht sich das Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, einerseits im Wege spezieller Untersuchungen und Messungen in einigen Mustereinzugsgebieten, als auch durch Sammlung von bei Hochwässern, Muren und Lawinen auftretenden Extremwerten die Methoden für eine solche Einschätzung von Wildbächen allmählich zu verbessern (KRONFELLNER-KRAUS 1967). Da es in diesem Rahmen kaum möglich ist, das Thema erschöpfend zu behandeln, sei hier vor allem das Problem der Geschiebeführung herausgegriffen.

Zunächst einige grundsätzliche Bemerkungen. Diejenigen quantitativen Charakterisierungen von Wildbächen bzw. Geschieberherden, die den Bereitstellungsmechanismus des Geschiebes berücksichtigen, bilden erste geeignete Grundlagen auch für weitergehende, quantitative Einschätzungen. Es erscheint deshalb z.B. zweckmäßig an den Einteilungen von STINI (1910, 1931) und auch von SALZER (WEBER, 1964) festzuhalten. Bei der Hochwasserbestimmung ist nicht nur die Wiederholungswahrscheinlichkeit, sondern auch die Art der Entstehung, die Art des Ablaufes und die Kenntnis der gesamten Hochwasserfracht für die Beurteilung der Geschiebeführung von großer Bedeutung. Allein diese wenigen Hinweise machen bereits die große Variationsmöglichkeit deutlich, die noch durch viele andere Faktoren, wie Art des Niederschlages, etc., vermehrt wird. Schließlich ist zu bedenken, daß die Einschätzung eines Wildbaches stets auch auf den besonderen

Zweck abgestimmt sein muß (Verbauung, Gefahrenzone, Wasserkraftnutzung). So sind auch bereits früher mengenmäßige Einschätzungen der Geschiebefracht, abgesehen von geologischen und geomorphologischen Studien, sowohl im Flußbau, in der Wildbachverbauung, als auch im Kraftwerksbau bei der Verlandung großer Stauseen erfolgt. Die verschiedenen Ergebnisse müssen sich jedoch zwangsläufig zu einem einheitlichen Bild zusammenfügen, was im folgenden an Hand von jüngeren Naturbeispielen und Untersuchungsergebnissen besprochen werden soll.

#### Jungschuttbäche.

Bereits im Zuge der Diskussion um das "Tauernkraftwerks-Projekt Glockner-Kaprun" in den 30er Jahren hat man sich mit dem Geschiebeprobem und insbesondere mit der Stauraumverlandung befaßt. Prof. MATTERN (1936) hat damals auf Grund von Erfahrungswerten aus dem Mattmark- und Aaregletschergebiet die jährliche Verlandungsmasse für den Moserbodenspeicher auf  $23.000 \text{ m}^3$  eingeschätzt, d.s. bei einem Einzugsgebiet von  $22 \text{ km}^2$   $1050 \text{ m}^3/\text{km}^2$  oder  $1,05 \text{ mm}$  Abtrag pro Jahr. Nach einer Mitteilung von Herrn Dipl. Ing. HOSNEDL betrug die jährliche Geschiebeanlandung im Margaritzenspeicher  $35.000 \text{ m}^3$ . Zieht man von dem gesamten Möll/Pasterzeneinzugsgebiet von  $44 \text{ km}^2$  den Anteil für den verbauten Pfandlbach ab, erhält man praktisch dieselbe Geschiebespende, nämlich  $1030 \text{ m}^3/\text{km}^2$  oder  $1,03 \text{ mm}$  Abtrag pro Jahr. Inzwischen hat sich der Pasterzen-gletscher weit hinter den Elisabethfelsen zurückgezogen und man kann dort in einem kleinen See die weitere deltaartige Geschiebeablagerung beobachten.

Wie bekannt sein dürfte, hat der Gradenbach allein in zwei Hochwasserperioden (1965 und 1966) mehr als eine Million Kubikmeter Geschiebe auf seinen Schwemmkegel und in die Möll verfrachtet. Die Geschiebeauflandung in der Möll hat sicher auch die Vermurung der Ortschaft Döllach begünstigt. Die Materialablagerung im Bereich von Döllach durch den Zirknitzbach betrug während der Hochwässer 1965 und 1966 ca. je  $200.000 \text{ m}^3$ .

Döllach aber wurde auch schon in den Jahren 1935 und 1903 in einem ähnlichen Ausmaß vermurt. Lt. Wasserkraftkataster weist das Einzugsgebiet des Zirknitzbaches  $16 \text{ km}^2$  Fels- und Gletscherareal auf. Rechnet man die Hochwasser-Geschiebefrachten auf Durchschnitts-Jahre um und berücksichtigt man eine ebenso große schadloße Geschiebeabtrift, so erhält man eine den zuvor genannten ähnliche jährliche Geschiebespende, nämlich etwa  $1000 \text{ m}^3$  oder  $1 \text{ mm}$  Abtrag allein für die Jungschuttherde oder  $0,4 \text{ mm}$  für das gesamte Einzugsgebiet.

#### Altschuttbäche.

Während der Abtrag von Jungschuttherden im Urgestein in Millimeter- und im Kalkgestein in Zentimeter-Dimensionen vor sich geht, werden Lockermassen- oder Altschuttherde bereits in Dezimeter-Dimensionen abgetragen. Dies hat man in den großen Anbrüchen im Klausenkofelbach in Kärnten und Schesatobel in Vorarlberg ermittelt. Demgegenüber greift der Tiefenschurf und Seitenschurf in Meter bis Dekameter-Dimensionen ein. Eine wesentliche Form des Tiefenschurfes ist der sogenannte Feilenanbruch, dessen Spitze nach oben ausläuft. Eine andere Erscheinungsform des Tiefenschurfes ist der Keilanbruch, der von Felswänden in großer Tiefe und Breite seinen Ausgang nimmt und nach unten verjüngend ausläuft. Die rückschreitende Erosion kann aber auch als Wasserfallerosion stufig bergauf wandern. Der Tiefenschurf hat meistens das Nachbrechen der Hänge zur Folge, wodurch sich bei einem Hochwasserereignis die großen Abtragsdimensionen erklären (SUDA 1884, JEHL 1958).

Die jüngeren Katastrophenergebnisse haben gezeigt, daß auch Hangabbrüche die Geschiebeführung eines Baches wesentlich beeinträchtigen können. Nomadisierende Wandermuscheln sind zwar zunächst vor allem für die Unterlieger gefährlich, können aber bei größerem Ausmaß und größerem Wildholzanteil und in steilen und engen Gräben zu nennenswerten Geschiebelieferanten werden und einen Aufstau der Wassermassen verursachen. Die folgenden Dammbüche erhöhen wiederum die Gefahr der Schwallwellen und

Murenbildung. Tiefe Hangbewegungen, wie Rutschungen und Talzuschübe in einer Mächtigkeit von Dekameter bis Hektometer haben vor allem eine aufbereitende Funktion für alle zuvor genannten Erosionserscheinungen (FÜRLINGER 1972, CLAR u. Z. 1968).

Aber auch Lawinen haben eine ähnliche Wirkung wie Hangabbrüche und Rutschungen. Durch die Vernichtung der Vegetation tragen sie nicht nur zur aktiven Erosion bei, sondern sie treten auch als Geschiebe- und Wildholzlieferant der Bäche weit häufiger als gemeinhin angenommen in Erscheinung. Im Niederrhein hat ein Lawinenkegel im Oberlauf einen Aufstau des Hochwassers verursacht und zumindestens, durch den nachfolgenden Durchbruch der Wassermassen, zu einer Verschlimmerung der Murenkatastrophe beigetragen, wenn er diese nicht gar verursacht hat. Mehrere hunderttausend Kubikmeter Material wurden auf den Schwemmkegel verfrachtet, Teile der Ortschaft verwüstet und 3 Menschen getötet (HOFMANN 1972, JØRSTAD 1968).

Es können natürlich auch völlig neue Geschiebeherde entstehen. Die Vegetation, insbesondere der Wald vermag zwar den Boden weitgehend vor oberflächlichem Abtrag zu schützen, doch unter ungünstigen Bedingungen, Tiefen- und Seitenschurf und vor allem Rutschungen nicht gänzlich zu verhindern. Das bekannteste Beispiel eines großen plötzlichen Muschelbruches lieferte wohl der Wollnitzbach im Mölltal. Die aus diesem Muschelbruch abgehenden Muren gruben sich sogar in der unten anschließenden Felsschlucht in Dekameterdimensionen ein. Die abgetragenen Massen von etwa 600.000 m<sup>3</sup> verwüsteten nicht nur die Ortschaft Kleindorf, sondern stauten auch die Möll meterhoch bis in das Unterwasser eines Krafthauses auf.

#### Transport und Ablagerungsverhältnisse:

Diese sind vor allem durch die Längsprofilentwicklung, durch Bach-, Graben- und Talquerschnitte gekennzeichnet. Diese lassen die Steilheit und den Reifegrad sowohl der Bachentwicklung als auch der Schwemmkegelbildung erkennen und Rückschlüsse auf die Erosions- und Akkumulationsstrecken zu.

Stufige Längenprofilentwicklungen deuten oft auf besondere Bachverhältnisse hin, wie z.B. auf durch Talzuschübe verursachte Engstellen wie im Gradenbach, Dürnbach und im Oselitzenbach.

Nicht immer werden die abgetragenen und in die Gewässer eingeworfenen Geschiebemengen sofort in das Tal oder in den Vorfluter verfrachtet. Sie werden vielmehr je nach der vorhandenen Schleppkraft der Gewässer an verschiedenen Orten verschieden lange ab- und umgelagert, man spricht von örtlichen und zeitlichen Diskontinuitäten. Auch der Abrieb und die Zerkleinerung der Geschiebestücke im Verlaufe des Talweges spielen eine große Rolle. Da nicht mehr Geschiebe in den Vorfluter eingeworfen werden kann als abgetragen worden ist, und ein Teil des Geschiebes entweder zerrieben wird oder im Einzugsgebiet zurückbleibt, weist jedes Einzugsgebiet eine spezifische Retensionsfähigkeit auf (GAVRILOVIC 1962, 1965, TRICART 1962).

Je nach der vorhandenen Wasserführung ist auch zwischen der ständigen und periodischen Feststofffracht zu unterscheiden. Während kleinere Geschiebekörnungen und insbesondere Schwebstoffe mehr oder weniger ständig in die Vorfluter verfrachtet werden, bleiben gröbere Geschiebe als Stapelschutt so lange zurück, bis die Schleppkraft auch für deren Transport ausreicht. Das Geschiebemischungsband der Feststofffracht in Wildbächen ist zwar durch die Geschiebeherde vorgegeben, aber durch den Abrieb nimmt der Anteil der Schwebstoffe ständig zu, bis er in den Flüssen den 10fachen Wert betragen kann. Dagegen kommt bei Vermurungen, See- und Stauraumverlandungen die gesamte Feststofffracht insgesamt zur Ablagerung, was bei einem Vergleich verschiedener Meßergebnisse berücksichtigt werden muß (MATTERN 1936, HENDEL 1949, MAUL 1938, ORTH 1934, SCHOCKLITSCH 1935).

#### Versuchstätigkeit:

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Erkundung des Geschiebepotentials eines Wildbaches nicht nur die gewässerkundlichen Bedingungen sondern auch Größe, Verteilung und Ero-

sionsbereitschaft der vorhandenen und potentiellen Geschieberherde im gesamten Einzugsgebiet und die Anschlußmöglichkeiten an das Gewässernetz zu umfassen hat. Um bekannte Methoden und die an der Bundesversuchsanstalt gepflogenen Kartierungsverfahren zu erproben, wurde ein kleines Einzugsgebiet im Lesachtal in Kärnten in mehrerer Hinsicht bearbeitet. Schon die schematische Anwendung der verschiedenen, in Gefährlichkeitsstufen unterteilten Faktoren läßt bei gemeinsamer Überlagerung immerhin ein hypothetisches Gefahrenbild erkennen. Die Kartierung nach den Methoden der Standortskunde ergibt vor allem eine wissenschaftlich fundierte Unterlage für die Waldbehandlung und Aufforstung. Die kombinierte biologische und bodenkundliche Kartierungsmethode geht davon aus, daß sich die Bodendecke langsamer entwickelt als die Vegetationsdecke. Aus dieser Diskrepanz kann auf den Erosionsgrad geschlossen werden. Der gegenständlichen Fragestellung kommt natürlich die hydrogeologische Aufnahme am nächsten. Sie zeigt, daß die Tätigkeit des Trattenbaches durch eine größere Bergzerreißungszone bestimmt wird. Auch aus dieser Sicht wurde in Kombination mit der Vegetationskunde eine Maßnahmenkarte erstellt. Die Unterlagen dienen der zuständigen Bauleitung gleichzeitig als Entscheidungshilfe für die Projektierung flächenwirtschaftlicher Maßnahmen (JEGLITSCH u. A. 1975, STERN 1971).

Um die verschiedenen Arten der Wildbacherosion und das Geschiebeprobem genauer studieren zu können, wurden in Österreich einige sogenannte Mustereinzugsgebiete ausgewählt. In diesen wird durchwegs Niederschlag und Abfluß gemessen. Die Probleme der Geschiebebildung und des Geschiebetransportes seien am Beispiel des Dürnbaches aufgezeigt. Das Einzugsgebiet ist durch einen beiderseitigen Talzus Schub charakterisiert, welcher streckenweise in einer Größenordnung von 1 bis 2 cm pro Jahr vor sich geht. Der Bach ist relativ gut verbaut, doch machen die besonderen Verhältnisse ständig Ergänzungen erforderlich. Zur Verbesserung des Wasser- und Geschiebehaushaltes sind umfangreiche Aufforstungen im Einzugsgebiet vorgesehen und geplant. Auf Grund einer eigenen Befliegung wurde

eine Karte erstellt und die Geschiebeherde aufgenommen. Der Bach und die sogenannte große Blaike werden geodätisch kontrolliert. In der Verbauung selbst verwendet man mit Rücksicht auf den Talzusub vorwiegend flexible Bautypen. Hier wurde auch eine offene Gitterrostsperrre eingebaut, um deren Wirkungsweise unter wirklich extremen Bedingungen zu erproben. Bisher hat sich der Talzusub in einer schadlosen Verformung einzelner Stäbe und in einer Parallelverschiebung der gesamten Konstruktion um etwa 15 cm auf 6 m Höhe ausgewirkt. Im Herbst 1973 kam es zu einer größeren Massenbewegung in der großen Blaike, die wochen- und monatelang in wiederholten Steinschlägen ihre Fortsetzung fand. Der Bachlauf wurde mit zigtausend Kubikmetern Material verschüttet und zum Teil abgedrängt. Um einem größeren Schaden durch eine plötzliche Geschiebeabtrift vorzubeugen, wurde die Sperrenstaffelung von der Wildbachverbauung ergänzt und die bisher offene Gitterrostsperrre mit Holzstämmen verschlossen. Die Geschiebeabtrift konnte und kann in den Sperrenverlandungen beobachtet werden. Interessant ist dabei vor allem die rasche Abnahme der Korngröße bachabwärts. Zu dem nur von Hochwässern erreichten Ablagerungsplatz am Schwemmkegelhals ist das Geschiebe erst zum Teil deltaartig vorgedrungen (KRONFELLNER-KRAUS 1974).

#### Z u s a m m e n f a s s u n g

Für eine quantitative Beurteilung von Wildbächen erscheint es notwendig, die möglichen und wahrscheinlichen Geschiebespenden durch eine genaue Erkundung des gesamten Geschiebepotentials im Einzugsgebiet einzuschätzen. Die Größenordnungen, mit denen Abtrag und Erosion vor sich gehen, reichen allerdings von Millimetern und Dezimetern bis zu Metern und Dekametern! Quadratkilometergroße Jungschuttherde entsprechen in ihrer Produktionskraft hektargroßen Altschuttherden. Die Zusammenstellung größerer Katastrophenereignisse läßt aber auch eine gewisse Periodizität der großen Massenbewegungen erkennen, so daß es schwer möglich erscheint, hiebei von Einzelereignissen zu sprechen. Das verschiedene Ausmaß der Erosionsvorgänge und der Zufallscharakter erschweren vor allem Voraussagen in Alt-

schuttbächen, während man die Geschiebeproduktion der Jungschuttbäche relativ sicher einschätzen kann. Trotzdem erscheint die Erstellung auch grober Geschiebebilanzen notwendig, um auch auf Eventualitäten gefaßt zu sein und auch diesen vorbeugen zu können.

Es ist schwer möglich, das Thema in diesem Rahmen erschöpfend zu behandeln. Es wurde aber versucht, die Aufmerksamkeit auf einige wichtig erscheinende Punkte und vor allem auf die Schwierigkeit der Bearbeitung zu lenken.

### S u m m a r y

For a quantitative assessment of torrents, it is necessary to determine not only water and bed load transport but also the erosion potential of the whole watershed and the torrential and avalanche conditions in the course of the stream and the adjacent deposit area. The order of magnitude of the torrent erosion varies from millimeters, centimeters and decimeters (rocky and bare erosion scarps) to meters and dekameters (longitudinal erosion, landslides). From this point of view, the amounts of debris production are equivalent from both: rocky areas of square kilometers and from erosion scarps with an area of hectares (longitudinal erosion scarps of a length of kilometers). The study of catastrophes shows also a more periodical repetition of the greater mass movements, therefore it is not possible to call this phenomena individual cases. The great variation of erosion rates from torrential watersheds and the character of casualness rends more difficult the assessment mainly in torrents transporting geologic deposits (Altschuttwildbäche). On the other hand the assessment of torrents transporting recent deposits (Jungschuttwildbäche) is possibly more facile.

Bedeutende Massenbewegungen über 100.000 m<sup>3</sup> in Wildbächen Österreichs

Bachname	Land	Fluß- gebiet	Ein- zugs- ge- biet km <sup>2</sup>	Zeitraum Jahr Monat	Ero- sions- art (**)	Ablagerungs-		Trans- port- art (****)	Anmerkung Autoren
						be- reich (***)	-menge		
Greifenbergermure				1851		S	210.000	M	STINY
Ganderbach	Süd-T	Eisack		1891		S	475.000	M	TOULA
Ecklbach	T	Ziller		1908		S	200.000	M	STINY
Haselbach	T	Ziller		1908		S	200.000	M	STINY
Niederharterbach	T	Ziller		1908		S	300.000	M	STINY
Reilsbach	V	Ill	29	1910		S	1,200.000 400.000	M	
Mattmarkbecken			37	1920	09	S	300.000	EHW	MATTERN
Mustrigilbach	V	Ill	7	1933	08	S	120.000	M	WILLMUTZER
Gantschenbach	T	Drau	4	1951	RV/ RV/	S	300.000	M	
Gridlontobel	T	Rosanna	3	1965	06/07	S	300.000	M	LEYS
Fischbach	T	Ötztal	83	1965	06/07	U	400.000	EHW	LEYS, HEUMAJER/ STOLZE
Debantbach	T	Drau	80	1965	09	S	200.000	EHW	
Gradenbach	K	Möll	32	1965	09 /T	S	800.000	EHW	STRITZL/ KRONFELNER
Zirknitzbach	K	Möll	41	1965	09	S	220.000	EHW	
Malnitzbach	K	Möll	120	1965	09	S	150.000	EHW	
Teuchlbach	K	Möll	58	1965	09	S	300.000	EHW	
Michlbach	T	Isel	27			S	250.000		
Gradenbach	K	Möll	32	1966	08 /T	S	500.000	EHW	- " -



## L i t e r a t u r

- AULITZKY, H., 1970: Der Enterbach (Inzing in Tirol) am 26. Juli 1969. Wildbach- und Lawinenverbau, Jg.34, S.31-66.
- BENDEL, L., 1949: Ingenieurgeologie. I. Hälfte, 2. Auflg., Wien.
- CLAR, E. und ZISCHINSKY, U., 1968: Stauraum Durlaßboden: Geologie der Hänge. Österr. Zeitschr. f. Elektrizitätswirtschaft, Jg.21, H.8, S.397-405.
- FÜRLINGER, W.L., 1972: Talzuschub und Wildbachverbauung. Dissertation. Phil. Fakultät Universität Wien.
- GAVRILOVIC, S., 1962: Proračun srednje - godišnje količine nanosa prema potencijalu erozije. Glasnik sumarskog fakulteta. Beograd. Br.26, S.151-168.
- " - , 1965: Određivanje rezima nanosa bujicnog produkcija i izrada karata erozije. Dokumentacija za građevinarstvo i arhitektura. DGA - 750, Beograd.
- GERETSCHLÄGER, F., 1971: Feistritzbach im Rosental - Bärenentaler Bergrutsch. Teilbericht 1b) zur Exkursion B. Intern. Symp. Interpraevent, Villach, Band 4, S.285-286.
- HOFMANN, F., 1972: Die Hochwasserkatastrophe im Oberpinzgau in den Jahren 1970 und 1971. Wildbach- und Lawinenverbau, Sonderheft März.
- JEGLITSCH, F.: Hochwässer, Muren, Rutschungen und Felsstürze in Österreich - 1971-1973. (Ms. in Druck).
- JEGLITSCH, F., JELEM, H., KILLIAN, W., KRONFELLNER-KRAUS, G., NEUWINGER, I., NOISTERNIG, H. und STERN, R.: Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Trattenbach. Mitt. FBVA, H.112/1975.
- JEHL, A., 1958: Der Schesatobel bei Bürs und Bürserberg (Bezirk Bludenz) in Vorarlberg. Exkursionsführer.
- JØRSTAD, F.A., 1968: Waves Generated by Landslides in Norwegian Fjords and Lakes. Norwegian Geotechnical Institute, Publication No. 79, Oslo 1968.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1967: Abfluß- und Abtragsmessungen in Österreich im Sinne der intern. FAO/EFC/TORR.-Klassifikation für Wildbach-Einzugsgebiete. XIV. IUFRO-Kongreß, München, Band I, S.349-361.

- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1971: Über einige aktuelle Untersuchungen auf dem Gebiete der Wildbach- und Lawinenverbauung. Inter. Symp. Interpraevent in Villach, Band 3, S.419-430.
- " - 1974: Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Talzusub im besonderen. In: 100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt; S.309-342.
- LEYS, E., LECHENBAUER, K. und STOLZE, W. 1970: Die Wildbäche in der Gemeinde Pettneu a.A. In: Die Gemeinde Pettneu am Arlberg plant und baut für die Zukunft. Broschüre der Gmde. Pettneu am Arlberg.
- LEYS, E., HEUMADER, J. und STOLZE, J. (ohne Jahresangabe): Wildbachverbauung - Voraussetzung für technische und landwirtschaftliche Maßnahmen. In: Längenfeld sichert seine Zukunft. Brosch. der Gmde. Längenfeld.
- MAUL, O., 1938: Geomorphologie. In: Enzyklopädie der Erdkunde, Wien.
- MATTERN, E., 1936: Über die Gefahr der Versandung und Verschotterung, der Bergstürze oder Gletscherrutsche für den Bestand von Staubecken und die Sicherheit der Sperrmauern. Wasserwirtschaft und Technik, H.24-25, S.242-248.
- MOSER, M., 1973: Analyse der Anbruchsbildung bei den Hochwasserkatastrophen der Jahre 1965 und 1966 im mittleren Lesachtal (Kärnten). Carinthia II, 163./83.Jg, S.179-234, Klagenfurt.
- ORTH, F., 1934: Die Verlandung von Staubecken. Die Bautechnik. Jg.12, Heft 16.
- SCHILCHER, C., 1972: Erfahrungsbericht über die Schlitzsperre im Litzbach in der Gemeinde Silbertal, Bez. Bludenz. In: Kolloquium über Wildbachsperrern, Mitt. Forstl. Bundes-Vers. Anst. H.102, S.293-305.
- SCHOCKLITSCH, A., 1935: Stauraumverlandung und Kolkabwehr. Springer-Verlag, Wien.
- STERN, R., 1971: Kartierung von Wildbächen im Lesachtal (Kärnten) 28. Sonderheft CARINTHIA II, S.193-207.
- STINY, J., 1910: Die Muren. Innsbruck.
- " - 1922: Technische Geologie. Stuttgart.

- STINY, J., 1931: Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern, Wien.
- " - 1938: Über die Regelmäßigkeit der Wiederkehr von Rutschungen, Bergstürzen und Hochwasserschäden in Österreich. Geologie und Bauwesen, H.2, S.10-48.
- STRITZL, J., 1971: Exkursion Gradenbach. Intern.Symp.Interpraevent Villach, Band 4, Teilbericht 2, S.278-281.
- SUDA, F., 1884: Die Wildbäche Kärntens. Ms.
- TOULA, F., 1892: Über Wildbachverheerungen und die Mittel ihnen vorzubeugen. Wien.
- TRICART, J., 1962: Les discontinuités dans les phenomenes d'érosion. Intern.Ass.of Scient.Hydrol., Publ. N.59, Symp.of Bari, S.233-243., Gentbrugge.
- WEBER, A., 1964: Wildbachverbauung. Abschnitt XIII. S.483-528, im: Taschenbuch Landwirtschaftlicher Wasserbau; Herausgeb. UHDEN. Stuttgart.
- WILLOMITZER, A., 1934: Der Murgang im Mustringilbach in der Gemeinde Vandans am 12. August 1933. Ms.



ZUR NOTWENDIGKEIT EINER HEBUNG DER  
OBEREN WALDGRENZE IM BEREICH DER  
TSCHECHOSLOWAKISCHEN KARPATEN

Rudolf Midriak

Forschungsanstalt für Forstwirtschaft Zvolen, ČSSR

S U M M A R Y

The timberline is an important phytogeographical limit. Knowledge of conditions and factors forming or influencing this line in particular mountains is meaningful of theoretical as well as practical standpoint. Tree and shrub stands in the upper part of montane zone have substantial soil and water conservation as well as anti-avalanche protective functions. However, these functions are safely fulfilled there and than, when the forest and dwarf-pine belt are extended up to a natural limit of their occurrence.

In the Czechoslovak /Western/ Carpathians, there the timberline is decreased among all factors mostly by shepherd owing to extending of pasture area. In this way the timberline was decreased on the average about 180 to 220 m in the High Tatras, 280 m in the Belianske Tatry Mts, 100 to 150 m in the Western Tatry Mts, 50 to 160 m in the Nízke Tatry Mts, 150 to 200 m in the Veľká Fatra Mts and about 260 m in the Malá Fatra Mts. Maximum of decreasing under the natural timberline has amounted to 400 m and more. Average range of the present-day timberline is about 1350 m a.s.l. in the Czechoslovak Carpa-

thians. Relations between percentage of forest cover /including dwarf-pine stands/ and altitude are shown in the fig.1.

Above the present-day timberline there is about 10 % of area affected by the most intensive processes of soil erosion. Between percentage of forest cover and percentage of area affected by soil erosion are close correlations /fig.2/. Relations between percentage of soil erosion and altitude are also very significant /fig.3/.

In addition to the erosive injury of soil cover above the timberline also a threat of upper present-day /empiric/ line of tree is significant. By soil erosion processes in the Czechoslovak Carpathians there is more than 13 % of the total length of the present-day timberline threatened immediately and additional almost 20 % is threatened potentially.

---

Die nach vorherrschenden Funktionen des Waldes vorgenommene vorläufige Forstrayonnierung ergab, dass die Schutzfunktion des Waldes in der Slowakei - auf deren Gebiet sich alle Hochgebirge der tschechoslowakischen /West-/ Karpaten befinden - als äusserst wichtig erscheint; sie übertrifft diejenige der Holzerzeugung i.D. um 13 % /F.PAPÁNEK 1973/.

Die Bedeutung des Waldes für den Wasserhaushalt, den Bodenschutz und die Lawinenbekämpfung kommt besonders im Hochgebirge zum Vorschein, da hier die Schutzfunktionen die Haupt-, mitunter die ausschliessliche Rolle spielen. Somit steigt ihr obiger Anteil um das Vielfache an. Im Karpatengebiet rücken diese Funktionen in den Vordergrund insbesondere in Wäldern höchster Gebirgsgebiete - in der Unteralpstufe, aber auch im

Hochgebirge mit Glazialrelief, wo die obere Waldgrenze überall als typisches Phänomen auftritt.

Die obere Waldgrenze ist eine wichtige phytogeographische Scheidelinie. Die Kenntnis der sie im allgemeinen und in einzelnen Gebirgen bestimmenden Bedingungen und Faktoren hat nicht nur einen theoretischen Wert, sondern auch grosse praktische Bedeutung. In forstlicher Sicht handelt es sich in erster Linie um Erforschung ökologischer Verhältnisse und Gesetzmässigkeiten im Bereich der oberen Waldgrenze sowie in der sekundären Kampfzone, und zwar dort, wo die erstere durch verschiedene Faktoren ungünstig beeinflusst wurde und gegenwärtig weit unter ihrer ursprünglichen /natürlichen/ Linie verläuft. Obzwar die Phytogeographen für die Festsetzung der oberen Waldgrenze nicht immer dieselben Kriterien gebrauchen, kann man doch im Sinne der meisten Arbeiten als obere Waldgrenze die Linie auffassen, welche die höchstgelegenen Punkte des noch geschlossenen Waldes /in Ausnahmefällen auch Zonen unterbrochener bzw. nicht geschlossener Bestände - J.SOMORA 1969/ mit mindestens 5 m /nach manchen Autoren 8 m/ hohen Bäumen verbindet. In Anlehnung an P.PLESNÍK /1971/ verstehen wir unter dem obigen Begriff die Linie, welche die höchstgelegenen Stellen eines geschlossenen Waldes verbindet, wobei unter "Wald" ein Baumbestand mit minimalem Kronenschluss von 0,5 und einem Mindestausmass von 0,1 ha, unter "Baum" ein wenigstens 5 m hohes Baumindividuum verstanden wird.

Der Wald ist an der Grenze seines Verbreitungsgebiets selten von der höher gelegenen Vegetationsstufe scharf getrennt, vielmehr verklingt er allmählich im Bereich zwei weiterer Zonen, die zur Baum- bzw. zur Krüppelwuchsgrenze reichen. Da sich

der Wald vertikal rasch von seinem Optimalbereich entfernt, um in ein Gebiet zu gelangen, wo er um seine Existenz zu kämpfen hat, nennen wir diese Übergangsstufe auch "Kampfzone". Im Westkarpatenraum wechseln darin vereinzelt freistehende Bäume oder Baumgruppen der die obere Waldgrenze bildenden Holzarten /zumeist Fichte, örtlich Zirbe, Lärche, Vogelbeere/ und Legföhren. Die letzteren stellen weiter nach oben die eigentliche subalpine /Knieholz-/ Stufe dar.

Die Vegetation der subalpinen sowie der höheren Montanstufe wird seit je als wichtigster Faktor des Bodenschutzes anerkannt. Der Wald und das Knieholz modifizieren dort in hohem Masse den Verlauf einzelner Prozesse sowie die Dynamik zahlreicher Naturphänomene - die der Interzeption, Sturzwirkung und Verteilung von Niederschlägen /namentlich von Schnee/, des Abflusses von Platzregen- und Schmelzwasser, der Schneelawinen, Bodenerosion, mancher Hangbewegungen und frostbedingter Vorgänge der Bodenzerstörung. Vom Standpunkt des Bodenschutzes und der Wasserwirtschaft beeinflusst somit der Wald auch abwärtsliegende Flächen, seien sie bestockt oder nicht.

Die erwähnten Funktionen genügend zu erfüllen ist jedoch die Baum- und Strauchvegetation der subalpinen und der höchsten Montanstufe nur dann imstande, wenn sie Höhenlagen erreicht, die ihrer natürlichen Grenze entsprechen. Die ursprüngliche Vegetationsdecke /Knieholz/ der subalpinen Stufe tschechoslowakischer Karpaten ist jedoch vielerorts dermassen dezimiert, dass die heutige untere Alpgrenze fast nirgends mit der einstigen übereinstimmt. Diese Grenze wurde in den meisten Fällen auf Rechnung der Knieholzstufe, oft auch auf die der Waldzone

herabgesetzt. Dieser Zustand dürfte auf starke anthropo- und anthropozoogene Einflüsse /R.MIDRIAK 1973a/ zurückzuführen sein. V.HÄUFLER /1955/ weist überdies - für das Gebiet zwischen dem Böhmischem Hochland und den Karpaten - auf Unterschiede in der Besiedlungsdichte und die damit zusammenhängenden Schädwirkungen menschlicher Eingriffe hin. Er beobachtet sie vor Allem in der Herabsetzung der oberen Wald- und Knieholzgrenze der Karpatengebirge, in denen wesentlich intensivere Weidewirtschaft vor sich ging, während in beiden Teilen der ČSSR die untere Waldgrenze nach oben verdrängt wurde.

Für die Senkung der oberen Waldgrenze in den Westkarpaten ist demnach vor allen übrigen Faktoren der Hirt verantwortlich. Er vernichtete Latschen- und Baumbestände überall dort, wo er hoffte, gute Weideflächen gewinnen oder die bereits genutzten erweitern zu können. So hatten hauptsächlich in den letzten fünf Jahrhunderten unter Herabsetzung der Waldgrenze vor allem glatte Periglazialhänge auf Karbonatunterlage zu leiden, da sie im Gegensatz zu Granit-, Quarz- und anderen kristallinen Gesteinsflächen wesentlich günstigere Äsungsbedingungen anboten.

Die Beziehung zwischen dem gegenwärtigen /gegenüber dem ursprünglichen recht verminderten/ Bestockungsgrad und der Seehöhe von 5 Hochgebirgsketten der Westkarpaten /Belaer Tatra, West-Tatra, Niedere Tatra, Grosse und Kleine Fatra/ ist aus Abb.1 ersichtlich. Für den Bereich der Montanstufe bis zur heutigen oberen Waldgrenze gilt diesbezüglich die Gleichung

$$W = 105,29 + 0,0002 M - 0,000030 M^2$$

und für die subalpine /Knieholz-/ Stufe oberhalb der gegenwärtigen

tigen Waldgrenze die Gleichung

$$W = 856,37 - 0,8301 M + 0,00020 M^2$$

wo W = Bewaldungsprozent einschl. Knieholzanteil, M = Seehöhe in m.

In der Hohen Tatra - dem höchsten Westkarpatengebirge - erreicht die jetzige obere Waldgrenze nach P.PLESNÍK /1971/ nur 1412 m Seehöhe. Durch menschliche Eingriffe, Einwirkungen der Beweidung und die nachfolgende Erweiterung des Lawinenbereichs und der Bodendestruktion wurde im N/O-Teil dieses Gebirges die Waldgrenze i.D. um etwa 180 bis 190 m, im S/W-Teil ungefähr um 220 m herabgedrückt. Für die Belaer Tatra - das höchste Karbonatgebirge der Westkarpaten mit den deutlichsten Beweidungsspuren und intensivsten Bodenzerstörungsprozessen oberhalb der heutigen oberen Waldgrenze /R.MIDRIAK 1972a/, die bei 1385 m ü.d.M. liegt - kann nach Angaben von P.PLESNÍK /1971/ eine durchschnittliche Waldgrenzensenkung um bis etwa 280 m /örtlich um 350 m und mehr/ angenommen werden. Nach M.SOKOŁOWSKI /1928/ entfallen aus der Gesamtlänge der oberen Waldgrenze in der Belaer Tatra bis 78 % auf künstliche /herabgesetzte/ Waldgrenze, nach J.SOMORA /1965/ 70 % in der Hohen Tatra.

L.KŇAZOVICKÝ /1970/ berichtet, dass die sekundäre Waldgrenze zumeist um 100 bis 150 m, nicht selten noch tiefer unterhalb der ursprünglichen verläuft (in der West-Tatra). Nach demselben Verfasser liegt die obere Waldgrenze in der Niederen Tatra bei 1480 bis 1550 m ü.d.M.; unsere eigenen Erhebungen /R.MIDRIAK 1974/ zeigen eine mittlere Senkung um etwa 50 bis 160 m. Erhebliche Unterschiede sind dabei zwischen dem westlichen und dem östlichen Teil dieses Gebirges festzustellen.

Die relativ niedrigeren Karbonatgebirge der Westkarpaten haben infolge anthropozoogener Einwirkungen die verhältnismäßig grösste Herabsetzung der oberen Waldgrenze aufzuweisen. So handelt es sich in der Grossen Fatra - für welche L.KŇAZOVICKÝ /1970/ die heutige Waldgrenzlinie bei 1350 m Seehöhe zieht - um sekundäre Senkung um 150 bis 200 m. Im südlichen Gebirgstheil konnten wir einen Mittelwert von fast 300 m /max.mehr als 400 m! - R.MIDRIAK u.Koll. 1974/ für die Waldgrenzensenkung feststellen. An den Südhängen des Kriváner Abschnittes der Kleinen Fatra lag nach P.PLESNÍK /1958/ die ursprüngliche Waldgrenze bis um 260 m höher im Vergleich mit ihrem heutigen Verlauf in durchschnitt 1185 m ü.d.M.

Als Folgeerscheinungen der Senkung der Oberen Waldgrenze gesellten sich zur Zerstörung oder Schwächung der Vegetation durch Brandrodung, Knieholzrodung u.ä. auch intensive Bodendestruktionsprozesse, direkt und indirekt beschleunigt durch menschliche Eingriffe. Nach Auswertung der Ausmasse der Bodenzerstörung durch Erosion, Hangbewegungen und kryopedologische Vorgänge in 5 ausgewählten orographischen Gebieten tschechoslowakischer Karpaten /R.MIDRIAK 1973b/ beträgt die sich oberhalb der gegenwärtigen Waldgrenze /i.D. in 1350 m Seehöhe/ befindliche und nur von kartographisch erfassbaren Bodendestruktionsformen heimgesuchte Fläche rd. 10 % des gesamten untersuchten Areals.

Obwohl Legföhrengehölze nicht zum eigentlichen Wald gehören, sondern eine typische Strauchvegetation der subalpinen Stufe darstellen, kann man sie in Anbetracht ihrer bodenschützenden Wirkung in die Gesamtfläche, von der das Bewald-

ungsprozent abgeleitet wird, einbeziehen. Unter dieser realen Voraussetzung kann man konstatieren, dass zwischen dem aus der gesamten Wald- und Knieholzfläche errechneten Bestockungsprozent und dem Anteil zerstörter Flächen in Hochgebirgslagen tschechoslowakischer Karpaten eine enge Korrelation besteht.

Aus der Summarischen Wertung der Wechselbeziehungen zwischen Bodenzerstörung und Bewaldung der 5 untersuchten orographischen Gebiete des slowakischen Teils der Westkarpaten ergeben sich zwei Hochgebirgsgruppen /R.MIDRIAK 1972b/. In der einen - in kristallinen Gebirgen, in den die obere Waldgrenze fast ausschliesslich die Fichte bildet, die Knieholzstufe relativ gut erhalten und offensichtliche glaziale Aktivität im Pleistozän zu beobachten ist - gilt für die Abhängigkeit des Bodenzerstörungsprozents /D/ vom Bewaldungsprozent /W/ im allgemeinen die Gleichung

$$D = 12,64 - 0,158 W,$$

die für Höhenlagen von 1000 bis 2000 m ü.d.M. zustimmt /Abb. 2-1/. Demgegenüber in Karbonatgebirgen bzw. in Gebirgstteilen mit vorwiegender Karbonatunterlage, in denen als Hauptkomponente der heutigen oberen Waldgrenze neben der Fichte zumeist die Buche auftritt, die Vegetation der Knieholzstufe erheblich reduziert ist und nur ganz schwache Spuren von Glazialvorgängen, um so deutlicher aber die Folgen übermässiger Beweidung zu merken sind, kann man die obige Beziehung durch folgende, für die Höhenspanne von 700 bis 2000 m ü.d.M. /Abb.2-2/ gültige Gleichung wiedergeben:

$$D = 23,08 - 0,4579 W + 0,002333 W^2.$$

Bedeutsam sind in allen untersuchten Hochgebirgen auch Beziehungen zwischen dem Bodenzerstörungsprozent /D/ und der Seehöhe in m /M/. Sie sind nach Gebirgsgruppen in Abb.3 graphisch dargestellt.

Eine warnende Erscheinung neben der flächenmässigen Schädigung des Bodenmantels durch Destruktion und der anthropogenen Herabsetzung der oberen Waldgrenze ist die Bedrohung ihrer gegenwärtigen /empirischen/ Linie durch Bodenzerstörung. Als unmittelbar gefährdet ist die Waldgrenze dort anzusehen, wo oberhalb ihrer Linie zerstörte Böden vorkommen, ohne dass sie von der eigentlichen Waldzone durch einen aus Baum- und Strauchvegetation bestehenden Gürtel getrennt wären. Unseren Erhebungen gemäss sind auf diese Weise mehr als 13 % der Gesamtlänge der jetzigen Waldgrenze bedroht. Dabei sind solche Erscheinungen der Bodenzerstörung <sup>auf</sup> einem in rel. Höhe von vorwiegend 50 m, max. 300 m /fast ausschliesslich anthropozoogen beschleunigte Bodendestruktionsformen - Pfade u.ä./ oberhalb der heutigen /herabgesetzten/ Waldgrenze liegenden Strifen zu beobachten. Weitere fast 20 % der Gesamtlänge der oberen Waldgrenze sind durch potentielle Bodendestruktion gefährdet. Es handelt sich hierbei um Fälle, wo zwischen der eigentlichen Waldgrenze und den sich darüber befindlichen zerstörten Bodenflächen in kurzen oder längeren Abständen entweder Waldexklaven, die sog. Kampfzone oder Latschenflächen liegen, bzw. grössere Gruppen von Krüppelbäumen oder Sträuchern wachsen, die jedoch bei ungenügenden Schutzmassnahmen leicht vernichtet werden können, wodurch die Waldgrenze in Gefahr geraten kann.

Zu den Gebirgen mit meistgefährdeter Waldgrenze gehören

in tschechoslowakischen Karpaten: die Belaer Tatra /unmittelbar und potentiell bis zu 97 % ihrer Waldgrenzenlänge bedroht/, der Kriváner Abschnitt der Kleinen Fatra /38 %/, die West-Tatra /32 %/ und der westliche Teil der Niederen Tatra /31 %/.

Wie aus dem Gesagten hervorgeht, macht die Bodendestruktion in der alpinen und subalpinen Stufe der Hochgebirge tschechoslowakischer Karpaten theoretische Untersuchungen notwendig, die auf Raumbildung und Landschaftsschutz bzw. Umweltfragen und Bodenschutz abgestimmt wären. Forstlich gesehen ist die Kenntnis der Gesetzmässigkeiten bodenzerstörender Erscheinungen für die ingenieurbiologische Rekonstruierung der oberen Waldgrenze und der Knieholzstufe deshalb wichtig, damit man imstande sei, der Vegetation in den Hochgebirgslagen zu ihrer früheren Rolle im Wasserhaushalt, Boden- und Lawinenschutz zu verhelfen.

Prinzipiell sind innerhalb des Bodenschutzes in Hochgebirgslagen /auf welchen es im Zusammenhang mit der angestrebten Hebung der Waldgrenze in erster Linie ankommt/ präventive und eigentliche Schutzmassnahmen zu unterscheiden. Die Vorbeugung beruht hauptsächlich auf Schutzwirkungen des Waldes und der Föhrengehölze bzw. der Vegetation im allgemeinen; dazu rechnet man vor allem die Hochgebirgsaufforstung - also die Wiederherstellung der einstigen Waldgrenze in engerem Sinne - sowie andere biologische Verbauungsweisen im Bereich der oberen Waldgrenze und der Knieholzstufe. Hierzu kommen noch einfachere technische Massnahmen zum Schutz biologischer Verbauungen, vor allem solche, die die Schneelagerung beeinflussen vermögen. In ökologischen Zusammenhängen enthält die auf

den eigentlichen Bodenschutz bei der Hebung der Waldgrenze abgestimmte Tätigkeit stabile, deckende und Ergänzungsmassnahmen /H.M.SCHIECHTL 1965/.

Während sich die Vorbeugung überwiegend auf bisher nicht oder kaum betroffene bzw. nur potentiell gefährdete Gebiete bezieht, sind die Bodenschutzmassnahmen - vor allem die technischen Sperrbauten - vorwiegend für Flächen im Bereich der oberen Waldgrenze bestimmt, die intensive Beschädigung durch verschiedene Bodenzerstörungsformen aufweisen. Eine eventuelle Auswechslung beider Verfahren - oder vielmehr ihre sinnvolle Kombination - wird dabei gar nicht ausgeschlossen.

#### L I T E R A T U R

- Häufler, V., 1955: Horské oblasti v Československu a jejich využití./Gebirgsgebiete der Tschechoslowakei und ihre Ausnützung/. ČSAV, Praha, 311 pp.
- Kňazovický, L., 1970: Západné Tatry. Štúdia o prírodných pomeroch Západných Tatier so zvláštnym zreteľom na rekonštrukciu porastov v oblasti hornej hranice lesa a protilavínové opatrenia. /Die West-Tatra. Ein Beitrag zu ihren Naturverhältnissen, mit besonderer Berücksichtigung der Beständerekonstruktion im Bereich der oberen Waldgrenze sowie der Lawinenbekämpfung/. Vyd.SAV, Bratislava, 216 pp.
- Midriak, R., 1972a: Deštrukcia pôdy vo vysokohorskej oblasti Belanských Tatier. /Die Destruktion des Bodens im Hochgebirgsgebiet der Belaer Tatra/. Lesnícke štúdie č.11-12,

- vyd.Príroda, Bratislava, 207 pp.
- \_\_\_\_\_, 1972b: Extent and distribution of destroyed soil covers occurring above the timber line in the Slovak part of the West Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, vol.6, pp.169-180, Kraków.
- Midriak, R., 1973a: Antropogénne vplyvy na vegetáciu a pôdu vo vysokých pohoriach Západných Karpát - I.časť. /Anthropogene Einflüsse auf die Vegetation und den Boden der westkarpatischen Hochgebirge. 1.Teil/. Zborník LDPM v Antole, vol.7, pp.148-185, Martin.
- \_\_\_\_\_, 1973b: Aerial photogrammetry evaluation of ground destruction damage in area above the timberline of the West Carpathians. Proceedings Symposium IUFRO S 6.05, pp.117-126, Freiburg.
- \_\_\_\_\_, 1974: Deštrukcia pôdy a zásady ochrany pôdy vo vysokohorských polohách Západných Karpát. /Die Bodendestruktion und die Grundsätze des Bodenschutzes in Hochgebirgslagen der Westkarpaten/. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene, vol.19, pp.167-203, Bratislava.
- Midriak, R. u.Koll., 1974: Biologicko-technické protilavínové a pôdoochranné opatrenia v oblasti Krížnej a ich účinnosť. III. - Komplexná štúdia. /Die Wirksamkeit ingenieurbiologischer Massnahmen der Lawinenbekämpfung und des Bodenschutzes im Gebiet der Alpe Krížna. III. Komplexstudie/. VÚLH Zvolen, 114 pp. Manuskript.
- Papánek, F., 1973: Rajonizácia lesov podľa ich vodohospodárskej a pôdoochranej funkcie. /Forstrayonnieierung nach Belangen des Wasserhaushalts und des Bodenschutzes/. Teilab-

schlussbericht. VÚLH Zvolen, 170 pp. Manuskript.

- Plesník, P., 1958: Erózia pôdy v oblasti hornej hranice lesa v Krivánskej Malej Fatre. /Die Bodenerosion im Bereich der oberen Waldgrenze im Kriváner Abschnitt der Kleinen Fatra. - In: Bodenerosion in der Slowakei, S.102-121/. Vyd.SAV, Bratislava.
- Plesník, P., 1971: Horná hranica lesa vo Vysokých a v Belanských Tatrách. /Die obere Waldgrenze in der Hohen und der Belaer Tatra/. Vyd.SAV, Bratislava, 240.pp.
- Schiechtl, H.M., 1965: Der Jüngste Stand der Ingenieurbiologie im Forstwesen. Allgemeine Forstzeitung, vol.76, no.11.
- Sokołowski, M., 1928: O górnej granicy lasu w Tatrach. /Über die obere Waldgrenze in der Tatra/. Kraków, 188 pp.
- Somora, J., 1965: Horná hranica lesa a subalpínskych drevín v Tatranskom národnom parku. /Die Obergrenze des Waldes und der subalpinen Holzarten im Tatra-Nationalpark/. Abschlussbericht, TANAP- Forschungsstation. Manuskript.
- \_\_\_\_\_, 1969: Die teoretische Problematik der Waldgrenze. Zbor. prác o TANAP, vol.11, pp.139-176.

28.4.1975

Keywords: obere Waldgrenze - subalpine und alpine Stufe -  
Bodendestruktion

## Graphische Darstellungen /Abbildungen/

Abb. 1 - Beziehung zwischen dem Bewaldungsprozent und der Seehöhe in den tschechoslowakischen Karpaten.

1/ Bereich der Montanstufe - bis zur oberen Waldgrenze / $W = 105,29 + 0,0002 M - 0,000030 M^2$ /

2/ Bereich der subalpinen Stufe - oberhalb der Waldgrenze / $W = 856,37 - 0,8301 M + 0,00020 M^2$ /

Abb. 2 - Beziehung zwischen der Bodenzerstörung und der Bewaldung von Hochgebirgen der tschechoslowakischen Karpaten.

1/ Gruppe kristallinischer Gebirge: Westtatra und Niedere Tatra / $D = 12,64 - 0,158 W$ ; 1000-2000 m ü.d.M./

2/ Gruppe der Karbonatgebirge: Belaer Tatra, Kleine und Grosse Fatra / $D = 23,08 - 0,4579 W + 0,002333 W^2$ ; 700-2000 m ü.d.M./

Abb. 3 - Beziehung zwischen der Bodenzerstörung und Seehöhe in Hochgebirgen der tschechoslowakischen Karpaten.

1/ Belaer Tatra / $D = -78,32 + 0,056 M$ ; 1300-1900 m ü.d.M./

2/ Westtatra und Niedere Tatra / $D = 41,36 - 0,0677 M + 0,000028 M^2$ ; 1100-1900 m ü.d.M./

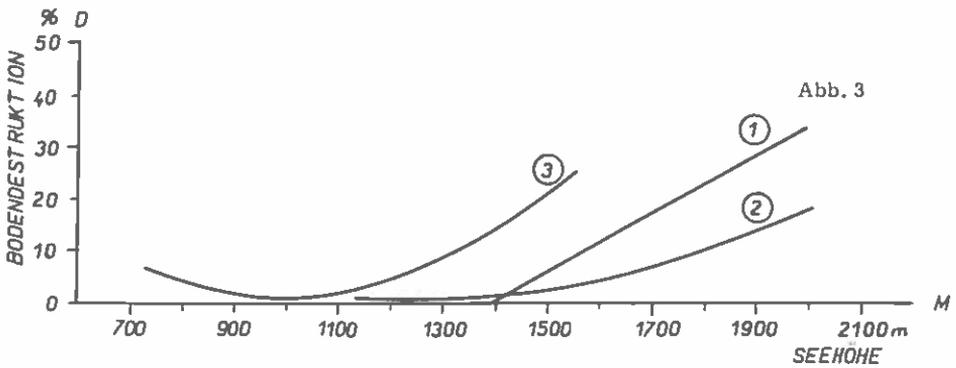
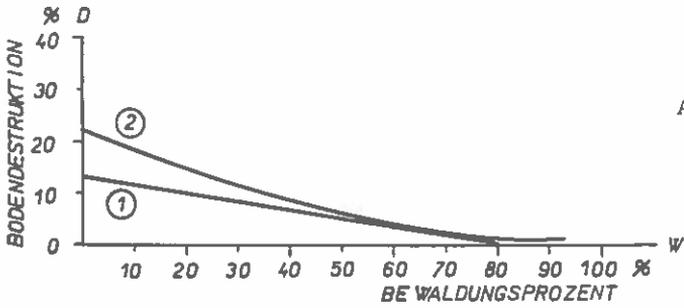
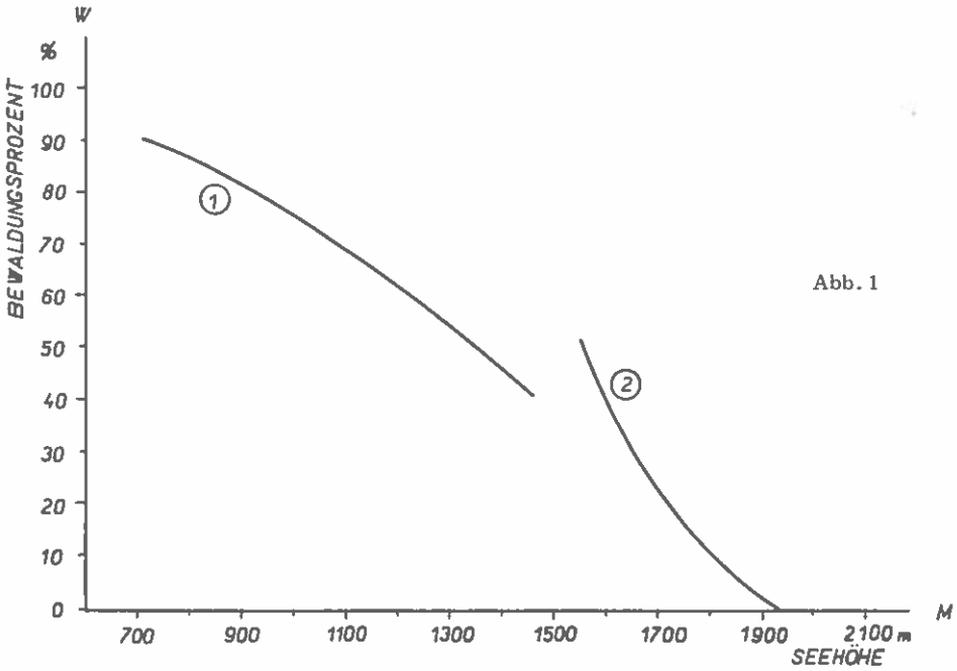
3/ Kleine und Grosse Fatra / $D = 76,04 - 0,1519 M + 0,000077 M^2$ ; 700-1400 m ü.d.M./

### Abkürzungen

D = Bodendestruktion /%/

W = Bewaldungsprozent

M = Seehöhe /m/





# PROBLEMS RELATED TO RIVER EROSION AND NATURE DAMAGES IN NORWAY

Baard Andersen

Norwegian Water Resources and Electricity Board, Oslo, Norway

## 1. WATER COURSES AND EROSION PROBLEMS

### 1.1. General view

The water courses in Norway include all types of rivers and torrents, from the steep mountain brooks in West Norway to the slow-flowing rivers in South-East Norway. In West Norway and in the higher parts elsewhere in the country, the streambeds are made from transported materials - sand and gravel - where the velocity of flow is high, and fine sand and silt in the lower districts. Clayey soil is not uncommon in the lower parts of South-East Norway and in Trøndelag. Marshy land may be found all over the country.

The greater part of the catchment areas is covered by vegetation. Many mountain lakes are regulating the run-off. Nevertheless, injurious floods are comparatively frequent.

Generally there are 2 flood periods in Norway. Spring-time-flood is caused by melting of snow, often in connection with rain. Manmade reservoirs in connection with hydroelectric power projects have reduced the danger of flooding in spring-time. The autumnflood is caused by rain. The reservoirs have practically no reducing effect on these floods. Sometimes the contrary may be the fact. There are no reservoirs in Norway with the only purpose to reduce floods.

Compared to Central and South Europe, the soil erosion in Norway is quite minimal and is of relatively small signi-

ficance for the torrent and river control works in the lower areas. Soil conservation cannot be considered a problem of urgent importance in this country. In the catchment areas no efforts of consequence have been made to this purpose.

Erosion and overflow in flood periods is a problem in torrents and rivers all over the country, especially where the bottom and side-slopes consist of fine sand and silt. In addition, winter erosion in connection with ice is not a rare incident. Much damage has also been caused by floods in winter, due to reduction of the river profile by ice.

Besides the problems in flood periods the normal water level may also cause drainage problems in many rivers and lakes in Norway, especially because the time of growth is rather short. Rivers which are originating from glaciers have a relatively high run-off in summer.

## 1.2. Protection efforts and improvements

As far as regards the torrents and the upper parts of the rivers the protection works have been limited to river bank protection, usually by covering the slopes with a layer of blasted stone. Where it was necessary to protect both banks, the width of the bottom was chosen as large as possible in order to avoid bottom-erosion. In many cases earthen embankments, covered with stone, have been made to protect cultivated areas from flood.

In order to reduce the fall of water and thereby prevent bottom-erosion, sills have been built between two-side bank protections. Sills are usually made of blasted stone, in special cases concrete dams have been built.

Since new machines have taken over all sorts of excavating work, the protection works in the rivers have been more complete. In precarious cases both bottom and slopes are being covered with stones. The stability of a river bed protected by natural blocks has been tested by River and Harbour Research Laboratory at the Technical University of Norway.

In rivers where the slopes consist of fine sand and silt, erosion in flood periods occur very frequently. In addition, winter erosion in connection with ice is not a rare incident. In most cases the protection work comprises a cover-layer of blasted stone, if necessary on a filter layer. The layer is extended from horizontal bottom up to highest water level. The thickness of the cover layer varies with the flow velocity.

In order to prevent overflow, earthen embankments have been built in many places, often combined with river bank protection work. All over the country efforts have been made to lower the normal water level in brooks, rivers and lakes for the purpose of agriculture. Usually the works include blasting of rocks and excavation, and are very often combined with earthen embankments to avoid overflow. Pump stations have been necessary in a few cases.

When planning the different works, special account must - above all - be taken of the ice conditions, the right of fishing and the log floating. In connection with the lowering of lakes, it is important not to aggravate the natural regulation conditions.

### 1.3. Administration and legislation

The planing and erosion control works in Norway are being carried out by the Norwegian Water Resources and Electricity Board, NVE, Water Resources Division, Department of River Maintenance.

The NVE is subordinate to the Ministry of Industry and Handicrafts. NVE is the official body which on behalf of the State deals with supervision, coordination and control of the utilization of the country's water resources, NVE deals with cases concerning production and supply of electricity, concession and supervision, hydrology, drainage and log floating.

Regarding the river control works the applications come from the various communes or from the local farmers.

From January 1st, 1976 the State pays most of the expenses of the security works. The Department of River Maintenance usually does the work, and the local communes must guarantee the maintenance.

Large and difficult drainage works are also being planned by the Department of River Maintenance, the simpler cases by agronomists. The State usually pays one half of the costs, in some cases 70 %. The department has got a head-office in Oslo and three offices in other parts of the country with a total staff of 15 civil engineers, some office clerks and 14 superintendents for the work. Lately the allocated funds for protection and lowering works granted by this department, have been appr. 15-20 mill.N.kr. a year, appr. 2 1/4 mill. \$ .

The Water Courses Act of 15 March, 1940 aims at settling the problems arising between persons who are interested in the works mentioned. With permission according to this act it is possible to expropriate ground and rights if necessary for the works to be done. The division of the costs between those who are benefited by the works, can be stipulated by a judicial judgement. The act forbids all works, building etc. which might increase the erosion problems in the watercourses. The soil erosion (surface-erosion) is not dealt with in this act.

## 2. LANDSLIDES AND AVALANCHES

### 2.1. General view

Landslides, rockslides and avalanches are rather frequent in Norway and serious disasters have occurred many times.

Landslides in districts with clayey soil is common in lower parts of East Norway and in Trøndelag. This type of clay

was formed in areas which were covered by the sea after the Ice Age. The slides may often be caused by fluctuations in the water level in rivers and brooks. During 1959-67 14 people lost their lives in 12 clayslides.

Rockslides and avalanches are most common in West Norway and partly in North Norway, where the mountain slopes are steep. In addition snow slides may occur in all mountain areas in wintertime.

These types of slides are each year responsible for the deaths of 10-12 persons and for the destruction of buildings and communication systems. However, the built up areas in these districts are dispersed and usually the buildings are located with regards to the slides.

Sometimes rockslides have hit lakes or narrow fjords and caused tidewaves <sup>which</sup> have destroyed settlements and taken many lives.

## 2.2. Preventive efforts

Landslides are usually difficult to predict. In clayey districts geotechnical investigations have often resulted in recommendation of river bank protections. In the river Namsen in Trøndelag protection works are being done on a length of 40 km at a provisional total cost of appr. 30 million N.Kr. In the district Romerike, appr. 50 km north of Oslo, a plan has been made to reduce bottom- and slope erosion in many small brooks at a total cost of appr. 50 mill. N.Kr. The aim is to secure buildings and cultivated areas from clay slides.

Efficient efforts to avoid avalanches are of relatively new date in Norway. So far protection works have only been done where adjacent settlements or communications have been in danger. The works have been limited to snow fences or "snow walls", with the main of detaining the snow and of reduc<sup>ing</sup> the drifting snow.

Regarding rockslides very few protection efforts have been done. In some cases dangerous rocks have been blasted down. Otherwise exposed buildings have been removed, railroads and highways have been placed in tunnels along dangerous parts etc.

### 2.3 Administration

According to a law of 1964 the Norwegian State Fund relating to Devastation by Nature (The Fund) is managing the damage caused by storm, floods, slides and avalanches. The tasks of the Fund are:

1. Yield indemnity for damage by nature
2. Help municipalities and private persons with the planning of security works for the prevention of damage by nature
3. Yield grants to security works.

In cases of damage by nature the injured part gets an indemnity from the Fund in general 75 % of the damage on property, goods and chattels. The rest has to be paid by the community or by the injured part. The indemnities given by the Fund in the years 1966-69 have been:

1966: Appr.	4.0	mill.	N.kr.
1967: "	16.7	"	"
1968: "	9.7	"	"
1969: "	5.8	"	"

The Fund helps with the planning of protection works regarding slides of rock, soil and clay and avalanches. The works have usually been carried out by the communities.

The grants for protection works in the year 1969 were all together 2.2 mill. N.Kr., apportioned on kind of damage as follows:

Storm 0,1 %, flood 1,8 % rockslides 37,7 % soil- and clay-slides 25,2 %, avalanches 35,2 %.

The apportionment on the various kinds of works is:

Reinforcing or elevation of buildings	0,1 %
Removal of houses	36,5 %
- " - from property	52,2 "
Frontbuildings, mainly against slides	6,6 "
Rockblasting	1,8 "
Soil examinations and other works	2,8 "

The table shows that most of the grants is used for the removal of houses and removal from property. This indicates the necessity of considering the danger of damage by nature when planning areas for housebuilding. The official authorities have now become more conscious of this problem.

The Fund has only a staff of six members. Therefore experts have to be consulted in connection with security works. Especially is to be mentioned the Norwegian Geotechnical Institute, which has experts on slides of clay and other loose masses. At present efforts are made to establish an extended cooperation between the Fund and this Institute concerning all types of rock and soil slides and avalanches.

The works to prevent slides in connection with rivers and torrents are managed by the Norwegian Water Resources and Electricity Board, Department of River Maintenance. The State pays 75 - 90 % of the costs, the community or the proprietors have to pay the rest.



Teil / Part / Partie II

Arbeitsgruppe/Working Group/Group de Travail

S1.04-02

Schnee- und Lawinen

Snow and Avalanches

Neige et Avalanches



# DAS LAWINEN-PROBLEM IN ANATOLIEN (TÜRKEI)

Faik Tavşanoğlu

Forstliche Fakultät, Universität Istanbul, Türkei

## V o r w o r t

Dieser Bericht möge die Herren Teilnehmer der Sitzung der IUFRO Fachgruppe S1.04-00 für Wildbäche, Schnee und Lawinen über:

- I. Das Vorkommen der Lawinen in der Türkei,
- II. Die Naturgegebenheiten in Bezug auf Entstehung und Abgang der Lawinen in Anatolien,
- III. Das Entstehen und Abgehen verschiedenartiger Lawinen im Gebirge,
- IV. Einen Versuch zur Erhebung der Lawenstriche (Lawinenbahnen) auf den Hängen der anatolischen Gebirge und schließlich:
- V. Einiges über geeignete kulturelle Verbauungsmaßnahmen zur Verhinderung des Entstehens und Abgehens der Lawinen in den anatolischen Gebirgen

informieren.

## I. Das Vorkommen der Lawinen in der Türkei

Wie in allen Gebirgsländern entstehen und gleiten Lawinen auf den Hängen der Gebirge in Anatolien besonders in den Wintern mit reichem Schneefall ab und bringen den Menschen Tod, zerstören Häuser und sogar ganze Dörfer, Straßen und Eisenbahnen und sperren den Verkehr auf diesen tagelang.

Nach den vorliegenden Presse-Meldungen wurden allein im Winter 1973/74 durch Lawinen in Anatolien über 50 Menschen getötet und zahlreiche Häuser zerstört<sup>1)</sup>.

Die Türkische Gesetzgebung schuf im Jahre 1959 ein Gesetz, das Gesetz der Natur-Katastrophen, welches bei den das öffentliche Leben beeinflussenden Ereignissen, wie Erdbeben, Überschwemmungen, Erdbewegungen, Brände, Lawinen, Steinschläge, die vom Staat zu ergreifende Maßnahmen und zu leistende Beihilfen beinhaltet (Gesetz No.7269, Datum März 1959).

In diesem Gesetz werden die zu ergreifenden Maßnahmen und die zu leistenden Beihilfen bei den das öffentliche Leben beeinflussenden Ereignissen, wie folgt, angeführt:

- Medizinische Betreuung, vorübergehende Unterbringung und Ernährung der Leute, welche von der Natur-Katastrophe betroffen sind.

- 
- 1) - Eine Lawine ging in der Umgebung von Karakoçan (Provinz: Elâzig) ab, zerstörte 2 Häuser und tötete 10 Menschen (Hürriyet, 23 Januar 1974);
- Eine Lawine gleitete in der Umgebung von Yünlüce bei Kangal (Provinz: Sivas) ab und verschüttete fast die Hälfte des Dorfes. Weil jede Verbindung mit Kangal abgebrochen war, war über die angerichteten Schäden kein Bericht zu erhalten (Hürriyet, 24 Januar 1974);
- Eine Lawine brach in der Umgebung von Ovacik (Provinz: Tunceli) ab, zerstörte 18 Häuser und tötete 19 Menschen. Dabei wurden auch 5 Menschen vermißt und 17 Menschen schwer verletzt (Hürriyet, 25 Januar 1974);
- Mehrere Lawinen gingen in verschiedenen Provinzen, wie Malatya, Elâzig, Bitlis, Mus und Van ab, 7 Menschen starben dabei (Hürriyet, 24 Januar 1974);
- Eine Lawine ging in der Umgebung von Maden (Provinz: Elâzig) ab, tötete 12 Menschen und verletzte 2 weitere schwer (Hürriyet, 27 Januar 1974).

- Reparatur der beschädigten Häuser und Wieder- oder Neuansiedlung der Leute deren Häuser gänzlich zerstört wurden.

Es muß aber hier darauf hingewiesen werden, daß die von den Lawinen angerichteten Schäden nicht nur aus jenen bestehen, die oben in dem genannten Gesetz angeführt wurden, sondern es müssen dazu auch noch die Schäden an Grund und Boden gezählt werden. Denn die Lawinen zerstören durch ihre ungeheuerere dynamische und erosive Kraft junge und alte Waldbestände, die im Bereiche ihrer Bahnen stehen und reißen gleichzeitig den Boden und den Grund der Hänge auf und tragen das losgerissene Material in die Täler hinab (Lawinenerosion). Dadurch gewinnt auch die Wassererosion wieder an Stärke.

Man kann also hier zusammenfassend sagen: daß die Lawinen auch von den Hängen der Anatolischen Gebirge jedes Jahr in die Täler abgehen und vielseitige Schäden anrichten. Aus diesem Grund ist es auch notwendig, die Naturgegebenheiten im Bezug auf die Entstehung und Abgang der Lawinen in Anatolien zu kennen.

## II. Die Naturgegebenheiten in Bezug auf die Entstehung und Abgang der Lawinen in Anatolien.

### Relief:

Anatolien ist fast gänzlich gebirgig und bildet etwa 97 % der Fläche des Türkischen Territoriums. 3 % der Fläche liegt in Europa, heißt bekanntlich Thracien und ist teils eben, teils hügelig und mittelgebirgig und in Bezug auf die Entstehung der Lawinen belanglos.

Die Anatolischen Gebirge werden im allgemeinen vom Westen gegen Osten höher (Karte I) und zwar sind im östlichen Schwarzenmeergebiet Höhen bis 3937 m (1. Kaçkar Dagi), im Osten bis 5615 m (2. Agri Dagi), in dem südlichen Gebiet bis 2771 m (3. Malatya Dagi) und im Süden bis 3731 m (4. Aladag) anzutreffen.

## Klima:

Das Klima in Anatolien wird von Westen gegen Osten eher kontinentaler und es ist durch lange, strenge Winter gekennzeichnet. Besonders sind die Winter in manchen Jahren durch langandauernde und hohe Schneefälle charakterisiert <sup>1)</sup>.

## Vegetationsdecke:

Die Vegetationsdecke und besonders die Walddecke der Gebirge in Anatolien wurde seit Jahrhunderten durch verschiedene Formen menschlicher Eingriffe, wie Waldbrände, Überweidung, usw., zerstört oder zumindest degradiert, um Kultur- und Weideflächen zu gewinnen. Daher besteht die Waldfläche, die heute mit 19,135.719 ha <sup>2)</sup> angegeben wird, ungefähr zu 60 % aus zerstörten und degradierten Waldbeständen.

Auf der anderen Seite sind die östlichen und südöstlichen Gebirge von Anatolien aus den schon oben angeführten Gründen fast zur Gänze entblößt oder besitzen nur eine sehr arme und schwache Vegetationsdecke (siehe Karte II).

Wie bekannt ist, spielt für die Entstehung und für den Abgang der Lawinen das Vorhandensein und die Beschaffenheit der Vegetationsdecke eine große Rolle. Gegen Lawinen bietet ein gradstämmiger, dichter und nicht zu alter Hochwald (Nadelwald) den besten Schutz, während junge Bestände wegen ihrer Elastizität nicht immer imstande sind, das Abgehen der Lawinen zu verhindern, die jedes Jahr zu Tal gehen.

---

1) Die Staatsmeteorologie gibt die Schneehöhen in verschiedenen Gebieten in Anatolien für Januar und Februar 1974 wie folgt an:

Provinzen	See-Höhen	Schneehöhen
Bursa (Uludag-Spitze)	1878	204 cm
Bingöl	1177	101 "
Hakkâri	1720	90 "
Mardin	1080	55 "
Muş	1258	50 "
Sivas (Gemerek)	1173	40 "

2) Die Türkische Forstwirtschaft, 50 Jahre Türkische Republik, 1973.

### III. Das Entstehen und Abgehen verschiedenartiger Lawinen im Gebirge.

Vollständigkeitshalber sei auf die Entstehungsarten und auf die Formen der Lawinen kurz eingegangen: vom großen Einfluß sind für die Entstehung und für den Abgang der Lawinen im Gebirge die Masse des gefallenen Schnees, die Witterungsverhältnisse und die Temperatur zur Zeit der Schneeschmelze.

Wie bekannt, unterscheidet man hauptsächlich zwei Formen von Lawinen: Grundlawinen und Staublawinen.

Grundlawinen bilden sich, wenn es bei warmer Witterung schneit oder es auf Schnee regnet. Der Schnee ist in diesem Falle naß und schwer und hängt anfangs fest am Boden. Sobald diese schwere Masse die Reibungswiderstände überwunden hat, kommt sie in Bewegung und fährt zu Tal.

Dagegen entstehen die Staublawinen, wenn es bei kalter Witterung schneit. Der Schnee ist äußerst flüchtig und gerät in steilen Hängen, besonders wenn sie nicht bewaldet sind, so leicht wie Sand, in Bewegung und reißt die übrigen Schneemassen mit sich. Die hiedurch komprimierte Luft strömt der Lawine voraus und die auf Kilometer fühlbare Wirkung des Luftdruckes ist zumeist größer als die der nachfolgenden Lawine. Staublawinen bilden sich zumeist schon während des Schneefalles oder sie werden nachträglich durch den Wind ausgelöst.

Im allgemeinen kann man sagen, daß die Mehrheit, der von den Hängen der Gebirge in Anatolien abgehenden Lawinen, wie in anderen Gebirgsländern, Grundlawinen sind.

### IV. Ein Versuch zur Erhebung der Lawinenstriche (Lawinenbahnen) auf den Hängen der Anatolischen Gebirge <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dieser Versuch wurde vom Institut des forstlichen Bauingenieurwesens an der Forstlichen Fakultät, Universität Istanbul, im Jahre 1960 vorgenommen.

Zur Erhebung der Lawenstriche auf den Hängen der Gebirge in Anatolien wurde die Fragebogen-Methode angewendet. Die Fragebögen wurden zugesandt:

- Der Generaldirektion für öffentliche Straßen (Staats- und Provinzstraßen in der Länge von 68.519 km);

- Der Generaldirektion für Staatseisenbahnen (Bahnen der Länge von 8.000 km);

- Den Oberforstdirektionen der Staatsforstverwaltung in den Provinzen: Trabzon, Giresun, Amasya, Kastamonu, Istanbul, Adapazari, Bolu, Bursa, Balikesir, Izmir, Mugla, Denizli, Antalya, Mersin, Kilis, Eskişehir, Ankara, Beyşehir, Elâzığ, und Erzurum. Diesen Oberforstdirektionen unterstehen 900 Forstreviere.

Die Auswertung der beantworteten Fragebögen ergab längs der öffentlichen Straßen 36 Lawenstriche. Zum Schutze dieser Straßen und des Verkehrs auf diesen wurden stellenweise Galerien und Schutzmauern gebaut. Im Bedarfsfall werden die kritischen Strecken auf diesen Straßen bewacht und die Lawen werden durch die Sprengung zum Abbruch gezwungen.

Entlang der Staatseisenbahnen sind 38 Lawenstriche auffindig gemacht worden. Zum Schutze dieser Bahnen und des Verkehrs wurden stellenweise Galerien erbaut und Lawenfänge errichtet.

Auf dem Gebiete der Staatsforstverwaltung wurden 48 Lawenstriche gemeldet. In den der Staatsforstverwaltung unterstehenden Gebieten kann von irgendwelchen technischen Maßnahmen nicht gesprochen werden. Nur zum Schutze mancher Dörfer wurden oberhalb von diesen befindliche Waldbestände zum Schutzwald erklärt.

Es erscheint mir aber sehr wahrscheinlich, daß die Zahl der Lawen in Anatolien, nach den vorliegenden Presse-Meldungen über Lawenunfälle, besonders in den Wintern mit reichem Schneefall, in Wirklichkeit viel größer ist, als nach der oben angeführten Erhebung.

## V. Einiges über geeignete kulturelle Verbauungsmaßnahmen zur Verhinderung des Entstehens und Abgehens der Lawinen in den Anatolischen Gebirgen .

Im Rahmen der forstlichen Tätigkeiten sucht man sich heute gegen die Lawinengefahr in den Alpenländern hauptsächlich dadurch zu schützen, daß man von Hause aus das Entstehen der Lawinen zu verhindern trachtet. Man verbaut sie in den Abbruchgebieten und hat auf diese Weise mit geringen Mitteln meist bessere Erfolge erzielt, als durch die Errichtung von Schutzbauten in den Tälern.

Den besten Schutz gegen die Bildung und das Abgehen von Lawinen bietet unbestritten der Hochwald, und zwar geradstämmige, dichte und nicht zu alte Nadelholzwälder, weil sie sich im Alter zu sehr lichten. Die beste Maßnahme ist daher die Aufforstung der zur Lawinenbildung neigenden Hänge bzw. die Ergänzung der vorhandenen Waldbestände.

Da aber der Wald selbst in der Jugend geschützt werden muß, sind auch im Falle der Aufforstungsmöglichkeit des Lawinenstriches technische Maßnahmen erforderlich, die meist solange wirksam sein müssen, bis der Wald selbst den Schutz übernehmen kann. Wo infolge der Beschaffenheit des Bodens eine Aufforstung ausgeschlossen ist und oberhalb der Waldgrenze kann die Lawinenbildung nur durch technische Maßnahmen verhindert werden.

Diese Maßnahmen können in dauernd- und vorübergehend wirkende eingeteilt werden. Die ersten sind aus beständigeren Materialien, hauptsächlich aus Stein oder Beton herzustellen. Diese finden vorzugsweise dort Anwendung, wo die örtlichen Verhältnisse eine Bewaldung nicht zulassen. Also besonders oberhalb der Waldgrenze. Die zweiten sind aus weniger dauerhaften Materialien und zumeist aus Holz errichtet und sollten nur dann verwendet werden, wenn es sich um einen nur vorübergehenden Schutz handelt, wenn also eine Aufforstung des Lawi-

nenstriches möglich und geplant ist und die jungen Pflanzen gegen Lawinen geschützt werden müssen.

Für die Aufforstung der Lawenstriche sind Holzarten zu wählen, die einen hochstämmigen, kräftigen Bestand liefern, der dem Schneedruck gut zu widerstehen vermag. Es sind dies namentlich die Nadelhölzer und zwar in höheren Lagen in der Türkei Gemeine Kiefer und Schwarzkiefer, denen in mittleren Lagen z.B. die Fichte (*Picea Orientalis*) beizumischen ist. Von den Laubhölzern sind je nach den Standortverhältnissen vor allem Bergahorn, die Vogelbeere und die Grünerle zu nennen; die letztere vermag zwar die Lawinenbildung nicht zu verhindern, bietet aber den wertvolleren Holzarten in jeder Hinsicht einen ausgezeichneten Schutz. Das gleiche kann für Wacholderarten, besonders für *Juniperus Nana*, gelten.

Die Bestandesbegründung erfolgt mit bewurzelten Pflanzen. Es ist nicht unbedingt notwendig, einen regelmäßigen Verband einzuhalten; die Pflanzen sind vielmehr möglichst in Örtlichkeiten zu setzen, die ihnen einen guten Schutz bieten, also z.B. vor alten Stöcken, größeren Steinen, Gebüschern u.s.w. Die Saat findet nur ganz ausnahmsweise, und zwar als Schneesaat, statt. Es sind dann schon im Herbst an den betreffenden Lehnen horizontale Rinnen zu ziehen, damit der mit dem Schnee abgehende Samen nicht weiter abwärts geschwemmt wird und gleichzeitig ein gutes Keimbeet findet.

An technischen Maßnahmen kommen Erdgräben, Terrassen, Trocken-Mauerwerke, Flechtwerke, Schneebrücken, Schneefänge in Frage, auf die man hier nicht weiter einzugehen braucht.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Wie in allen Gebirgsländern, entstehen und gehen Lawinen auch von den Hängen der Gebirge in Anatolien ab, töten Menschen, zerstören Häuser, sogar ganze Dörfer, Straßen und Eisenbahnen und sperren den Verkehr auf diesen tagelang ab.

Nach vorliegenden Presse-Meldungen fanden in der Türkei allein im Winter 1973-1974 mehr als 50 Menschen durch Lawinen

den Tod.

Die vom Staat bei den das öffentliche Leben beeinflusenden Natur-Katastrophen, wie Erdbeben, Überschwemmungen, Erd-rutschungen, Brände, Lawinen und Steinschläge, zu ergreifende Maßnahmen und zu leistenden Beihilfen wurden durch ein Gesetz geregelt. Die in diesem Gesetz angeführten Maßnahmen und Beihilfen sind aber eher sozialen Charakters, d.h. sie umfassen medizinische Behandlung, Verpflegung, Unterbringung oder Neu-Besiedlung der Leute, die von den Naturkatastrophen betroffen sind. In diesem Gesetz sind aber die von Lawinen angerichteten Schäden an Boden und Grund (Erosion durch Lawinen) nicht berücksichtigt. Diese Schäden müssen daher zu jenen, die im genannten Gesetz ihren Ausdruck gefunden haben, hinzugerechnet werden.

Für die Entstehung und den Abgang der Lawinen sind die natürlichen Gegebenheiten des Gebietes wie Relief, Klima und Vegetationsdecke maßgebend: Steile, kahle oder mit einer nicht genügend kräftigen Vegetationsdecke, also mit Wald geschützte Hänge sind für die Entstehung und für den Abgang der Lawinen äußerst geeignet.

Zur Erhebung der Lawinenstriche an den Hängen der anatolischen Gebirge hat man eine Fragebogenaktion vorgenommen (1960). Die Ergebnisse waren:

Längs öffentlicher Straßen (über 60.000 km) wurden 36 Lawinenstriche,

längs der Staatseisenbahnen (8.000 km) 38 Lawinenstriche und

in den Staatswaldflächen wurden 48 Lawinenstriche (zirka 99 % der totalen Waldfläche) auf dem Gelände ausfindig gemacht.

Es erscheint aber sehr wahrscheinlich, daß die Zahl der Lawinen, die in Anatolien abgehen, nach den vorliegenden Presse-Meldungen über Lawinenunfälle, besonders in den Wintern mit reichem Schneefall, in Wirklichkeit viel größer ist, als nach der eben angeführten Erhebung.

Auf steilen und kritischen Hängen in höheren Lagen wäre die wichtigste Maßnahme, daß man das Entstehen der Lawinen

durch forstliche Maßnahmen zu verhindern trachtet und zwar durch die Ergänzung der noch halbwegs bestehenden Bestände durch Aufforstungen einerseits und der schon entblößten Flächen durch neue Aufforstungen andererseits. Man verbaut sie in den Abbruchgebieten und hat auf diese Weise mit geringeren Mitteln meist bessere Erfolge erzielt als durch die Ergreifung von Schutzmaßnahmen in den Tälern.

Zum Schutze der noch bestehenden Bestände und neuen Aufforstungsflächen gegen die Viehweide, Waldbrände, Lawinen u.s.w. umgibt man sie am besten mit Trockenmauerwerk, wenn dafür erforderliches Steinmaterial in der Nähe leicht zu finden ist. Anderenfalls wären diese Flächen durch genügend starke Flechtwerke (Zäune) zu schützen.

### S u m m a r y

As in all mountainous countries, also in Turkey on the mountains numerous avalanches start and come down during the winters with plentiful snow fall, killing people, destroying buildings and even whole villages, highways and railroads and blocking traffic on them for long periods.

Therefore, a law was passed in 1959 to cover "The measures to be taken and aids to be extended at natural disastrous occurrences affecting public life". Natural disasters covered by the law are earthquakes, fires, floods, landslips, avalanches and rolling stones.

The measures to be taken and the aids to be proffered are stated in this law under two heads:

- Medical treatment, provisional housing and feeding of the people faced with natural disasters which affect public life,

- Repair of damaged houses of people involved in natural disasters or resettlement of people whose houses have been destroyed.

But, of course, the damages caused by avalanches do not consist only of those expressed above. The avalanches destroy, because of their tremendous dynamism and erosive force, young or old forests also and at the same time they destroy the soil and the ground of the slopes and carry it away (avalanche erosion). In this way water erosion gains increased severity.

The starting and coming down of avalanches depend closely on the natural conditions: relief, climate and vegetation cover. Steep and bare slopes or slopes covered by a insufficient vegetation cover ease the start of avalanches on the mountain in high altitude.

Basically two forms of avalanches can be distinguished: slab avalanches and loose avalanches. The weather conditions influence the form of avalanches.

To find out the ways (courses) where avalanches come down in Turkey, studies have been initiated in 1960. For this purpose the method of questionnaires has been used. As a consequence of these studies has been found out:

The avalanches come down in Turkey:

Along the State Highways (of over 60000 km length) on 36 places;

Along the State Railroads (of 8000 km length) on 38 places and:

In the State Forest areas (about 97 % of total forest areas) on 48 places.

The most important and constructive measures are to prevent the start of avalanches in high altitudes and sensitive areas, and subsequently of new occurrence of starting sites on the mountains. For this purpose those measures which are to be taken within the framework of forestry activities. Consequently having made special studies to determine where the natural forest boundary limits should lie, the aim should be to restore this limit from its present reduced state brought about by overgrazing and other human activities, to

its original position.

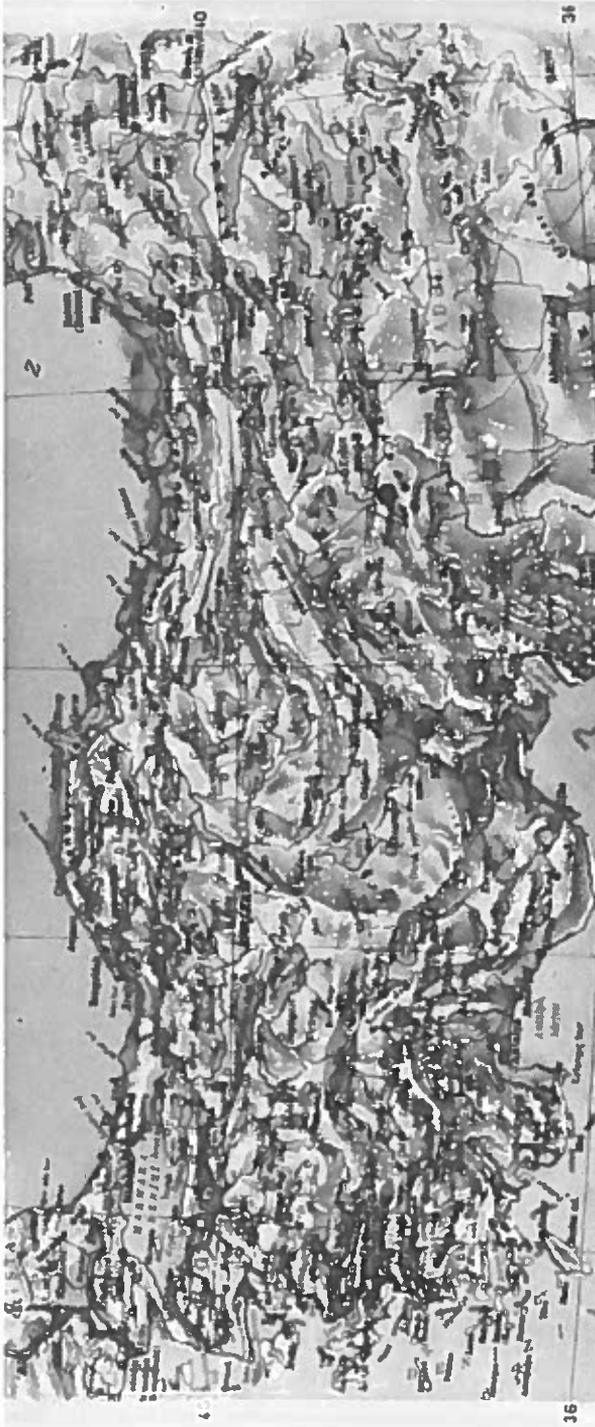
Therefore:

- The present forests and all reforestation areas below this boundary should be protected with dry wicker works against grazing and rolling stones. But it is much better to protect these areas against grazing, rolling stones and at the same time against forest fire by surrounding them with dry stone walls.

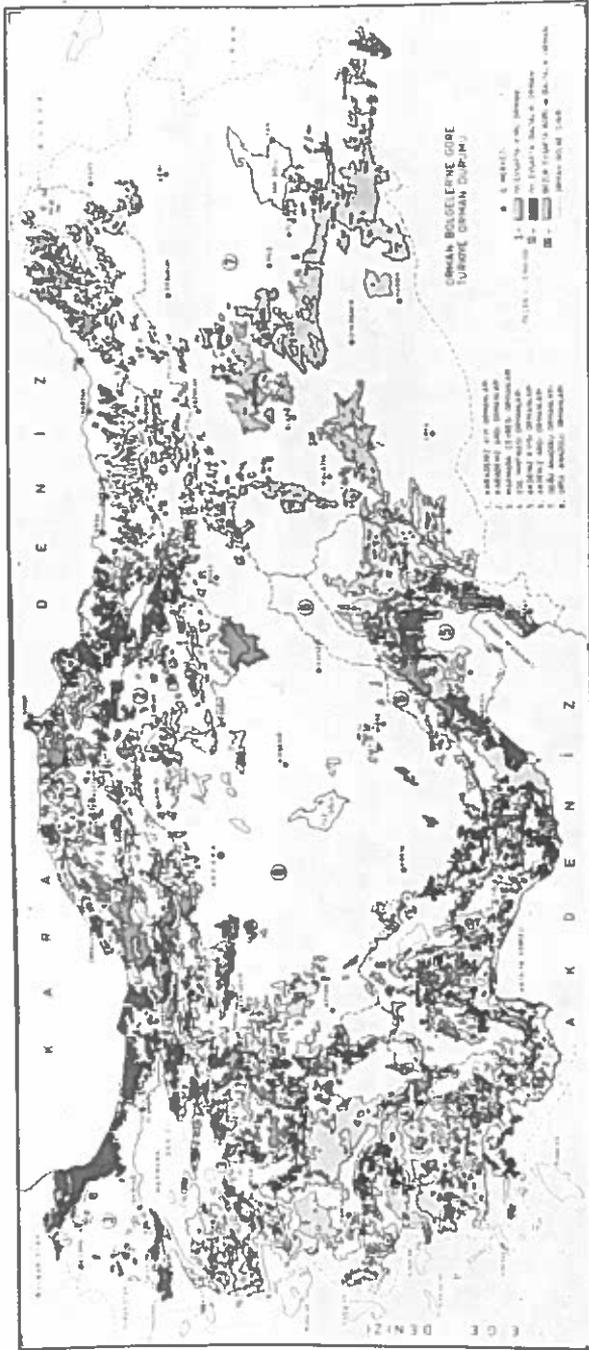
- Besides, within forestry activities, dry stone walls (buttresses) were to build in the upper watersheds to prevent the start of avalanches and on that way to protect all young forests and reforestation areas below the forest boundary during the first decades (20-30 years).

#### B i b l i o g r a p h y

1. Härtel Ottocar und Winter Paul, 1934: Wildbach- und Lawinenverbauung. Wien und Leipzig.
2. Strele Georg und Fulterer Georg, 1948: Über Lawinenabwehr und die Konstruktion von Lawenschutzbauten an Straßen. Wien.
3. Strele Georg, 1950: Grundriß der Wildbach- und Lawinenverbauung. Wien.
4. Tavşanoğlu Faik, 1967: Sel Derelelerinin Tahkimi (Wildbachverbauung) Istanbul.
5. United States Department of Agriculture, Forest Service, 1969: Snow Avalanches. January.
6. United States Department of Agriculture, Forest Service, 1969: The Snow Torrents in Wasatch National Forest, January.
7. United States Department of Agriculture, Forest Service, 1970: Mechanics of Debris Avalanching in Shallow Till Soils of Southeast Alaska.
8. Aulitzky H., 1973: Enlarged Alpine Regions and Protective Measures. European Committee For the Conservation of Nature and Natural Resources, Strasbourg.



MAP 1



MAP II

I - NORMAL HIGH FORESTS  
 II - NORMAL MIDDLE FORESTS (COPPICES)  
 III - DEGRADED HIGH AND MIDDLE FORESTS

THE PROTECTION WALLS AGAINST AVALANCHES

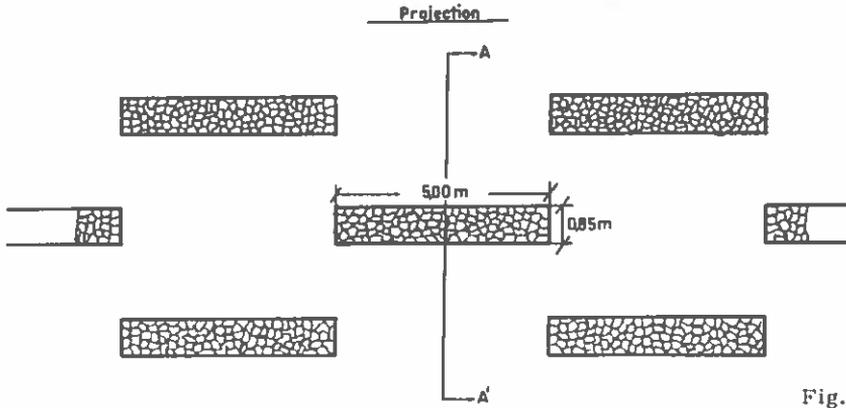


Fig. 1

THE PROTECTION WALLS AGAINST AVALANCHES  
(DRY STONY WALLS)

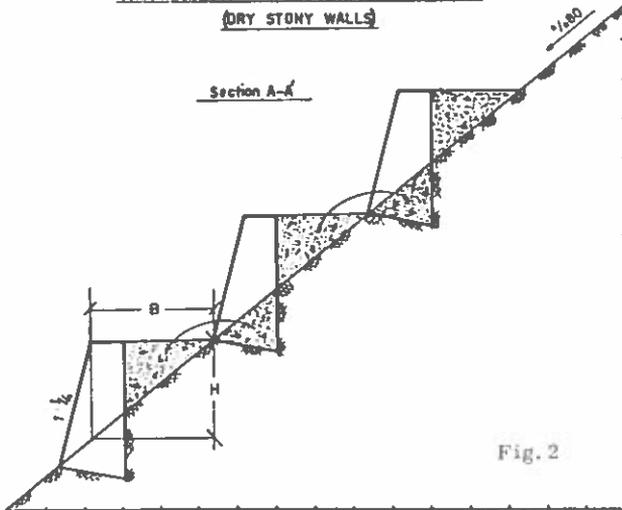


Fig. 2

THE SERIES OF DRY WICKERWORK



Fig. 3



# WALDSCHÄDEN DER LAWINENKATASTROPHE APRIL 1975 IN DEN SCHWEIZER ALPEN

H. in der Gand

Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung  
Weissfluhjoch-Davos, Schweiz

## 1. Einleitung

Die katastrophalen Lawinnenniedergänge von anfangs April 1975 haben auf der Alpensüdseite, im zentralen sowie im anschliessenden östlichen Gebiet des Alpenkammes und auf der unmittelbar benachbarten Alpennordseite grosse Waldschäden verursacht. In der Zeitspanne vom 3. bis 10. April 1975 warfen/528 Waldschadenlawinen die enorme Masse von 135 085 m<sup>3</sup> Holz und hinterliessen damit an vielen Orten breite baumlose Furchen im Waldgürtel.

Waldschäden dieser Grössenordnung kommen nur in ausserordentlichen Lawinensituationen zustande; letztmals ereigneten sie sich im ebenfalls katastrophalem Ausmass im Winter 1950/51.

Zweck dieser Arbeit ist es, die Zusammenhänge aufzuzeigen, die zu diesen Lawinenschäden im Gebirgswald führten und daraus erste Folgerungen für die weitere Waldbewirtschaftung zu ziehen.

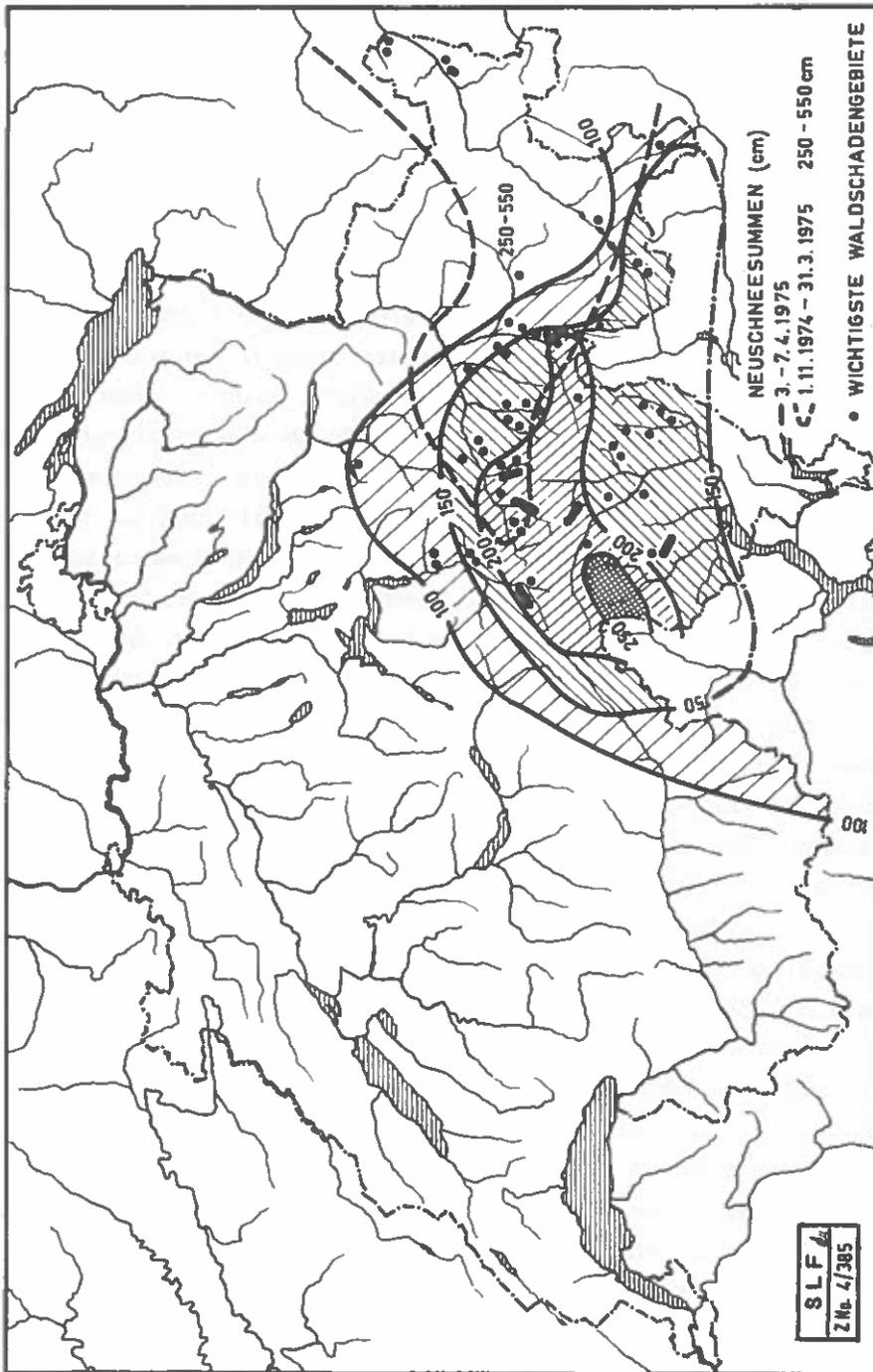
## 2. Schneeverhältnisse und Lawinensituation

(vgl. Courvoisier, H.W. und Föhn, P.: Die ausserordentlichen Schneefälle im Winter und Frühling 1974/75 [1]).

Bis Ende Februar 1975 war der Winter 1974/75 gekennzeichnet durch extrem frühes Einschneien und Schneereichtum auf der Alpennordseite, während die Südabdachung der Alpen bis anfangs März schnee-arm blieb. Im Verlaufe des März folgten sich auf der Südseite und

im Alpenkammgebiet drei schneereiche Niederschlagsperioden, so dass bis Ende März am Alpensüdhang ähnliche Neuschneesummen gemessen wurden wie am zentralen und östlichen Alpennordhang ( $\Sigma$  HN 1. Nov. 1974 - 31. März 1975 über 1200 m ü.M. 600 - 900 cm). In höheren Lagen wiesen auch die Schneehöhen überdurchschnittliche Werte auf (1800 m ü.M. ca. 2 m). Wesentlich schneeärmer waren das Engadin, Mittelbünden und das Bündneroberland ohne Alpenkamm ( $\Sigma$  HN 250 - 550 cm).

Auf diese Unterlage fielen in der Zeit vom 3.-7. April 1975 mit aussergewöhnlicher Schneefallintensität weitere 150 - 250 cm Neuschnee, die zur Auslösung der Lawinenkatastrophe führten. Die Bodenwetterkarte vom 5. April 1975 zeigte dabei folgende Situation: Polare Kaltluft floss über den Atlantik südwärts, lud sich über dem Mittelmeer mit Feuchte auf, strömte dann von Süden gegen den Alpenkamm und über diesen hinweg, wobei es zur Ausscheidung der Luftfeuchte in Form grosser Stauniederschläge kam. Solche Wetterlagen sind nicht aussergewöhnlich, ebensowenig wie die damit verbundenen starken Niederschläge. Das Besondere daran war vielmehr, dass diese Niederschläge in Form von Schnee fielen, was wahrscheinlich daher kam, dass der Kaltlufteinbruch direkt aus dem Polargebiet erfolgte und die tiefe Lufttemperatur deshalb bis zum Zentrum der Alpen erhalten blieb. Während sich die Alpennordseite aus diesem Grunde während der Niederschlagsperiode vorwiegend im Bereiche dieser Polarluftmasse befand, lag in den Niederungen der Alpensüdseite wärmere Mittelmeerluft. Demzufolge variierte die Schneefallgrenze auf der Südabdachung der Alpen und im Engadin zwischen 580 und 1800 m, während sie am Alpennordhang in Nord- und Mittelbünden zwischen 300 und 600 m ü.M. lag. Die Niederschlagsverteilung (als Neuschneesummen) auf der Alpensüdseite und am Alpenkamm mit Ausdehnung in westlicher Richtung bis ins Goms (oberes Rhonetal) und gegen Osten bis ins Malojagebiet (Oberengadin) geht aus Figur 1 hervor. Auf der Alpensüdabdachung fiel der Niederschlag unter ca. 1000 m hauptsächlich als Regen.



Figur 1 Neuschneesummen (nach P. Föhn [1]) und wichtigste Waldschadengebiete.

Im Lawinenkatastrophenwinter 1950/51 kam in der ersten Hälfte des Februars 1951 eine ganz ähnliche Niederschlagsverteilung zustande. Vom 4.-14. Februar 1951 fielen ebenfalls auf der Alpensüdseite und etwas weniger ausgeprägt auch auf dem Alpenkamm innert 10 Tagen in Höhenlagen über 1200 m 200 - 400 cm Neuschnee. Die Schneefallintensität war damals teils grösser, teils kleiner als im April 1975.

Entsprechend den unterschiedlichen winterlichen Witterungsbedingungen in den verschiedenen Regionen unseres Landes war auch der Schneedeckenaufbau stark differenziert. Eine allgemein gute Verfestigung der Schneeablagerungen wurde am Alpensüdhang, ganz besonders im Gebiet des Maggiatales, d.h. in der Kernzone der Grossschneefälle festgestellt. Im Gotthardgebiet und in der östlich davon gelegenen Alpenkammzone bis ins Rheinwald zeigten die auf horizontalen Flächen aufgenommenen Schneeprofile ein mittelmässig verfestigtes Fundament und öfters auch schwächere Zwischenschichten aus Reif und Schmelzharsch. Eine Begünstigung<sup>bau</sup> der Lawinenbildung durch einen derartig inhomogenen Schneedeckenaufbau mit abwechselnd lockerem und festem Schnee ist bei Ueberlagerung mit grossen Neuschneemengen durchaus möglich. Noch günstigere Lawinenanbruchbedingungen von Seiten der Altschneedecke waren in einem sich vom Engadin über Mittelbünden ins nördliche und östliche Bündneroberland erstreckenden Keil zu finden. In diesem schneeärmeren Gebiet ( $\Sigma$  HN 1. Nov. 1974 - 31. März 1975 über 1200 m ü.M. 250 - 550 cm) mit sehr geringen Niederschlägen vor allem im Februar und März 1975, stellte man eine von Westen nach Osten abnehmende Festigkeit der Gesamtschneedecke fest. Während im Bündneroberland und im westlichen Mittelbünden wegen der schneeärmeren Februar- und Märzwitterung vor allem die oberflächennahen Schichten locker blieben, wurde im östlichen Mittelbünden und vor allem im Engadin mit Schneearmut auch im Frühwinter, die gesamte Schneedecke zu Lockerschnee umgewandelt. Damit lagen für die folgenden Ueberlagerungen günstige Lawinenanbruchbedingungen vor.

Diese Altschneedecke recht unterschiedlicher Stabilität wurde anfangs April durch die Grossschneefälle überdeckt, was zur Auslösung der Katastrophenlawinensituation führte.

Bekanntlich wirken bei der Lawinenbildung ausser dem Schneeniederschlag auch Wind und Temperaturverhältnisse als bestimmende meteorologische Faktoren mit. Während der Niederschlagsperiode vom 3.-7. April 1975 herrschten mittelmässige und verhältnismässig konstante Höhenwinde aus Süden (4 - 12 m/s in 2200 m ü.M.); und auch die Temperaturverhältnisse blieben in den Anrissgebieten während der Zeitspanne vom 4.-6. April 1975 mit den zahlreichsten Lawinnenniedergängen konstant.

Hauptursache der Lawinenbildung war somit in diesem Falle die innert kurzer Zeit abgelagerte grosse Neuschneemenge, deren Verfestigung - wie bereits gesagt von Wind- und Temperaturbedingungen wenig begünstigt - zu langsam verlief, um der steigenden Belastung standhalten zu können. Die Bruchbildung in der Neuschneesicht dürfte sich überall dort vollzogen haben, wo die Altschneedecke einen stabilen Aufbau aufwies (Alpensüdseite), während im Falle einer oberflächlich oder durchgehend lockeren Altschneedecke (übrige Gebiete, gemäss Schneedeckenaufbau) auch Teile der früheren Ablagerungen oder gar die gesamte Altschneedecke an der Lawinenbildung mitbeteiligt gewesen sein dürften.

Im Falle der Neuschneelawine ist der Anbruch im allgemeinen eine Frage des Wettkampfverlaufes zwischen Spannungs- und Festigkeitszunahme; bei Beteiligung umgewandelter, lockerer Altschneesichten an der Lawinenbildung hängt dies mehr nur von der Spannungs Zunahme (Neuschneebelastung) für eine vorgegebene, sich wenig ändernde Festigkeit der Lockerschicht ab. Währenddem reine Neuschneelawinen je nach der Schneeverteilung im Gelände nicht zwingend grossflächig anbrechen müssen, umfassen auf umgewandeltem lockerem Altschnee abgleitende Lawinen meistens grössere Anbruchgebiete. Entsprechend den Entstehungsbedingungen handelte es sich bei den Lawinen dieser Katastrophensituation vorwiegend um weiche

Schneebrettlawinen, die als trockene Oberlawinen entweder im Neuschnee oder in einer lockeren Altschneesicht anbrachen, in der Sturzbahn aber vielfach die gesamte Schneedecke mitrissen und überwiegend als gemischte Fliess- und Staublawinen niedergingen. Wo die gesamte Altschneedecke locker war (Engadin), mögen Schneebrettlawinen auch als Bodenlawinen angebrochen sein.

Das örtliche Auftreten grossflächiger, bis in die Tallagen vorgestossener Lawinen deckt sich im grossen ganzen mit dem Gebiet, das innerhalb der Isolinie für die Neuschneesumme 150 cm liegt.

Besonders extrem hinsichtlich Grössenordnung, Frequenz und damit Schadenwirkung der Lawinen müssten sich jene Zonen ausnehmen, wo der zentrale Bereich der Grossschneefälle von anfangs April in und an das bis Ende März schneeärmere Gebiet mit instabilerer Schneedecke reicht, d.h. ein ca. 10-15 km breiter Streifen zwischen Disentis und dem mittleren Hinterrheintal. Tatsächlich traten dort auch die grössten Waldschäden auf, mit Durchschlagungen des gesamten Waldgürtels von der oberen Waldgrenze bis zum Talboden.

### 3. Waldschadenlawinen und Waldschäden

Die folgenden Erörterungen basieren auf den Schadenerhebungen des Forstdienstes; sie berücksichtigen die gemeldeten Waldschadenlawinen, die im Zeitraum vom 3.-10. April 1975 niedergingen.

#### 3.1. Schadenlawinen

Weitaus die meisten Waldschadenlawinen brachen oberhalb der oberen Waldgrenzenzone an, andere hatten ihren Ursprung in der mit Bäumen nur lückig oder mit niederliegender Strauchschicht bestockten Waldgrenzenzone. In Waldbeständen aber nahmen nur einzelne, ganz wenige Waldschadenlawinen ihren Anfang und richteten durchwegs nur geringe Waldschäden an. Als Beispiel einer in einem Waldbestand angebrochenen Waldschadenlawine sei diejenige vom Curagliawald (Medel/Kanton Graubünden) erwähnt.



Bild 2 Ausschnitt aus dem Curagliawald, Medel, Kanton Graubünden, 1650 - 1950 m ü.M., Westhang.

In Bildmitte Anbruchgebiet und obere Sturzbahn der Lawine vom 6. April 1975 mit begonnener Stützverbauung; links alte Runse; rechts älterer Lawinenzug, im oberen Teil verbaut.

(Photo H. in der Gand, EISLF)

Bild 2 zeigt in der Mitte (rechts der Y-Runse) das stellenweise lückig bestockte, in ca. 1850 m ü.M. an einem steilen Westhang gelegene Anbruch- und Sturzbahngebiet. Der im *picetum subalpinum* liegende Waldbestand setzt sich aus über 100-jährigen Fichten und im oberen Teil beigemischten Lärchen und einzelnen Arven zusammen. Im Dokumentenbuch über die Waldungen der Gemeinde Medel/Lucmagn steht 1956 über diese Waldpartie geschrieben: "Im oberen

Teil sehr lichter Altholzbestand, grosse Blössen mit wenig oder fehlender Verjüngung". Diese für ein potentielles Lawinenanbruchgebiet stellenweise ungenügende Bestockung rührt teils von früherer Beweidung, teils von zur Ueberalterung neigender Bewirtschaftung her. In neuerer Zeit hat ein Wegbau für ein benachbartes Lawinenverbau- und Aufforstungsprojekt zur weiteren Dezimierung der Stammzahl beigetragen.



Bild 3 Curagliawald: Anbruchstelle und obere Sturzbahn im räumigen bis lückigen Fichtenbestand von oben gesehen, in Bildmitte Autostrasse in benachbartes Lawinenverbau- und Aufforstungsgebiet.  
(Photo H. in der Gand, EISLF)

In Bild 3 ist der von Lücken und Blößen besonders in der Hangfalllinie durchsetzte Waldbestand im Anbruch- und oberen Sturz-  
bahngebiet des linken Lawinenarmes ersichtlich. Von einer Ab-  
stützung und Verzahnung der Schneedecke mit Bäumen - und um das  
geht es u.a. bei der Lawinenanbruchverhinderung durch den Wald-  
bestand - kann hier nicht mehr die Rede sein. Der einmal in Be-  
wegung geratene Lawinenschnee trifft auch in der obersten Sturz-  
bahn auf keine Bäume mehr, die ihn zu bremsen vermöchten. Der  
Waldbestand ist hier lokal in Auflösung begriffen und hat aufge-  
hört, als natürlicher Lawinenschutz zu funktionieren.



**Bild 4** Curagliawald: Ungleichaltriger, stufiger Fichtenwald  
mit Verjüngungsgruppe im Vordergrund, ohne Lawinen-  
bildung anfangs April 1975.  
(Photo H. in der Gand, EISLF)

Demgegenüber ist in Bild 4 eine im gleichen Waldgebiet ca. 50 m taleinwärts gelegene Waldpartie mit stufigem Bestandaufbau aus Altholztrupps und trupp- bis gruppenweiser Verjüngung dargestellt, worin auch die grossen Schneeablagerungen von anfangs April 1975 festgehalten werden konnten, weshalb hier keine Lawinen anbrachen.

Die aus dem Curagliawald niedergegangenen Lawinen bildeten sich zeitlich als letzte im Medel, was einerseits als positive Wirkung selbst des lückigen Waldbestandes gewertet werden darf; andererseits wurde dadurch die abgleitende Schneemasse um so grösser und konnte in der Sturzbahn entsprechend grösseren Waldschaden verursachen.

Die Sanierung des Curagliawaldes wurde mit der Errichtung von Stützverbauungen aus Rundholz und mit der Aufforstung der ungenügend bestockten Waldpartien durch Bepflanzung bereits eingeleitet.

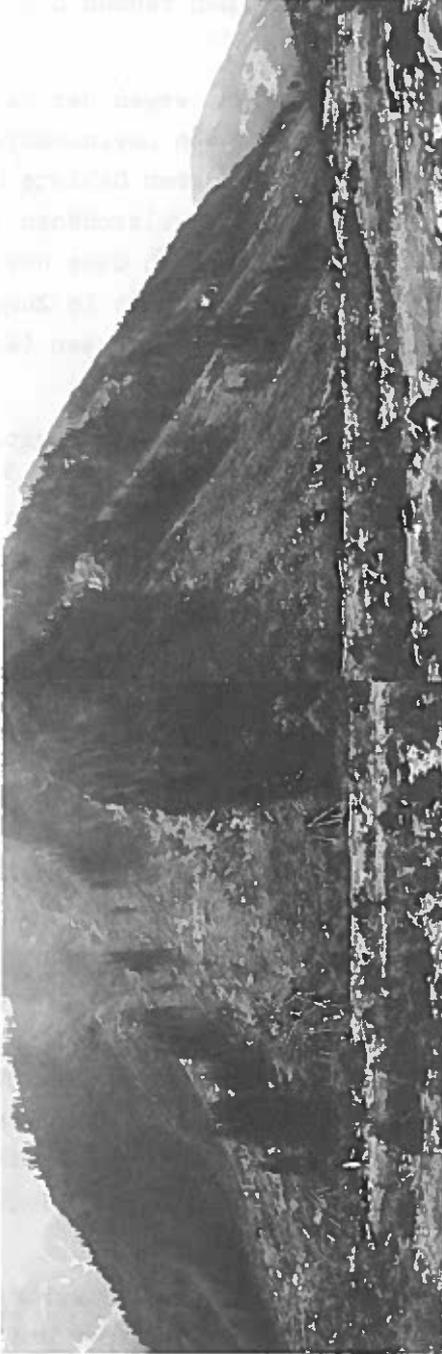
### 3.2. Waldschäden

Es sind im ganzen 3 Hauptschadengebiete zu unterscheiden.

Die weitaus grössten und räumlich konzentriertesten Waldschäden traten nicht etwa auf der Alpensüdseite auf - wie auf Grund der Südstauwetterlage und der dazugehörigen Neuschneeverteilung zu vermuten gewesen wäre - sondern aus den bereits dargelegten Gründen in der Alpenkammzone und unmittelbar nördlich davon, im Kanton Graubünden im Raum Disentis - Medel, Somvix, Lugnez - Vals, mittleres Hinterrheintal - unterer Teil des Avers.

In diesem Gebiet wurden 121 (23%)\* Waldschadenlawinen mit 60 863 m<sup>3</sup> (45%) geworfener Holzmasse oder durchschnittlich 503 m<sup>3</sup> pro Waldschadenlawine (256 m<sup>3</sup>) registriert. Der Variationsbereich der

\* In Klammern gesetzte Zahlen beziehen sich auf den totalen Waldschaden der Periode 3.-10. April 1975



**Bild 5** Somvix, Kanton Graubünden: Zerstörung des Waldgürtels am Nordosthang durch anfangs April 1975 oberhalb der Waldgrenze angebrochene Lawinen, grösster zusammenhängender Waldschaden dieser Lawinensituation mit 10 700 m<sup>3</sup> geworfener Holzmasse. (Photo H.in der Gand, EISLF)

Schadengrösse erstreckt sich von einzelnen Bäumen bis zu einigen 1000 m<sup>3</sup> Holz.

Hier ist zu vermerken, dass Mittelbünden, wegen der allgemein geringeren Niederschläge weniger häufig von Lawinenkatastrophensituationen heimgesucht wird, als die anderen Gebiete Graubündens. Auch im Lawinenwinter 1950/51 blieben die Waldschäden im vorher bezeichneten Raum mittelmässig bis gering, so dass der Wald hier noch mehr oder weniger intakt war. Dies erklärt im Zusammenhange mit den speziellen Schnee- und Lawinenverhältnissen (Abschnitt 2) den enormen Waldschaden.

Der absolut grösste Waldschaden dieser Katastrophensituation in ein und demselben Einzugsgebiet erreichte 10 700 m<sup>3</sup> (8%) und ereignete sich am Nordosthang des Somvix (vgl. Bild 5).

Die bisher grösste bekannte Waldschadenlawine, die am 18. Februar 1962 im Unterengadin bei einer Flächenausdehnung von 4,6 km<sup>2</sup> 93 ha eines 120-150 jährigen Hochwaldes aus Fichte, Föhre, Lärche mit 23 500 m<sup>3</sup> stehendem Holz vernichtete, wurde auch im April 1975 nicht übertroffen [2, 3].

Das zweite bedeutendere Waldschadengebiet liegt auf der Alpensüdseite. Entsprechend der stabileren Altschneedecke und <sup>der</sup> hier aus verschiedenen Gründen stärker gegliederten und aufgelockerten Waldbestände liegen die Waldschäden viel weiter verteilt und sind wesentlich weniger gross als im ersten Falle. Ausserdem fällt auf, dass sich viele Schadengebiete auch bei stabilerer Altschneedecke in der Zone mit 150-200 cm Neuschneesumme befinden. Es ist dabei zu bedenken, dass die für die Isolinien massgebenden Messwerte zum Teil von tiefer gelegenen Stationen stammen, wo zeitweilig Niederschlag in Form von Regen fiel. In den allgemein über 2000 m ü.M. gelegenen Lawinenanbruchzonen, wo nur Schnee abgelagert wurde, waren die Neuschneesummen höher.

Die grössten Waldschäden wurden auf der Alpensüdseite nicht etwa im Zentrum der Grossschneefälle, sondern im Misox und im benachbarten Calancatal (Kanton Graubünden) mit 27 Schadenlawinen (5%)

und 14 265 m<sup>3</sup> Holzmasse (11%) bzw. 528 m<sup>3</sup> pro Waldschadenlawine (256 m<sup>3</sup>) registriert, wobei zwei Lawinen mit 9 500 m<sup>3</sup> vorkamen.

In der Alpenkammzone (200–250 cm Neuschneesumme) und im südlich angrenzenden Gebiet (150–200 cm Neuschneesumme) stark zerstreut auftretende grössere Einzelschäden verursachten in 7 Lawinen weitere 10 700 m<sup>3</sup> Holzschaden (8%).

Im Gebiet mit den grössten Niederschlägen, im oberen Maggiatal (Kanton Tessin) sind 20 Waldschadenlawinen mit insgesamt 1115 m<sup>3</sup> Holzschaden gezählt worden. Diese verhältnismässig geringe Lawinenfrequenz ist wohl auf die hier sehr stabilen Schneesverhältnisse zurückzuführen und der geringe Waldschaden ist eine Folge der mit ansteigender Talsohle (bis über 1900 m ü.M.) natürlich abnehmenden Bewaldung, sowie der in häufigen schwereren Lawinensituationen bereits vollzogenen Entwaldung.

Das dritte grössere Waldschadengebiet schliesslich umfasst den östlichen Teil Mittelbündens und das ganze Engadin. Die wesentlich geringeren Schneefälle (Neuschneesumme  $\leq$  100 cm) verursachten im Zusammenhange mit der stark umgewandelten, lockeren Altschneedecke relativ viele, waldschadenmässig jedoch vorwiegend mittlere bis kleinere Lawinen. 106 Schadenlawinen (20%) stehen 13 606 m<sup>3</sup> Holzschaden (10%) bzw. 129 m<sup>3</sup> pro Schadenlawine (256 m<sup>3</sup>) gegenüber. Ohne zwei Lawinen mit grösserem Waldschaden beträgt der durchschnittliche Holzschaden pro Waldschadenlawine sogar nur 88 m<sup>3</sup>.

Im Gotthardgebiet, das wohl die grösste Lawinenfrequenz im schweizerischen Alpengebiet aufweisen dürfte - Nord- und Süd-staulagen überdecken sich hier - registrierte man relativ viele, aber nur mittlere bis kleinere Waldschäden; auch im Katastrophenwinter 1950/51 traf dies zu. Der Wald ist hier bereits auf die lawinensicheren Standorte zurückgedrängt worden. Im Göschenertal wurden die Waldreste trotzdem nochmals geschmälert.

Das Goms (Oberwallis) das schon in der ersten Hälfte März grosse Niederschläge erhalten hatte und anfangs April nochmals in der

Zone mit 150-200 cm Neuschneesumme lag, hatte erstaunlicherweise keine grösseren Lawinenniedergänge und damit auch <sup>bedeutenderen</sup> keine Waldschäden zu verzeichnen.

Neben den Hochwaldbeständen haben auch natürliche und künstliche Verjüngungen unter den Lawinenniedergängen stellenweise stark gelitten.

Als Beispiel sei hier die Kirchberg-Aufforstung ob Andermatt angeführt. Diese vor 40 Jahren mit Fichten, Lärchen und Arven begonnene und seither weitergeführte Pflanzung liegt unterhalb einer permanenten Stützverbauung und hat sich bisher ohne Lawinenschäden im ganzen gut entwickelt. Anfangs April 1975 brach nun an einem ca. 34° geneigten Südhang unmittelbar westlich der Lawinenverbauung ca. 1900 m ü.M. ein ca. 70 m breites Schneebrett an, das sich auf dem flachen Rücken in zwei Arme teilte und in der 200 m tiefer liegenden, prächtigen Aufforstung schwere Schäden anrichtete.

Die Sanierung mit permanenter Verbauung des bisher unbekanntem potentiellen Anbruchgebietes und Wiederaufforstung der unteren Steilhänge wurde unverzüglich eingeleitet.

Dieses Beispiel zeigt eindrücklich, wie leicht verletzbar Aufforstungen im Dickungsalter durch Lawinen sind. Eine relativ grosse und dichte Holz- und Nadelmasse mit dennoch geringer Widerstandskraft von bestenfalls einigen 100 kp/m<sup>2</sup> wird selbst im günstigsten Falle einer langsamen Bodenlawine von einem vielfach grösseren, einige 1000 kp/m<sup>2</sup> betragenden Lawinendruck [4] schlagartig getroffen. Die Grössenordnung der Zerstörung ist dann nur noch eine Frage des Ausmasses der Lawine.

Der Vergleich der totalen Waldschäden der Lawinensituationen 1951 und 1975 (Tabelle 1) zeigt, dass der Schaden der Situation 1975 absolut zwar kleiner, im Verhältnis zur Anzahl Schadenlawinen aber wesentlich grösser ausfiel [5].



**Bild 6** Kirchberg/Andermatt, Kanton Uri: Lawine vom 6. April 1975 mit Anbruchgebiet links der permanenten Stützverbauung und mit Sturzbahnen über verbaute und aufgeforstete Hänge.  
(Photo E. Wengi, EISLF)



Bild 7 Kirchberg/Andermatt, Kanton Uri: 40-jährige Aufforstung (Fichte, Lärche, Arve), im Vordergrund durch die Lawine vom 6. April 1975 zerstört, im Hintergrund verbleibender Bestand.  
(Photo H. in der Gand, EISLF)

Tabelle 1 Vergleich der Waldschäden der Lawinensituationen Januar/Februar 1951 und April 1975

Lawinensituation	Totaler Waldschaden			Waldschaden $\geq 1000 \text{ m}^3$ pro Ereignis		
	Anzahl Lawinen	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$ pro Lawine	Anzahl Lawinen	$\text{m}^3$	$\text{m}^3$ pro Lawine
19.-23.1.1951 Alpennordseite	989	169945	172	25	42623	1705
10.-15.2.1951 Alpensüdseite und Alpenkamm						
3.-10.4.1975 Alpensüdseite, Alpenkamm, Teile Alpennordseite	528	135085	256	32	75160	2349

Die grössere Zahl der Waldschadenlawinen 1951 ist vorallem auf das damals viel grössere Lawinenareal der Alpennordseite zurückzuführen. Der grosse Durchschnittsschaden pro Waldschadenlawine im Jahre 1975 rührt von der verhältnismässig hohen Zahl der Grossschadenlawinen ( $\geq 1000 \text{ m}^3$  Holzmasse) her. Allein das Gebiet mit den katastrophalsten Waldschäden zwischen Disentis/Medel und dem Hinterrheintal war daran mit 18 Waldschadenlawinen und  $44\,360 \text{ m}^3$  geworfener Holzmasse, bzw.  $2464 \text{ m}^3$  pro Lawine beteiligt, das grösste Schadenereignis von  $10\,700 \text{ m}^3$  Holzmasse mitgerechnet. Die Doppelwirkung von Grossschneefall und instabiler Altschneedecke bei der Lawinenbildung, sowie möglicherweise als dritter Einflussfaktor die überdurchschnittliche Schneedeckenmächtigkeit, haben hier im Waldgürtel entsprechend extreme Zerstörungen verursacht.

Die Untersuchung weiterer Zusammenhänge zwischen Lawinenbildung, Lawinendynamik und Waldschadencharakteristik wird im Rahmen einer detaillierteren Bearbeitung der Unterlagen erfolgen.

#### 4. Folgerungen

##### 4.1. Waldschadenlawinen

Die Waldschadenlawinen der Lawinensituation vom 3.-10. April 1975 waren bedingt durch Grossschneefälle mit hoher mehrtägiger Schneefallintensität. Regional wirkten auch instabile Oberflächenschichten der Altschneedecke, bzw. die instabile Gesamtschneedecke bei der Lawinenbildung mit. Wo extreme Neuschneeablagerungen auf lockere Altschneesichten fielen, kamen in Gebieten mit noch weitgehend intakter Waldzone extreme Schäden zustande.

Die mittlere Wiederkehrdauer (T) der hinsichtlich örtlicher Verteilung analogen Lawinenereignisse beträgt auf Grund lawinenhistorischer Erhebungen über die Zeitspanne von 1808 bis 1975 25 Jahre.<sup>[1]</sup> Mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% liegt die Länge der Ruhepause gemäss Föhn [6] unter  $3 T$ , das heisst in diesem Falle unter 75 Jahren. Im günstigsten Falle kann diese Ruhepause

zur Regeneration des zerstörten Waldes ausreichen und eine spätere Wiederzerstörung liegt ebenso im Bereich der Möglichkeit.

#### 4.2. Waldschäden durch oberhalb der Waldgrenze anbrechende Lawinen

Es ist eine altbekannte und in der Fachliteratur auch immer wieder festgestellte Tatsache, dass Waldbestände durch oberhalb der aktuellen Waldgrenzenzone anbrechende Lawinen früher oder später im Verlaufe extremer Lawinensituationen eliminiert werden. Auch die Katastrophenlawinen des April 1975 haben dies erneut bestätigt. Weitaus die meisten Waldschadenlawinen brachen anfangs April 1975 oberhalb der Waldgrenze an.

Bäume sind sowohl in Bezug auf die Materialfestigkeit (im Verhältnis zur Längsdruckfestigkeit geringe Biegefestigkeit), als auch hinsichtlich ihrer Form (Krone als grösste, vom Boden am weitesten entfernte Angriffsfläche) und Verankerung (oberflächliche Verwurzelung) ungünstige Widerstandsobjekte gegen die hohen, durch Lawinen erzeugten Seitenkräfte von einigen  $1000 \text{ kp/m}^2$ . Hinzu kommt, dass im zeitlichen Ablauf einer Lawine mehrere aufeinanderfolgende Beanspruchungen der Bäume auftreten können (Luftdruck, Schnee- Luftgemisch, Bodenlawine, Holzlawine), deren Teilwirkungen sich zum Gesamtschaden summieren.

Die periodische Entwaldung von Hängen im Bereiche von Lawineinzugsgebieten mit Anbruchzonen über der Waldgrenze müssen wir machtlos in Kauf nehmen; es sei denn, wir sanieren das Einzugsgebiet selbst durch entsprechende Lawinenschutzmassnahmen in Lawinenanbruchgebiet und Sturzbahn.

Die rechte Talseite des Medel (Kanton Graubünden) gibt hierfür ein eindrückliches Beispiel (vgl. Bild 8): Solange die Kammlage der Steilhänge in der Waldzone liegt und die Hangwälder dicht geschlossen sind, fehlt jede Spur von Lawinenwirkung (ganz links im Bild). Mit in die Waldgrenzenzone ansteigender Kammlage und gleichzeitiger Auflockerung des Waldbestandes in potentiellen Anbruchzonen des oberen Hangteiles beginnt die Lawinenbildung in Lücken und auf Blössen im Waldgebiet und damit die Waldzer-



**Bild 8** Medel, Kanton Graubünden, Westhang: Durch Lawinenwirkung geprägte Waldverhältnisse (siehe Text).  
(Photo E. Wengi, EISLF)

störung im unteren Hangabschnitt (links der Bildmitte). Sobald die Kammlage über die Waldgrenzenzone ansteigt, kann die Lawinenbildung unbeeinflusst vom Wald auf baumlosen Flächen<sup>erfolgen</sup> und setzt das Zerstörungswerk im Waldgürtel ein. Nur relativ lawinensichere Hangrücken bleiben in schmalen Streifen bewaldet.

Es ist auch zu bedenken, dass Waldbestände unterhalb potentieller Lawinengebiete einen natürlichen Lawinenschutz vortäuschen und dass eine gemischte Schnee-Holz-Lawine mehr Schäden und Kosten verursachen kann als die Schneelawine ohne Fremdmaterial [4].

Diesem Umstande ist künftig bei der Landschaftsplanung und im Rahmen der damit zusammenhängenden waldwirtschaftlichen Massnahmen Rechnung zu tragen.

### 4.3. Waldschäden durch innerhalb von Waldbeständen anbrechende Lawinen

Auch innerhalb eines Waldbestandes können dessen Bestandesglieder die Wirkungen voll entfalteter Lawinen in der Regel nicht schadlos ertragen.

Die kinetische Energie der Lawine nimmt mit dem Quadrat ihrer Geschwindigkeit zu und ihre maximale Geschwindigkeit hängt von der Anrisshöhe der Lawine ab. 90% der maximalen Lawinengeschwindigkeit sind bei etwa 40-facher <sup>(senkrecht zum Hang)</sup> Anbruchhöhe erreicht und am Ende dieser Absturzstrecke weist die Lawine bereits 80% ihrer maximalen kinetischen Energie auf [7, 8]. Eine abgleitende Schneeschicht kommt somit nach einer Anlaufstrecke von nur 40 m bereits auf 4/5 ihrer maximalen Zerstörungskraft. Für eine langsame Fliesslawine mit einer Geschwindigkeit von 20 m/s und einer Dichte des Lawinenschnees von 150 kg/m<sup>3</sup> (Neuschnee) beträgt der Flächendruck nach 40 m Anlaufstrecke schon 4,8 t/m<sup>2</sup>. Ein derartiger Schneerutsch genügt bereits, um ältere Verjüngungen (ältere Jungwüchse, Dickungen), die dem abgleitenden Schnee einen gewissen Widerstand entgegensetzen, ohne sofort niedergebogen und überflossen zu werden, zu beschädigen oder lokal zu zerstören. Fliesst der einmal in Bewegung geratene Schnee in der Hangfalllinie durch lückiges Altholz weiter, kann auch dieses, je nach der Akkumulation der Schneemasse, Schaden leiden. Es dürfte somit ratsam sein, befristet baumlose oder mit Jungwuchs bestockte Flächen im Waldbestand, am potentiellen Lawinenhang, unter Annahme durchschnittlicher Schneedeckenmächtigkeit, auf eine (schiefe) Maximallänge in der Falllinie von ca. 40 m zu beschränken. Wenn dies aus gewissen Gründen nicht möglich ist, muss die Lawinenbildung durch geeignete Schutzmassnahmen verhindert werden. In der Niveaulinie ist man mit der Bemessung solcher Lücken weniger stark gebunden, doch sollte die Breite die zweifache Länge nicht übersteigen, um die abgleitende Schneemasse auch durch seitliche Begrenzung möglichst gering zu halten. Dies ist besonders im muldenförmigen Gelände von grosser Wichtigkeit, wo der abgleitende

Schnee in der Sturzbahn zusammengedrängt wird. Im weiteren hat das Verjüngungsverfahren darauf Rücksicht zu nehmen, dass unterhalb von Verjüngungsflächen ein möglichst widerstandsfähiger, mehrschichtig aufgebauter Bestand allfällige Schneerutsche abzufangen vermag.

Auch bei der Anlage von Neuaufforstungen im Lawinenhang sind analoge Ueberlegungen anzustellen, um die mit viel Mühe und Kosten erreichte Wiederbewaldung vor der plötzlichen Zerstörung - womöglich nach jahrzehntelanger Aufwuchsphase - zu bewahren.

Die wissenschaftlichen Grundlagen über die Lawinenbildung und die lawinendynamischen Bedingungen im Waldbestand fehlen heute noch fast völlig.

Forschungsarbeiten auf diesen Gebieten sind umso dringender, als künftig der Waldbauer zur Sanierung der vielerorts überalterten und verlichteten Gebirgswälder, sowie zur Pflege und Verjüngung des Gebirgswaldes überhaupt neben den Erkenntnissen der Waldbauforschung auch jene der Lawinenforschung benötigen wird und unbedingt berücksichtigen muss.

$\Sigma$ HN = Summe der auf ebenen Flächen täglich gemessenen, aufsummierten Neuschneehöhen (sum of daily measured new fallen snow, accumulated over one to several days).

Unesco/IASH, 1970: Seasonal snow cover, a guide for measurement, compilation and assemblage of data.

## Zusammenfassung

Anfangs April 1975 haben in der Schweiz 528 Waldschadenlawinen 135'085 m<sup>3</sup> Holz geworfen, oder durchschnittlich 256 m<sup>3</sup> pro Lawine (1951: 172 m<sup>3</sup> pro Lawine). Neben Hochwald wurden auch Jungwüchse zerstört oder beschädigt. Die Ursache dieser katastrophalen Lawinenniedergänge waren die Grossschneefälle vom 3.-7. April mit 150 - 250 cm Neuschnee (täglich gemessene aufsummierte Neuschneehöhe), der auf eine Altschneedecke mit regional unterschiedlicher Stabilität abgelagert wurde. Der grösste Teil dieser Waldschadenlawinen brach in der baumlosen Zone oberhalb des Waldgürtels oder seltener in der nur lückig bestockten Waldgrenzenzone an. Nur vereinzelte Lawinen, mit durchwegs geringen Waldschäden, bildeten sich im Waldbestand und dort nur auf Lücken oder Blössen. Die drei Hauptschadengebiete lagen auf der Alpensüdseite und im mittleren bis östlichen Alpenkammgebiet. Die grössten Waldschäden kamen dort zustande, wo extreme Niederschläge auf lockere Oberflächenschichten fielen, d.h. im Alpenkammgebiet des Kantons Graubünden zwischen Disentis/Medel und dem mittleren Hinterrheintal. Die Lawinenkatastrophe vom April 1975 bestätigte die bekannte Tatsache, dass Waldbäume dem mehrere 1000 kp/m<sup>2</sup> betragenden Druck voll entfalteter Lawinen nicht widerstehen können. Da die Ruhepause zwischen ähnlichen Lawinenereignissen gemäss statistischen Betrachtungen über die Periode 1808-1975 im besten Falle um 75 Jahre beträgt, ist die periodische Entwaldung von Hängen mit Lawinenanbruchzonen oberhalb des Waldgürtels immer möglich. Auf Grund lawinendynamischer Ueberlegungen wird gezeigt, dass auch im Waldbestand am potentiellen Lawinenhang temporär baumlose oder mit Jungwuchs bestockte Flächen auf maximal 40 m schiefe Länge in der Falllinie und ca. 80 m Breite in der Niveaulinie zu beschränken sind. Zu beachten ist auch die hinsichtlich Schneerückhalt zweckmässigste örtliche Verteilung der Verjüngungsflächen. Analoge Grundsätze gelten für Neuaufforstungen im Lawinenhang.

## Abstract

At the beginning of April 1975, 528 avalanches with forest damage have been observed in Switzerland which warped  $135'085 \text{ m}^3$  of wood. In the mean  $256 \text{ m}^3$  of wood per avalanche (1951:  $172 \text{ m}^3$  of wood per avalanche). Besides high forests also young forests has been destroyed or damaged. The causes of these catastrophic avalanches were primarily the intensive snow falls of 3rd - 7th April which accounted to 150-250 cm of new snow. This snow had been accumulated on a snow cover of regionally different stability. The biggest part of the avalanches with forest damage broke above the timberline or seldom in the upper confining zone of the mountain forest. In forest stands avalanches formed only on blanks and caused little damage. The main zones of damages were lying on the southern part of the Swiss Alps and in the parts situated on the ridge-zones. The largest damages were encountered in spots of extreme snow fall intensity deposited on loose surface layers. The avalanche catastrophe of April 1975 confirmed the fact that forest trees can not resist the forces of fully developed avalanches namely several  $1000 \text{ kp/m}^2$ . The rest-interval between avalanche occurrences of this magnitude during the period 1808-1975 is according statistical evaluations in the most favourable case only 75 years, thus the periodic disforestation is most probably in such intervals. It is shown that on forested potential avalanche slopes blank areas or areas in regeneration may only be of 40 m in length (falline) and about 80 m large (contourline). Special attention has to be given to an adequate local distribution of regeneration areas. The same basic thought are valid for afforestation on bare avalanche slopes.

## Literaturverzeichnis

- [1] Courvoisier, H.W.; Föhn, P.: Die ausserordentlichen Schneefälle im Winter und Frühling 1974/75. Wasser- und Energiewirtschaft, 67. Jg., Nr. 11/12, S. 381-386, 1975.
- [2] de Quervain, M.; in der Gand, HR.: Die Schadenlawine vom 18. Februar 1962 von Vinadi (Gemeinde Tschlin, Unterengadin). Verh. der Schweiz. Nat.forsch. Ges., Scuol, S. 84-88, 1962.
- [3] in der Gand, HR.; Bischoff, N.: Ermittlung des Ausmasses eines Waldschadens durch Lawinnenniedergang. Mitt. eidg. Anst. forstl. Vers'wes, Bd. 38, H. 1, S. 213-217, 1962.
- [4] de Quervain, M.: Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz. Schweiz. Z. Forstw., 119. Jg., Nr. 4/5, S. 393-399, 1968.
- [5] Schild, M.; Calörtscher, H.; Zingg, Th.; de Quervain, M.: Die Lawinen des Winters 1950/51 in den Schweizeralpen. Winterbericht des EISLF Davos Nr. 15, S. 86-201, 1951.
- [6] Föhn, P.: Statistische Aspekte bei Lawinenereignissen. Interpraevent, S. 293-304, 1975.
- [7] Salm, B.: Contribution to Avalanche Dynamics. IAHS Publ. No. 69, International Symposium on Scientific Aspects of Snow and Ice Avalanches, Davos, 5.-10. April 1965, S. 199-214, 1966.
- [8] Voellmy, A.: Ueber die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweiz. Bauzeitung, Zürich, 73. Jg., Hefte 12, 15, 17, 19 und 37, 30 S., 1955.

# ANALYSE DER LAWINENUNFÄLLE UND LAWINENSCHÄDEN IN DEN WINTERN 1970/71 BIS 1974/75 IN ÖSTERREICH

Ingo Merwald

Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung,  
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Österreich

## E i n l e i t u n g

An der Forstlichen Bundesversuchsanstalt wird seit dem Jahre 1967 laufend ein Winterbericht unter dem Titel "Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich" herausgebracht. Diese Dokumentation und besonders die Lawinenstatistik findet als Grundlage für Forschung und Praxis Verwendung, wie zum Beispiel für Lawinenkataster und Zonenpläne, für Schutzbauten und Neutrassierung der Verkehrswege und Aufschließungen jeglicher Art, für Verbesserungen auf dem Sektor des Rettungswesens und für die Forstwirtschaft, insbesondere aber für deren Belange in den Hochlagen.

## B e o b a c h t e t e u n d a u s g e w e r t e t e L a w i n e n w i n t e r

Winter 1970/71

Wetter und Schneedecke:

Im Monat Oktober kam es bereits zu ergiebigen Niederschlägen, die in den Tallagen Tirols und Kärntens zu einer mehrtägigen Schneedecke führten. Im November traten Niederschläge bei hohen Temperaturen auf, wodurch es in den tieferen Lagen zu Tauwetter und ausgiebigen Regenfällen kam, die die bereits vorhandene Schneedecke wieder abschmolzen, so daß nur im Westen des Bundesgebietes eine 14-tägige Schneedecke im Monat November vorhanden war. Der Dezember war im gesamten Bundesgebiet wieder ausgesprochen niederschlagsarm und kalt. Der Monat Jänner brachte schließlich wiederum nur den südlich

des Alpenhauptkammes liegenden Gebieten nachhaltige Schneefälle, war ansonsten aber ebenfalls viel zu kalt. Im Feber kam es schließlich nördlich des Alpenhauptkammes in den westlichen Bundesländern zu Schneefällen, die zwar noch unter dem langjährigen Durchschnitt lagen, jedoch zu einer geschlossenen Schneedecke in den Tallagen führten. Der Monat März war kalt und die Niederschläge lagen erneut unter dem langjährigen Durchschnitt (Durchschnittswerte der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik von 1901 - 1950, auch als Normalwerte bezeichnet). Im April, der hohe Temperaturen aufwies, waren wieder nur äußerst geringe Niederschläge zu verzeichnen.

#### Lawinenunfälle und Lawinenschäden:

In diesem Winter wurden 144 Schadenslawinen und Lawinenunfälle bekannt, die die erschreckend hohe Zahl von 43 Lawinentoten forderten. Im Bundesland Tirol waren allein 30 Tote, 21 Verletzte und 70 Verschüttete zu beklagen, in den Bundesländern Vorarlberg und Salzburg je 6 Tote. Es konnten in diesem Winter 127 Menschenleben dem Weißen Tod durch Selbst-, Kameraden- oder Fremddrettung entrissen werden. Von den 43 Lawinentoten entfielen 33 Personen auf Wintersportler, die im freien Gelände dem Weißen Tod zum Opfer fielen, 8 weitere waren Urlaubsgäste, die ohne sportliche Betätigung in Tallagen den Lawinentod starben und nur 2 Personen wurden in Ausübung ihres Dienstes Opfer von Lawinen. Die zwei bedeutendsten Lawinen-Unfälle dieses Winters waren das Lawinenunglück im Bieltal, Silvretta, bei dem alle vier beteiligten Schifläufer, Urlaubsgäste aus Deutschland, am 24. Februar in den Schneemassen der Radkopflawine erstickten, und das Lawinenunglück im Jamtal, bei dem am 9. April, Karfreitag, eine 7-köpfige Schifahrergruppe aus Frankreich beim Aufstieg von Galtür zur Jamtalhütte von einer Lawine überrascht wurde und vier Personen den Tod fanden. Bei allen übrigen Lawinenunfällen fielen immer nur ein oder zwei Personen dem Weißen Tod zum Opfer.

Die Sachschäden traten in diesem Winter weitgehend in den Hintergrund. Hier wären nur zu nennen die Verschüttung der Bundesstraßen in einem Ausmaß von 1.500 m Länge und die der Landesstraßen von 550 m. Weiters wurden noch ein PKW und ein

Unimog mit Schneefräse zerstört und fünf weitere Personenkraftwagen beschädigt. Die Holz- und Kulturschäden waren kaum nennenswert.

### Winter 1971/72

#### Wetter und Schneedecke:

Der Monat Oktober war kühl und fast niederschlagsfrei. Der November zu kalt, die Niederschläge waren nur im Bundesland Salzburg zu gering, ansonsten lagen sie um oder über dem Durchschnitt. In den westlichen Bundesländern trat eine 10- bis 11-tägige Schneedecke mit geringen Schneehöhen auf. Südlich des Alpenhauptkammes erreichten die Schneehöhen 30 cm, manchmal sogar 40 cm Höhe. Im Dezember war es im gesamten Bundesgebiet zu warm und die Niederschläge lagen weit unter den Normalwerten. Eine geschlossene, aber schwache Schneedecke trat in den Tallagen während des gesamten Monats, mit Ausnahme des äußersten Ostens, auf. In den Hochlagen blieben die Schneehöhen ebenfalls unter 1 m und zahlreiche Schigebiete hatten schneelagenbedingt keinen Betrieb. Im Jänner waren starke Niederschläge im Süden und Osten des Bundesgebietes bei tiefen Temperaturen aufgetreten und führten dort zur Bildung einer niedrigen Schneedecke, im übrigen Gebiet war es warm und trocken. Nördlich des Alpenhauptkammes blieben zahlreiche Schigebiete schneefrei. In den Höhenlagen wurden 40 cm Schneehöhe selten überschritten. Im Februar lagen die Temperaturen wesentlich unter dem langjährigen Durchschnitt. Nur in Kärnten trat während des ganzen Monats eine geschlossene Schneedecke auf. Im März war es bereits wieder viel zu warm, in Kärnten gab es noch Niederschläge. Eine länger geschlossene Schneedecke war nur noch in den Höhenlagen zu finden, erst ab 2.000 m Höhe traten annehmbare Schneelagen auf. Starke Niederschläge erfolgten erst wieder im April.

#### Lawinenunfälle und Lawinenschäden:

Dieser Winter verursachte mit nur 72 Lawinenabgängen keine nennenswerten Sachschäden, da nur die rund 1.400 m Ver-

schüttung der Bundesstraßen erwähnenswert erscheinen. Die Forstwirtschaft blieb in diesem Winter fast vollkommen vor Schäden bewahrt. Trotz der geringen Anzahl der Lawinenabgänge forderte dieser schneearme bzw. gebietsweise schnee-lose Winter doch 19 Menschenleben. Insgesamt 83 Personen konnten dem Weißen Tod entrinnen. Die 19 tödlich Verunglückten setzten sich aus einem Verkehrsteilnehmer, einem Jäger, einem illegalen Grenzgänger und weiteren 16 Personen zusammen, die den Wintersportlern zugerechnet werden können. Kärnten lag mit 44 Lawinenabgängen vor Tirol, das nur 19 aufwies. An der Spitze der Unfallstatistik steht Tirol mit 11 Toten, 21 Verletzten und 64 Verschütteten vor Salzburg mit 5 Toten, 2 Verletzten und 9 Verschütteten.

#### Winter 1972/73

##### Wetter und Schneedecke:

Dieser Winter begann mit starken Niederschlägen im November in den westlichen Bundesländern. Im Dezember dagegen lagen die Niederschläge in Österreich deutlich unter dem Durchschnitt, nördlich des Alpenhauptkammes waren sie sogar extrem niedrig und erreichten dort nur Werte zwischen 10 und 40 % des Normalwertes, eine Schneedecke hatte sich in den Tallagen daher noch nicht ausbilden können. Die Niederschläge waren im Monat Jänner erneut sehr niedrig und lagen größtenteils unter 50 % des langjährigen Durchschnittes. In den meisten Tallagen führte dies nur zu einer schwach ausgebildeten Schneedecke, die höchstens drei Wochen vorhanden war, in Vorarlberg sogar nur einige Tage. Erst zu Beginn des Monats Februar normalisierte sich der Niederschlag im gesamten Bundesgebiet. So erhielten die Nördlichen Kalkalpen und der Osten der Zentralalpen erstmalig ergiebige Niederschläge, die in diesen Gebieten zu einer geschlossenen Schneedecke bis in die Tallagen führte und während des ganzen Monats erhalten blieb. Im März sanken die monatlichen Durchschnittswerte im gesamten Bundesgebiet leicht bis sehr stark unter die Normalwerte. Erst zum Winterende lagen die Niederschlagswerte wieder über dem langjährigen

Durchschnitt. Der Berichtswinter kann somit auf keinen Fall als schneereicher Winter eingestuft werden, sondern als eher leicht unter dem Durchschnitt liegend.

#### Lawinenunfälle und Lawinenschäden:

Trotz der nicht ungünstigen Witterung forderte der Berichtswinter 61 Lawinentote bei 198 gemeldeten Schadenslawinenabgängen. Während die Anzahl der Schadenslawinen nicht wesentlich über dem Schnitt der letzten 5 Jahre lag (160 Abgänge pro Jahr), ist die Zahl der Lawinentoten als katastrophal zu bezeichnen. Diese hohe Zahl von Lawinentoten wurde seit Ende des zweiten Weltkrieges nur von den schweren Katastrophenwintern 1950/51 mit 135 Toten und 1953/54 mit 143 Toten übertroffen. Die Statistik der Forstlichen Bundesversuchsanstalt weist für die letzten 5 Winter einen jährlichen Durchschnitt von 25 Lawinentoten aus. Mit dem Berichtswinter steigt der Jahresdurchschnitt von 25 auf 31 Lawinentote an. Von den 198 Schadenslawinenabgängen betrafen das Bundesland Tirol allein 109. Von den 61 Lawinentoten entfielen allein auf Tirol 37, 12 auf Salzburg und 6 auf die Steiermark. 158 Personen wurden in diesem Winter in Österreich insgesamt verschüttet. Die Summe der durch Selbst-, Kameraden-, und Fremdrettung geborgenen Personen betrug 119.

Im Berichtswinter verunglückten 49 Personen beim Schifahren im freien Gelände tödlich, während auf offenen Abfahrten ein Lawinenunfall mit tödlichem Ausgang gezählt wurde und gesperrte Abfahrten diesmal glücklicherweise keine Opfer forderten. Bei Ausübung einer dienstlichen Tätigkeit verunglückten 9 Personen tödlich. 2 weitere Urlauber, die keinen Wintersport ausübten, sind diesen bereits aufgezählten Toten noch beizufügen. 52 Lawinentote dieses Winters waren Touristen, davon 28 Ausländer.

Die größten Lawinenkatastrophen des Berichtswinters waren das Lawinenunglück bei Gerlos mit 10 Toten, an der Gasteiner Alpenstraße mit 6 toten Arbeitern, am Schalkkogel mit 5 Toten und am Kraxenkogel mit 4 Toten.

Die Lawinenschäden traten angesichts der 61 Toten zwar in

den Hintergrund, doch waren sie in diesem Winter ebenfalls bedeutend. Die größten möchte ich hier kurz anführen. An Bundes- und Landesstraßen wurden je etwas über 2.000 lfm verschüttet, 3.300 fm Holzschaden und 12 ha Schäden an Forstkulturen und Jungwuchs wurden festgestellt. Der Flurschaden belief sich auf rund 50 ha. 3 Wohnhäuser und drei Ställe wurden beschädigt und ein Stall zerstört. Weiters wurden 6 Brücken beschädigt und 2 zerstört. An Fahrzeugen wurden insgesamt 7 zerstört und 7 beschädigt. Von den Liftanlagen wurden 4 beschädigt und 1 zerstört.

#### Winter 1973/74:

##### Wetter und Schneedecke:

In den Monaten November und Dezember konnten die Niederschläge als normal bezeichnet werden, die Temperaturen als leicht unternormal. Eine Schneedecke trat nur in Teilen Tirols, Salzburg und Oberösterreichs und der Steiermark in den Tallagen auf. Im Jänner lagen die Temperaturen zu hoch, die Niederschläge waren normal. Die Schneedecke war nur gebietsweise zu finden und sehr gering. Im Februar waren die Durchschnittstemperaturen erneut zu hoch, die Niederschläge dagegen unternormal, in Tallagen unter 500 m war keine geschlossene Schneedecke mehr vorhanden. Im März lagen die Durchschnittstemperaturen erneut zu hoch und die Niederschläge waren unternormal. In Kärnten trat noch eine ca. 10-tägige Schneedecke auf, in den westlichen Bundesländern in den Tallagen nur mehr eine sehr kurzfristige. Der Berichtswinter lag niederschlagsmäßig etwas unter einem Normalwinter, temperaturmäßig dagegen knapp darüber. Die Schneefälle blieben im erträglichen Maß und durch die milden Temperaturen wurde immer eine schnelle Setzung herbeigeführt, wodurch wieder ein günstiger und sicherer Schneedeckenaufbau entstand. Es traten nur drei bedeutendere Niederschlagsperioden auf, die zu verstärkter Lawinentätigkeit führten, jedoch in keinem Fall zu einer Katastrophe.

#### Lawinenunfälle und Lawinenschäden:

Im Berichtswinter wurden 202 Schadenslawinen gezählt, damit lag er über dem Durchschnitt und trotzdem waren nur 7 Lawinentote zu beklagen. 81 Schadenslawinenabgänge wurden aus Tirol und 48 aus Kärnten gemeldet. Die Zahl der Lawinenunfälle betrug nur 15. Dies war eine Folge des äußerst günstigen Schneedeckenaufbaues. 36 Personen konnten vor dem Lawinentod bewahrt werden. Drei Schiläufer verunglückten beim Fahren im freien Gelände, drei auf gesperrten Abfahrten, während das dritte Lawinenopfer unter die Sparte der übrigen Urlauber einzureihen ist. Somit waren in diesem Winter alle 7 Lawinentoten Touristen und Urlauber, drei davon waren Ausländer.

An Straßen und Wegen wurden rund 14.000 lfm verschüttet, wobei auf Bundesstraßen ein Anteil von ca. 2.000 lfm und auf Landesstraßen sogar davon über 10.000 lfm entfiel. 3 Wohnhäuser wurden beschädigt und 1 Kläranlage zerstört. Erheblich waren erneut die Schäden an Liftanlagen. So wurden 3 Liftanlagen außer Betrieb beschädigt und zwei zerstört, drei gesperrte Schipisten und zwei offene wurden ebenso wie eine gesperrte Schleppliftspur verschüttet.

Winter 1974/75

#### Wetter und Schneedecke:

Die Niederschläge und Temperaturen waren im November annähernd ausgeglichen, zu Monatsende traten Schneefälle bis in die Tallagen auf, die zu einer kurzfristigen Schneedecke führten. In den Hochlagen ab 1.300 m Seehöhe lag während des ganzen Monats eine geschlossene Schneedecke, die noch teilweise aus dem Vormonat stammte. Die Dezemberrniederschläge waren sehr unterschiedlich, besonders intensiv aber an der Alpennordseite. Durch die hohen Temperaturen und die Regenfälle kam es bis in die Hochlagen zu Tauwetter und in der Folge zu zahlreichen Schneebrettabbrüchen und nördlich des Alpenhauptkammes zu bedeutenden Überschwemmungen.

Im Jänner waren die Niederschläge sehr unterschiedlich, die Temperaturen lagen dagegen weit über dem langjährigen Durchschnitt, so daß in den Tallagen auf schneefreien Hängen der Voralpen bereits Frühlingsblumen blühten. Die viel zu hohen Temperaturen hielten den Februar über an, die Niederschläge lagen so weit unter dem langjährigen Durchschnitt, daß sie gebietsweise nicht einmal 20 % des Normalwertes erreichten. In den talnahen Lagen herrschte ausgesprochenes Frühlingswetter, das bis Mitte März anhielt, dann aber durch einen Temperatursturz und Schneefälle bis in die Tallagen, die besonders zu Ostern ergiebig waren, unterbrochen wurde. Der April war wieder sehr kühl und gebietsweise sehr niederschlagsreich, so daß es zu zahlreichen Murenbrüchen kam (6. April Ramingstein, Bundesland Salzburg).

#### Lawinenunfälle und Lawinenschäden:

In diesem Berichtswinter, der wesentlich mehr Lawinenabgänge als die beiden vorangegangenen Winter aufweist, wurde bis jetzt die erschreckend hohe Zahl von 45 Lawinendetoten bekannt. Die schwerwiegendsten Lawinenkatastrophen waren das Lawinenunglück am 21. Dezember am Steinbergkogel bei Kitzbühel mit 9 toten Schiläufern, am 31. Dezember beim Silvretta-Notalift in Gaschurn mit 12 toten Schiläufern, am 30. Jänner 3 Tote der Lawinenwarnkommission und des Pistendienstes durch die Türchelwandlawine, am 31. März Zerstörung der Siedlung am Sonnenhang, Lubitzgraben bei Mallnitz mit 8 getöteten Urlaubern und am 9. Mai durch die Geierköpfellawine 5 tote Urlauber, die einen abgesperrten Wanderweg um den Vilsalpsee benützten.

Dieser Winter verursachte aber auch enorme Sachschäden, die wegen des Umfanges bis heute noch nicht ausgewertet sind. Zahlreiche Häuser wurden zerstört und beschädigt (Feriensiedlung in Mallnitz, Anwesen bei Winklern durch Mellenbachlawine beide in Kärnten, mehrere Wohnhäuser durch Steinbichlelawine bei Krößbach im Stubaital, Tirol, und durch die Tschambreullawine in Gaschurn/Partenen, Vorarlberg). Ebenso wurden Alm-, Heuhütten und Ställe in großer Zahl

zerstört. Verkehrswege wurden auf enormen Längen unterbrochen, so daß oft zeitweise ganze Täler abgeschnitten waren. Bedeutende Lawinenstürze hatten auch verheerende Schäden in den Schutzwäldern zur Folge, besonders in Tirol im Stubai-, Gschnitz- und Tuxertal. Die Schmurzlahn im Gemeindegebiet von Gschnitz riß 10 ha Schutzwald weg. Bei Ranalt im Stubai-tal vernichteten die Ochsental Lawinen durch 3 Abgänge zwischen 5. und 6. April einen 120-jährigen Schutzwald im Ausmaß von 4 ha. Überdies wurde von ihr die Landesstraße auf 600 m Länge verschüttet und mehrere landwirtschaftliche Gebäude zerstört oder beschädigt. Die Schallerlawine, die am 8. April abging, sprang aus ihrer Sturzbahn und riß 2 ha eines 200-jährigen Schutzwaldes mit und verlegte die Ranalter Landesstraße auf 80 m Länge. Die Kreuzspitzlawine brach sich durch mehrere Hektar Schutzwald eine neue Bahn bis oberhalb des Ortes Lanersbach. Diese ist dadurch schutzlos, sodaß eine Anbruchsverbauung notwendig erscheint. Außerdem wurden viele Liftanlagen und Schipisten in Mitleidenschaft gezogen (Novalift, Steinbergkogeltrasse, Hoher Scharten- und Weitmoserlift ...). Die Kriechschneeschäden waren in diesem Winter für die Forstwirtschaft erschreckend hoch.

#### S c h l u ß f o l g e r u n g e n

Die geringen Sachschäden des Winters 1970/71 waren auf die Schneearmut, die besonders nördlich des Alpenhauptkammes herrschte, zurückzuführen. Die Wintersportler dagegen mußten in höhere Regionen ausweichen, um ihrem Vergnügen fröhnen zu können, da in den sicheren talnahen Lagen ein Schibetrieb wegen Schneemangel nicht möglich war. Auf ihrer Suche nach günstiger Schneelage wurden dabei leider häufig tief verschneite Mulden ausgewählt, diese bargen meist eingeschneite Schneebretter, wodurch zahlreiche Lawinenunfälle zu erklären waren. Die alte Regel, daß schneearme Winter eine sehr hohe Anzahl von Lawinentoten, sprich Wintersportlern, fordern, wurde leider durch die 43 Lawinentoten bestätigt.

Der Winter 1971/72 fiel wieder vollkommen aus dem Rahmen. Südlich des Alpenhauptkammes traten normale, gebietsweise überreichliche Schneemengen auf, während die nördlich gelegenen Gebiete fast vollkommen ohne Schnee blieben und zu Winterende, bei bereits hohen Temperaturen, Niederschläge erhielten, die in den Tallagen nur mehr als Regen auftraten. Die Tatsache, daß schneearme Winter zu einem starken Ansteigen der Lawinenunfälle führen, blieb in diesem Winter aus, denn in Schigebieten die monatelang, besonders aber zu den Weihnachts- und Osterfeiertagen ohne Schnee sind, kann es zu keinen Lawinenunfällen kommen. Es wären keine 19 Lawinentote, wenn nicht ein ausgesprochener Massentourismus auf unsere Gipfel eingesetzt hätte. Durch die geringe Anzahl der Lawinenabgänge entstanden kaum Sachschäden, auch die Forstwirtschaft blieb weitestgehend verschont.

Die geringen Schneehöhen des Winters 1972/73 blieben wesentlich hinter denen von Katastrophenwintern zurück, der Schneedeckenaufbau war nicht ungünstig und der Witterungsablauf brachte kein ausgesprochenes Lawinenwetter und trotzdem die 61 Lawinentoten.

Bei genauer Betrachtung der einzelnen Lawinenunfälle komme ich zu dem Schluß, daß in diesem Winter drei wesentliche Faktoren aus der Unzahl der ständig wiederkehrenden herausragten. Der erste Punkt lag in schwerwiegenden Fehlern der Wintersportler. Gerade in diesem Winter traten bei Lawinenunfällen Leichtsinns, Unkenntnis, mangelnde Ausbildung und fehlendes Verantwortungsbewußtsein von Tourenführern und einzelnen Schiläufern selbst, sowie Nichtbeachtung von Absperrungen und Warnungen in so einem Ausmaß zutage, daß hier Abhilfe geschaffen werden sollte. Dies wäre im Bereich der alpinen Vereine in Form von intensiver Aufklärung über Lawinen und in der strengen Auswahl der Tourenführer zu erreichen. In der Schillehrerausbildung könnte durch Erweiterung der Vorträge über Lawinenkunde, Schneemechanik und Verhalten bei Schitouren u.s.w. ein Erfolg erreicht werden. Lawinenwarnungen über Lautsprecher im Bereich der Liftanlagen, sowie ein Pistendienst, der neben der normalen

Pistenüberwachung auch zum wirksamen Einschreiten gegen Personen berechtigt wäre, die die Absperrungen mißachten, könnte Abhilfe schaffen. Zuletzt möchte ich noch eine vermehrte Verwendung der Rettungsgeräte für Lawinenschüttete und deren richtige Verwendung propagieren (Pieps, Behelfsschaufel-Essl ...).

Die verschütteten Schipisten und beschädigten Liftanlagen sind der zweite Punkt, der in diesem Winter ins Auge springt. Hier muß der Gesetzgeber bei Betriebsbewilligungsverfahren hart durchgreifen. Teilweise wurde schon einiges getan, wie die Überprüfung sämtlicher Anstiegshilfen auf Lawinensicherheit und die Vorschreibung mindestens einer lawinensicheren Abfahrt pro Anlage. Letztere müßte aber der Liftfrequenz angepaßt werden, um einen Erfolg zu garantieren. Die Frage der Sperre von Liften und Pisten ist bis heute noch nicht einheitlich geregelt und stößt auf enorme Schwierigkeiten. Die Feststellung der Lawinengefahr, die von der Schwierigkeit der Materie her schon nicht leicht zu definieren ist, wird dann, wenn geschäftliche Interessen betroffen werden, fast unlösbar. Der Personenkreis, der zur Lösung dieser Frage herangezogen werden soll, muß gesetzlich festgelegt werden und eine umfassende Ausbildung erhalten. Die Vorgangsweise der Untersuchung und die Beschlußfassung sind gesetzlich zu regeln. Sollte dann trotzdem einmal nach Freigabe einer Abfahrt ein Lawinenunfall eintreten, so sind diese Personen, wenn sie nach gesetzlicher Vorschrift vorgegangen sind und ihnen keine leichtfertige oder gewinnsüchtige Handlungsweise nachgewiesen werden kann, von jeder strafrechtlichen Verfolgung auszuschließen.

Der dritte Punkt betrifft Winterarbeiten und Winterbaustellen in lawinengefährdeten Gebieten und die Pistensicherungsarbeiten. Leider wird hier noch sehr viel gesündigt, wie die sechs toten Arbeiter an der Gasteiner Alpenstraße beweisen. Vermehrte Verwendung von geschultem Personal zur Wetter- und Schneedeckenbeobachtung, elektronische Datenübertragung aus den Lawinhängen und gesetzliche Vorschreibungen dieser Sicherungsmaßnahmen könnten hier eine Verminderung der Lawinentalen bringen.

In diesem Winter waren die Sachschäden bedeutend, auch auf dem Sektor der Forstwirtschaft.

Der Winter 1973/74 kann schneehöhen- und temperaturmäßig als milder Normalwinter bezeichnet werden. Durch die günstige Verteilung der Schneefälle, die erträglichen Mengen, die überwiegend günstigen Temperaturen, erfolgte immer eine schnelle Bindung mit der Altschneeschiuchte und überdies eine schnelle Setzung der gesamten Schneedecke. Der daraus entstandene, überaus günstige Schneedeckenaufbau hatte zur Folge, daß in diesem Winter die Tourenfahrer voll auf ihre Rechnung kamen, da durch die günstige Verteilung der Schneefälle auch eine gute Schifähre gegeben war.

Die Waldschäden waren in diesem Winter unbedeutend, doch war eine deutliche Zunahme der Lawinenabbrüche aus dem Walde zu verzeichnen (insgesamt 37 %),

Die Erklärung für die hohe Zahl von 45 Lawinentoten im Winter 1974/75, die überwiegend den Touristen und Urlaubern zuzurechnen sind, kann meiner Meinung nach auf zwei Hauptursachen zurückgeführt werden. Die erste liegt im eigenartigen Ablauf und der Länge dieses Winters begründet. Im Herbst kam es schon zu Schneefällen, die auf ungefrorenen Boden fielen und daher kaum eine Verbindung mit der Unterlage eingingen und frühzeitig von weiteren schweren Schneemassen überlagert wurden, sodaß keine Abkühlung des Untergrundes mehr möglich war. Diese Situation blieb den ganzen Winter über bestehen und war an unzähligen Lawinenmäulern und Kriechschneeschiäden zu bemerken, Verstärkt wurde diese Situation noch durch die starken Schneefälle um und nach Ostern, wodurch die Lawinentätigkeit bis in den frühen Sommer hinausgezogen wurde. Auf der anderen Seite ergab die überaus günstige Feiertagskonstellation um Weihnachten und Neujahr einen vermehrten Zuzug in bestimmte Schigebiete, da tiefer gelegene wieder Schneemangel zu verzeichnen hatten. Dadurch wurden diese bevorzugten aber so überlaufen, daß die Schiläufer, mehr noch als sonst, von den Pisten abwichen und im freien oder gesperrten Gelände ihre Spuren zogen. Neben diesen beiden Hauptgründen kamen in diesem Winter alle jene Gründe zum

Tragen, die von mir unter anderem im Winter 1972/73 angeführt wurden. Durch die mangelnde Bindung der Schneedecken mit dem Boden kam es auch zu den schwerwiegenden Lawinen- und Kriechschnees Schäden in der Forstwirtschaft. Durch die Vergrößerung und das Aufreißen neuer Schneisen wurden bisher verhältnismäßig sicher gehaltene Objekte, ja sogar ganze Ortsteile in den unmittelbaren Lawinengefahrenbereich gerückt.

In den Wintern 1972/73 und 1974/75 war eine erhöhte Lawinenerosion festzustellen. Immer wieder wurden auch zahlreiche Gewässer von Lawinenmassen verlegt. Diese Erscheinung führte im Winter 1972/73 sogar zu einem Aufstau des Lech und durch Ausuferungen auch zu Sekundärschäden.

### Z u s a m m e n f a s s u n g

In diesem Bericht werden die fünf Winter von 1970/71 bis 1974/75 behandelt, die Ursachen der Lawinenschäden und Lawinenunfälle aufgezeigt und die daraus resultierenden Verbesserungsvorschläge angeführt. Diese fünf Winter waren schwer miteinander zu vergleichen, da doch alle, außer dem Winter 1973/74 vollkommen aus dem Rahmen eines Durchschnittswinters fielen. Durch den unnatürlichen Verlauf dieser Winter konnten aber mehr Erfahrungen gesammelt werden als bei normalen Wintern und diese sollten uns in Zukunft helfen die Zahl der Lawinentoten und der Lawinenschäden zu senken.

### S u m m a r y

This report includes the five winters from 1970/71 to 1974/75, causes of the avalanche damages and accidents and the resulting proposals for improvement. Because of the irregularity of these winters - with the exception of the winter 1973/74 - they are difficult to compare. It was possible to gain more experience by these abnormal winters than by this normal one and this should help us for the future to reduce the number of deaths and damages caused by avalanches.

## L i t e r a t u r

- GAYL A. : Lawinenunfälle in den österreichischen Alpen im Winter 1971/72 im Vergleich mit denen der vorangegangenen Winter. In "Für die Sicherheit im Bergland", Jahrbuch 1972.
- GAYL A. : Die Lehren der Lawinenstatistik für die Praxis, in "Für die Sicherheit im Bergland", Jahrbuch 1973.
- GAYL A. : Lawinenunfälle im Winter 1973/74 in den österreichischen Alpen. In "Für die Sicherheit im Bergland", Jahrbuch 1974.
- MERWALD I.: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich, Winter 1970/71 und 71/72, Heft Nr.104, Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt 1974.
- MERWALD I.: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich Winter 1972/73 und 1973/74, im Druck.
- MERWALD I.: Kampf gegen den Weißen Tod. Presse, Spectrum 1/2 Februar 1975.
- MERWALD I.: Zwei wertvolle Hilfsmittel für die Kameradenhilfe bei Lawinenunfällen, Informationsdienst 154.Folge, März 1975.

## AVALANCHE PROBLEMS IN NORWAY

Gunnar Ramsli

University of Oslo, Norway

Among the various forms of rapid mass movements, snow avalanches are those that cause the most damage and accidents in Norway. The number of deaths caused by avalanches between 1836 and the present day is approximately 1 600 or an average of 12 per year.

The worst known year for avalanche accidents in Norway was 1678, when there is reason to believe that between 400 and 500 people died. The year 1755 is also notable, when presumably 200 deaths occurred. In 1886, snow avalanches claimed 161 lives. Other years with relatively high death rates were 1880 with 20 victims, 1881 with 60, 1895 with 24, 1906 with 29, and 1918 and 1919 with 29 and 31 respectively. More recently, 30 people were killed in the winter of 1955-56.

These figures do not, however, indicate the extent of other damage: permanent injuries to people, loss of cattle, houses completely or partly destroyed, damage to agricultural land and forest, inconvenience to road and rail traffic and to industry and installations in danger areas.

Some idea of how much avalanches cost Norway in monetary terms can be gained from the annual reports of the State Fund for Natural Hazards for the period 1962-71. During these days, material damage to private property was valued at a total of approximately N.kr. 8.6 million. At the same time, approximately N.kr. 4.2 million was contributed to protective measures, mostly for private property.

Additional damage to and protection of public property, larger industries, and other installations which are not eligible for compensation under the rules of the fund is not accounted for by the annual reports. The Department of Roads, in particular, has spent large sums on clearing roads blocked by avalanches, and on protective measures in the form of tunnels and snowsheds. Repairs and protective measures constitute a considerable economic burden to industry and other installations. In the course of a 10-year period one mining company in north Norway had an outlay of N.kr. 5-6 million in connection with avalanche problems.

It is possible, but not usual, to insure against avalanche damage. Nor is insurance necessary for private property, as damage will, for the most part, be compensated by the State Fund for Natural Hazards.

Avalanches also hinder communications. Roads and railways may be closed for varying periods of time, causing great cost to society in the form of delays, costly rerouting, and production stoppages.

In addition to the economic aspects of the problems, many people live under considerable psychological pressure caused by avalanche threats during parts of the winter. In many cases, people have had no alternative but to evacuate their homes during the most dangerous periods. In some areas, children are sent away from home, while the grown-ups remain as long as possible to do the daily work. When an accident is first reported, anxiety and fear often spread through several districts. Those who live or travel beneath steep snow-laden slopes live daily in fear for their lives.

Snow avalanches are most widespread in west and north Norway, where the fjords and valleys are steep-sided. The timberline is low, precipitation is high, and conditions of temperature and wind fluctuate often through-out the winter. In more central areas, the landscape is less steep, precipitation is less, the timberline is higher, and meteorological conditions are more stable.

The "occasional" avalanche is often the most dangerous and can bring about the worst accidents. In places where there have not been any avalanches for many years, but where they were once an annual occurrence, people tend to overlook the danger. It happens, for example, that areas in the track of an old avalanche are developed in the belief that avalanches have ceased there. In reality, any winter with unusual snow, wind, and temperature conditions provides the perfect situation for an accident.

It is of great importance to register and map avalanches. Between 1948 and 1960 mapping was partly organized under the auspices of the Ministry of Agriculture. The purpose of this investigation of avalanches in Norway was to decide what preventive measures could be taken to reduce damage and accidents. During that time, approximately 1,500 avalanches were mapped and recorded. Attention was directed primarily to west Norway, but information was also gathered from other districts. Usually, only the most important avalanches

were taken into account, especially those which presented a threat to settlement, agricultural land, and communications. As mapping proceeded, as much information as possible was gathered on each individual avalanche. This included periodicity, favourable weather conditions, damage, and inconvenience caused. Emphasis was placed, furthermore, on previous accidents and damage; and in many cases the terrain was described.

Mapping was resumed in 1970 at the Department of Geography, University of Oslo, and is partly financed by the State Fund for Natural Hazards, and partly by interested local authorities. The avalanches are drawn on the maps at the scale of 1:50,000 and on maps at 1:5,000.

These maps together with the additional information are, in many cases, of value in areal planning and the choice of new lines of communication or the rerouting of old roads. Unfortunate and sometimes dangerous location of housing, industry, and installations may thereby be avoided; and in road planning it is possible in the preparatory stage to give far more attention than before to avalanche problems and associated inconveniences.

Public regulation of the areas mapped is prescribed by the Statute on Building Development. This allows building only when there exists sufficient security against snow avalanches, earth- and rockslides, and floods. Where such security does not exist, the law demands that threatened areas be classified as dangerous in area development plans.

The maps will, in themselves, constitute an indirect protective measure. Mapping, however, does not solve all problems. In many cases, protective installations will continue to be necessary, and presumably to a greater extent than at present.

Throughout history, the population in localities prone to avalanches has attempted to protect itself. In many places along the fjords and valleys of west Norway it is possible to find houses built beneath rocky protections, or in the lee or on top of natural rises in the ground. The reasons for such locations may, of course, vary; but in many cases, the sites were chosen out of consideration for avalanche danger.

In places where natural obstacles are insufficient, protective installations may be used. As known, these can be divided into three categories: (1) installations in the depositional area or in the track of the avalanche (arresting dams, deflecting and splitting

wedges, breakers, sheds), (2) installations in the rupture zone (supporting bridges or rakes), (3) installations to the windward of the rupture zone (fences, desk and jet roofs). The purpose of the first category is either to stop the snow masses before they reach the threatened area or to deflect them or carry them over the exposed objects. The second and third categories are intended to prevent the formation of avalanches either directly or indirectly.

To the last category belongs ordinary snow fences on plateaus to the windward of the rupture zones. In view of the landforms in many avalanche threatened areas in Norway, this method is specially well suited. In using such fences, the avalanche danger will be considerably reduced, and more expensive constructions, e.g. in the rupture zones, can be used more sparingly.

Until about 25 years ago little had been done in Norway on the technical aspects of protective installations. Of course, a number of old splitting wedges and deflecting walls existed, and some snowsheds were used on railways and roads. In later years, however, a considerable number of protective measures have been taken, and in most cases with success. Most of the known methods and types of installations have been tried. Work has been concentrated in west and north Norway, and in several places larger new projects are being undertaken or are in the planning stage.

Experience has shown that the possibilities of preventing or reducing avalanche damage are very good. Much can be done through research, mapping, public information, and direct protective measures. Until recently, these activities have been organized, for the most part, by the State Fund for Natural Hazards in cooperation with the Norwegian Snow Research Council (a body consisting of representatives from the Norwegian State Railways, the Department of Roads, the Norwegian Water and Electricity Board, and the State Fund of Natural Hazards). In December 1972, however, a recommendation by a government commission to transfer the work to the Norwegian Geotechnical Institute was passed by Parliament. This institute was already engaged in similar work on earthslides and rock avalanches; and now, since the recommendation has been followed, most of the problems connected with rapid mass movements will be handled by one institution.

In 1973-74 the Norwegian Geotechnical Institute has built a snow research station in an alpine valley called Grasdalen in South Norway. The station is situated approximately 1000 m above sea level, between mountain tops of approximately 1700-1800 m above sea level. Avalanches are rather frequent in this region. The main purpose of this station is to study the avalanches in the field, the problems in relation to the topography, meteorological conditions etc.

The program for the winter-observations and measurements comprises daily observations of the air temperature, wind direction and force, precipitation, snow depth, avalanche observations and estimation of danger zones. The snow cover is measured in various heights every 14 days. Special searches are made regarding the snow layers, the temperature conditions, the density, the water value, the crystal types and sizes, the roughness and solidity, the humidity and contraction of the snow cover.

As many avalanches in Grasdalen as possible are registrated regarding the actual situation, the time of release, the size, the structure of snow cover when the avalanches start etc.

The future program comprises the study of snow and avalanche pressure on various types of protection works, the topography and geomorphology in the avalanche terrain etc. Various methods to release the avalanches will also be tried.

It is expected that the research station will prove to be of great value for the study of the avalanche problems in Norway.



Anhang - Annex - Appendice

Mitglieder- und Interessentenverzeichnis

List of interested scientists

Liste des intéressés

S1.04-00

MRS.K.DAVIS CSIRO,DIV.OF FOREST RESEARCH BANKS STREET, YARRALUMLA	CANBERRA ACT 2600	AUSTRALIA
MR.B.PAGE TASMANIAN FORESTRY COMMISSION 10 MURRAY STREET	HOBART TASMANIA 7000	AUSTRALIA
MR.D.STODART DEPART.OF.FORESTRY-AUS.NAT.UNIV. P.O.BOX 4	CANBERRA ACT 2600	AUSTRALIA
PROF.DR.H.AULITZKY UNIV.F.BODENKULTUR INST/LEHRK.WLV PETER JORDANSTRASSE 82	A-1190 WIEN	AUSTRIA
DIPL.ING.O.BEIN JUFRO SECRETARIAT FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTRIA
DIPL.ING.N.DIERA UNIV.F.BODENKULTUR INST/LEHRK.WLV PETER JORDANSTRASSE 82	A-1190 WIEN	AUSTRIA
DIPL.ING.G.FIEBINGER UNIV.F.BODENKULTUR INST/LEHRK.WLV PETER JORDANSTRASSE 82	A-1190 WIEN	AUSTRIA
DIPL.ING.FR.JEGLITSCH INST.F.WILDBACH-U.LAWINENVERBAUUNG FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTRIA
PROF.DIPL.ING.DR.A.KRAPFENBAUER UNIV.F.BODENKULTUR INST/LEHRK.STNL. PETER JORDANSTRASSE 82	A-1190 WIEN	AUSTRIA
DR. G.KRONFELLNER-KRAUS INST.F.WILDBACH/LAWINENVERBAUUNG FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTRIA
DIPL.ING.H.MARGL INSTITUT F.FORSTSCHUTZ FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTIA
DIPL.ING.I.MERWALD INST.F.WILDBACH/LAWINENVERBAUUNG FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTRIA
DR.H.MUELLER UNIV.F.BODENKULTUR INST/LEHRK.BO.KU. PETER JORDANSTR.82	A-1190 WIEN	AUSTRIA
DR.I.NEUWINGER FBVA/WLV-AUSSENSTELLE F.SUBALP.WALDF. RENNWEG 1/HOFBURG	A-6020 INNSBRUCK	AUSTRIA
DIPL.ING.G.RUF INST.F.WILDBACH/LAWINENVERBAUUNG FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTRIA
DIPL.ING.F.RUHM INST.F.WILDBACH-U.LAWINENVERBAUUNG FORSTL.BUNDESVERSUCHSANSTALT	A-1131 WIEN	AUSTRIA

DR. H. SCHAFFHAUSER  
INST. F. WILDBACH-U. LAWINENVERBAUUNG  
FORSTL. BUNDESVERSUCHSANSTALT A-1131 WIEN AUSTRIA

PROF. DIPL. ING. DR. H. M. SCHIECHTL  
BVA/WLV-AUSSENSTELLE F. SUBALP. WALDF.  
RENNWEG 1/HOFBURG A-6020 INNSBRUCK AUSTRIA

DR. R. STERN  
FBVA/WLV-AUSSENSTELLE F. SUBALP. WALDF.  
RENNWEG 1/HOFBURG A-6020 INNSBRUCK AUSTRIA

MR. A. J. DE ARAUJO  
UNIVERSITY/FACULTY OF FORESTRY - CPF  
8 RUE BOM JESUS 650, CP 2959 80.000 CURITIBA PARANA BRAZIL

MR. W. E. H. BLUM  
UNIVERSITY/FAC. OF FORESTRY - CPF  
8 RUE BOM JESUS 650, CP 2959 80.000 CURITIBA PARANA BRAZIL

MR. M. A. KEECH  
UNIVERSITY/FAC. OF FORESTRY - CPF  
8 RUE BOM JESUS 650, CP 2959 80.000 CURITIBA PARANA BRAZIL

MR. R. A. SEITZ  
UNIVERSITY/FAC. OF FORESTRY - CPF  
8 RUE BOM JESUS 650, CP 2959 80.000 CURITIBA PARANA BRAZIL

MR. I. ANGELOV  
MIN. OF FOR/ENVIROMENT INST. OF FOR.  
GISCHE 15 BG-SOFIA C BULGARIA

MR. S. KERENSKI  
MIN. OF FOR/ENVIROMENT INST. OF FOR.  
GISCHE 15 BG-SOFIA BULGARIA

MR. L. BRACE  
CAN. FOREST. SERV. - NORTH. FOR. RES. CENTRE  
5320- 122 STREET EDMONTON ALBERTA T6H 3S5 CANADA

MR. TH. L. CHOW  
CAN. FOREST. SERV. - N. FOUNDL. FOR. RES. CEN  
P.O. BOX 6028 ST. JOHN'S NEWFNDL. A1C 5X8 CANADA

MR. D. GOLDING  
CAN. FOREST. SERV. - NORTH. FOR. RES. CENTRE  
5320- 122 STREET EDMONTON ALBERTA T6H 3S5 CANADA

MR. GR. HILLMAN  
CAN. FOREST. SERV. - NORTH. FOR. RES. CENTRE  
5320- 122 STREET EDMONTON ALBERTA T6H 3S5 CANADA

MR. R. ROTHWELL  
CAN. FOREST. SERV. - NORTH. FOR. RES. CENTRE  
5320- 122 STREET EDMONTON ALBERTA T6H 3S5 CANADA

MR. R. HEROUX  
FAC. OF FORESTRY A. GEODESY, LAVAL UNIV.  
CITE UNIVERSITAIRE QUEBEC 10 QUEBEC G1K 7P4 CANADA

MR. R. STEVENSON  
CAN. FOREST. SERV. - NORTH. FOR. RES. CENTRE  
5320- 122 STREET EDMONTON ALBERTA T6H 3S5 CANADA

MR.R.SWANSON CAN.FOREST.SERV.-NORTH.FOR.RES.CENTRE 5320- 122 STREET	EDMONTON ALBERTA T6H 355 CANADA	
MR.G.WEETMAN FAC.OF FORESTRY UNIVERSITY OF BRUNSWICK	FEDERICTON NEW BRUNSWICK CANADA	
MR.J.BUCAREY FAC.OF FOR.ENG.-INST.OF WOOD TECHN. CASILLA 567	VALDIVIA	CHILE
MR.H.ELGUETA FORESTRY INSTITUTE CASILLA 3085	SANTIAGO DE CHILE	CHILE
MR.J.GARCIA FORESTRY INSTITUTE CASILLA 3085	SANTIAGO DE CHILE	CHILE
MR.J.T.STERRINGA RES.CENTRE F.TROP.AGRIC./ FORESTRY DEPARTMENT	CATIE TURRIALBA	COSTARICA
MR.J.KONOPKA FOREST RESEARCH INSTITUTE STRAKONICKA 2175	CS-960 92 ZVOLEN	CZECHOSLOVAKIA
DR.J.MARKO UNIV.OF FOR./FAC.OF FORESTRY STUROVA 4	CS-960 53 ZVOLEN	CZECHOSLOVAKIA
DR.R.MIDRIAK FOREST RESEARCH INSTITUTE STRAKONICKA 2175	CS-960 92 ZVOLEN	CZECHOSLOVAKIA
MR.L.POLAK UNIV.OF AGRICULT.,FAC.OF FORESTRY ZEMEDELSKA 3	CS-662 66 BRNO	CZECHOSLOVAKIA
PROF.D.ZACHAR FOREST RESEARCH INSTITUTE STRAKONICKA 2175	CS-960 92 ZVOLEN	CZECHOSLOVAKIA
MR.T.KURKELA FINN.FOR.RES.INST. UNIONINKATU 40A	SF-00170 HELSINKI 17	FINLAND
MR.FOR.MATTI RUMMUKAINEN FINN.FOR.RES.INST. UNIONINKATU 40A	SF00170 HELSINKI 17	FINNLAND
MR.FOR.UKKO RUMMUKAINEN FINN.FOR.RES.INST. UNIONINKATU 40A	SF-00170 HELSINKI 17	FINLAND
MR.G.BURGNOT CENTRE TECHN.GENIE RURAL EAUX FORETS B.P.114 CTGREF-DIV.NIVOLOGIE	F-38402 ST.MARTIN D'HERES	FRANCE
ENG.L.DE CRECY CENTRE TECHN.GENIE RURAL EAUX FORETS B.P.114 CTGREF-DIV.NIVOLOGIE	F-38402 ST.MARTIN D'HERES	FRANCE

PROF. A. PONCET CENTRE TECHN. GENIE RURAL EAUX FORETS B.P. 114 CTGREF-DIV. EROSION	F-38402 ST. MARTIN D'HERES	FRANCE
DR. H. M. BRECHTEL HESS. FORSTL. VERS. ANST. PROFESSOR-OELKERSTRASSE 6	D-3510 HANN. MUENDEN	GERMANY
MRS. A. LESSEL INST. OF SILVICULTURE, UNIV. OF FREIBURG BERTOLDSTRASSE 17	D-7800 FREIBURG I. BR.	GERMANY
MR. U. STEINHARDT INST. OF SOIL SCIENCE A. FERTILIZATION BUESGENWEG 2	D-3400 GOETTINGEN-WEENDE	GERMANY
MR. C. TUYLL VAN SEROOSKERKEN INST. OF FOREST MANAG. A. YIELD THEORY BUESGENWEG 2	D-3400 GOETTINGEN-WEENDE	GERMANY
ENG. E. KARAMITROS FOREST RESEARCH INSTITUTE TERMA ALKMANOS-ILISSIA	GR-615 ATHENS	GREECE
DR. D. KOTOULAS ARISTOTELIAN UNIV. OF THESSALONIKI FOREST ADMINISTRATION	GR-THESSALONIKI	GREECE
MR. J. PAPOULIAS NORTH. GREEK FOREST RESEARCH CENTRE LOUTRA THERMIS	GR-VASILIKA-THESSALONIKI	GREECE
MR. B. G. DABRAL FOREST RES. INST. A. COLLEGES P.O. NEW FOREST	DEHRA DUN	INDIA
MR. R. C. GHOSH FOREST RES. INST. A. COLLEGES P.O. NEW FOREST	DEHRA DUN	INDIA
MR. B. SINGH FOREST RES. INST. / COLLEGES P.O. NEW FOREST	DEHRA DUN	INDIA
MR. R. M. SINGHAL FOREST RES. INST. / COLLEGES P.O. NEW FOREST	DEHRA DUN	INDIA
MR. B. K. SUBBA RAO FOREST RES. INST. A. COLLEGES P.O. NEW FOREST	DEHRA DUN	INDIA
MR. KR. M. TIWARI CONSERVATOR OF FORESTS DEPARTMENT OF FORESTS	U.P. LUCKNOW	INDIA
MR. F. NAKHDJAVANI COLLEGE OF NATURAL RESOURCES UNIV. OF TEHRAN	KARADJ	IRAN
DOTT. S. FATTORELLI UNIV. OF PADUA INST. OF SILVICULTURE VIA GRADENIGO 16	I-35100 PADOVA	ITALIA

MR.K.AKIYA GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.T.ARAYA DEPART.OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE KITA 9,NISHI 9,HOKKAIDO UNIV. KITAKU SAPPORO	JAPAN
MR.J.ENDO DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF YAMAGATA 1-23 WAKABA-MACHI TSURUOKA 997	JAPAN
MR.T.ENDO GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.SH.I.FUJII FAC.OF AGRICULTURE/TOKYO UNIV.OF ED. KOMABA 2-19-1 MEGURO-KU,TOKYO	JAPAN
MR.SH.HEKI DEPART.OF FORESTRY,FAC.OF AGRICULTURE SHIMOGAMO-NAKARAGI-CHO KYOTO 606 SAKYO-KU	JAPAN
DR.M.ISCHIKAWA GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
PROF.DR.H.ISHIBASHII DEPART.OF FORESTRY, IWATE UNIVERSITY UEDA 3-18-3 MORIOKA 020	JAPAN
MR.M.IWAKAWA GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.E.KANAUTI DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF YAMAGATA 1-23 WAKABA-MACHI TSURUOKA 997	JAPAN
MR.T.KASHIYAMA GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.G.KAWADA DEPART.OF FORESTRY,FAC.OF AGRICULTURE NAGOYA UNIVERSITY CHIKUSA,464 NAGOYA	JAPAN
MR.T.KAWAGUCHI GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.A.KAWANA UNIVERSITY OF AGRICULTURE/TECHNOLOGY DEPART.OF FORESTRY FUCHU -TOKYO 183	JAPAN
MR.M.KIDACHI GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.T.KIMURA DEPART.OF FORESTRY,FAC.OF AGRICULTURE NAGOYA UNIVERSITY CHIKUSA,464 NAGOYA	JAPAN

MR.T.KISHIOKA GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.N.KITAHARA DEPART.OF FORESTRY,FAC.OF AGRICULTURE NAGOYA UNIVERSITY CHIKUSA,464 NAGOYA	JAPAN
PROF.DR.KITAMURA DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF YAMAGATA 1-23 WAKABA-MACHI TSURUOKA 997	JAPAN
MR.S.KOBASHI EXPERIMENTAL FOREST STN./KYOTO UNIV. KITASHIRAKAWA SAKYO-KU KYOTO 606	JAPAN
MR.S.KOBAYASHI UNIVERSITY OF AGRICULTURE/TECHNOLOGY DEPART.OF FORESTRY FUCHU - TOKYO 183	JAPAN
MR.Y.KOHNO GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
DR.F.KOMAMURA DEPART.OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE KAMIHAMA-CHO, TSU,/MIE UNIV. MIE 514	JAPAN
MR.H.MAITA FAC.OF AGRICULTURE/TOKYO UNIV.OF ED. KOMABA 2-19-1 MEGURO-KU,TOKYO	JAPAN
MR.I.MARUYAMA SCHOOL OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE NIIGATA UNIVERSITY 950-21 IGARASHI NIIGATA	JAPAN
MR.R.MUTO COLLEGE EXP.FOR. /FAC.OF AGRICULTURE HOKKAIDO UNIVERSITY SAPPORO 060	JAPAN
DR.H.NAKANO GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.Y.NAKASHIMA DIV.OF FORESTRY,FAC.OF AGRICULTURE 6-10-1 HAKOZAKI HIGASHI-KU FUKUOKA CITY	JAPAN
MR.S.NAMBA GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153	JAPAN
MR.K.NISHIO TOKYO UNIVERSITY - FAC.OF AGRICULTURE DEPART.OF FORESTRY BUNKYU - TOKYO	JAPAN
PROF.H.NOBUUCHI UNIVERSITY OF AGRICULTURE/TECHNOLOGY DEPART.OF FORESTRY FUCHO - TOKYO 183	JAPAN
MR.Y.NOBUUCHI TOKYO UNIVERSITY - FAC.OF AGRICULTURE DEPART.OF FORESTRY BUNKYU - TOKYO	JAPAN

MR.H.OHTANI  
DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF YAMAGATA  
1-23 WAKABA-MACHI TSURUOKA 997 JAPAN

MR.K.OHTE  
DEPART.OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE  
SHIMOGAMO-NAKARAGI-CHO KYOTO 606 SAKYO-KU JAPAN

MR.H.OMURA  
DEPART.OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE  
OHYA 836 / SHIZUOKA UNIV. SHIZUOKA 422 JAPAN

MR.H.ONODERA  
COLLEGE EXP.FOR. /FAC.OF AGRICULTURE  
HOKKAIDO UNIVERSITY SAPPORO 060 JAPAN

MR.M.SAITOU  
SCHOOL OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE  
NIIGATA UNIVERSITY 950-21 IGARASHI NIIGATA JAPAN

MR.T.SAKAMOTO  
DEPART.OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE  
OTSU 200. MONOBE -KOCHI UNIV. 783 NANKOKU KOCHI JAPAN

MR.R.SHIBAKUSA  
COLLEGE EXP.FOR. /FAC.OF AGRICULTURE  
HOKKAIDO UNIVERSITY SAPPORO 060 JAPAN

MR.T.SHIDEI  
EXPERIMENTAL FOREST STN./KYOTO UNIV.  
KITASHIRAKAWA SAKYO-KU KYOTO 606 JAPAN

MR.K.SUE  
DIV.OF FORESTRY,FAC.OF AGRICULTURE  
6-10-1 HAKOZAKI HIGASHI-KU FUKUOKA CITY JAPAN

MR.S.SUTO  
DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF YAMAGATA  
1-23 WAKABA-MACHI TSURUOKA 997 JAPAN

DR.M.SUYAMA  
GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION  
MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO, TOKYO 153 JAPAN

MR.Y.SUZUKI  
TOKYO UNIVERSITY - FAC.OF AGRICULTURE  
DEPART.OF FORESTRY BUNKYU- TOKYO JAPAN

MR.H.TAKAHASHI  
DEPART.OF FORESTRY,IWATE UNIVERSITY  
UEDA 3-18-3 MORIOKA 020 JAPAN

MR.K.TAKAHASHI  
GOVERNMENT FOREST EXPERIMENT STATION  
MINISTRY AGRICULTURE/FORESTRY MEGURO - TOKYO 153 JAPAN

MR.Y.TAKEDA  
DEPART.OF FORESTRY/FAC.OF AGRICULTURE  
NAGOYA UNIVERSITY CHIKUSA,464 NAGOYA JAPAN

PROF.A.TAKEI  
EXPERIMENTAL FOREST STN/KYOTO UNIV.  
KITASHIRAKAWA SAKYO-KU KYOTO 606 JAPAN

MR.H.TSUKAHARA DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF YAMAGATA 1-23 WAKABA-MACHI	TSURUOKA 997	JAPAN
DR.Y.TSUKAMOTO UNIVERSITY OF AGRICULTURE/TECHNOLOGY DEPART.OF FORESTRY	FUCHU - TOKYO 183	JAPAN
MR.R.WAKABAYASHI COLLEGE EXP.FOR. /FAC.OF AGRICULTURE HOKKAIDO UNIVERSITY	SAPPORO 060	JAPAN
PROF.I.YAMAGUCHI TOKYO UNIVERSITY - FAC.OF AGRICULTURE DEPART.OF FORESTRY	BUKYU - TOKYO	JAPAN
MR.K.YOSHIKAWA EXPERIMENTAL FOREST STN./KYOTO UNIV. KITASHIRAKAWA SAKYO-KU	KYOTO 606	JAPAN
MR.J.A.LASSCHUIT AGRICULTURAL UNIV./DEPART.OF FORESTRY GENERAAL FOULKESWEG 64	NL-WAGENINGEN	NETHERLANDS
DIR. A.W.GIBSON MINISTRY OF WORKS/DEVELOPMENT WATER AND SOIL CONS-BOX 12041	WELLINGTON NORTH	NEW ZEALAND
MR.J.MORRIS NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE PROTECTION FORESTRY DIVISION	RANGIORA BOX 6	NEW ZEALAND
MR.C.O'LOUGHLIN NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE PROTECTION FORESTRY DIVISION	RANGIORA BOX 6	NEW ZEALAND
MR.A.PEARCE NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE PROTECTION FORESTRY DIVISION	RANGIORA,BOX 6	NEW ZEALAND
MR.L.ROWE NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE PROTECTION FORESTRY DIVISION	RANGIORA,BOX 6	NEW ZEALAND
MR.A.LOEKEN NORWEKIAN FOREST RESEARCH INSTITUTE	N-5047 STEND	NORWAY
PROF.DR.I.SAMSET NORWEGIAN FOREST RESEARCH INSTITUTE P.O.BOX 61	N-1432 AAS-NLH	NORWAY
MR.A.CHIMA PAKISTAN FOREST INSTITUTE	PESHAWAR	PAKISTAN
MR.G.M.KHATTAK PAKISTAN FOREST INSTUTUTE	PESHAWAR	PAKISTAN
MR.M.SHEIKH PAKISTAN FOREST INSTITUTE	PESHAWAR	PAKISTAN

MR. EUG. JEWULA FOREST RESEARCH INSTITUTE ULICA WERY KOSTRZEWY 3	PL-02-362 WARSZAWA 22	POLAND
MR. W. STRZELECKI FOREST RESEARCH INSTITUTE ULICA WERY KOSTRZEWY 3	PL-02-362 WARSZAWA 22	POLAND
ENG. JAO DE ALMEIDA ELISEU CABINETTE ESTUDOS OBRAS CORRECC. TORR P-LEIRA		PORTUGAL
MRS. M. BIRA UNIVERSITY OF BRASOV BD. GH. GHEORGHIU-DEJ. NR. 3	R-BRASOV	ROMANIA
MR. I. CIORTUZ UNIVERSITY OF BRASOV BD. GH. GHEORGHIU-DEJ. NR. 3	R-BRASOV	ROMANIA
MR. R. GASPAR FOREST RESEARCH INSTITUTE SOS. PIBERA 46 - SECTOR 11	R-BUKAREST	ROMANIA
MR. M. MARCU UNIVERSITY OF BRASOV BD. GH. GHEORGHIU-DEJ. NR. 3	R-BRASOV	ROMANIA
PROF. DR. ST. MUNTEANU UNIVERSITY OF BRASOV BD. GH. GHEORGHIU-DEJ. NR. 3	R-BRASOV	ROMANIA
MR. U. BAERRING ROYAL COLLEGE OF FORESTRY	S-104 05 STOCKHOLM 50	SWEDEN
MR. H. HULTEN ROYAL COLLEGE OF FORESTRY	S-104 05 STOCKHOLM 50	SWEDEN
MR. W. FREY SWISS FED. INST. SNOW/AVALANCH. RESEARCH EIDG. I. F. SCHNEE/LAWINEN	CH-7260 DAVOS-WEISSFLUHJ.	SWITZERLAND
DIPL. ING. H. R. IN DER GAND SWISS FED. INST. SNOW/AVALANCH RESEARCH EIDG. I. F. SCHNEE/LAWINEN	CH-7260 DAVOS-WEISSFLUHJ.	SWITZERLAND
MR. J. RYCHETNIK SWISS FED. INST. SNOW/AVALANCH. RESEARCH EIDG. I. F. SCHNEE/LAWINEN	CH-7260 DAVOS-WEISSFLUHJ.	SWITZERLAND
MR. W. SCHOENENBERGER SWISS FOREST RESEARCH INSTITUTE EIDGEN. ANST. F. FORSTL. VERS. W.	CH-8903 BIRMENS DORF	SWITZERLAND
DR. H. TURNER SWISS FOREST RESEARCH INSTITUTE EIDGEN. ANST. F. FORSTL. VERS. W.	CH-8903 BIRMENS DORF	SWITZERLAND
MR. J. ZELLER SWISS FEDERAL FOREST RESEARCH STATION EIDGEN. ANST. F. FORSTL. VERS. W.	CH-8903 BIRMENS DORF	SWITZERLAND

MR.M.BLANCO NAT.INST.OF AGR.RESEARCH/INVESTIGAT. K.7.APARTADO 8.111	E-MADRID 20	SPAIN
DR.F.LOPEZ CADENAS DE LLANO PATRIMONIO FORESTAL DEL ESTADO CALLE MAYOR NO.83	E-MADRID 13	SPAIN
MR.G.POULSEN UNIV.OF DAR ES SALAM,FAC.AGR./FOR. P.O.BOX 643 - FOR.DIV.	MOROGORO	TANZANIA
MR.H.AYDEMIR FOREST RESEARCH INSTITUTE P.K.24 BAHCELIEVLER	TR-ANKARA	TURKEY
DR.T.I.AYKUT UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEDERE-ISTANBUL	TURKEY
PROF.DR.A.N.BALCI UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
PROF.DR.S.BAYOGLU UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
MR.M.BUEYUEKDUMAN FOREST RESEARCH INSTITUTE P.K.24 BAHCELIEVLER	TR-ANKARA	TURKEY
MR.E.GORCELIOGLU UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
PROF.DR.N.OZCELIK UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
MR.S.OZHAN UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
DR.N.OZYUVACI UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
MR.O.B.SECKIN UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
PROF.DR.F.TAVSANOGLU UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
PROF.DR.S.USLU UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY
MR.O.UZUNSOY UNIVERSITY OF ISTANBUL FACULTY OF FORESTRY	TR-BUEYUEKDERE-ISTANBUL	TURKEY

MR.D.F.DAVIDSON  
TROPICAL PROD.INST/MINIST.OF OVERSEA  
56 GRAY'S INN ROAD LONDON WC1X 8LU UNITED KINGDOM

MR.TH.E.EDWARDSON  
DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF OXFORD  
SOUTH PARKS ROAD OXFORD OX1 3RB UNITED KINGDOM

MR.D.C.LEDGER  
DEPART.OF FORESTRY A.NATURAL RESOUR.  
MAYFIELD ROAD /UNIVERSITY EDINBURGH EH9 3JU UNITED KINGDOM

PROF.DR.L.LEYTON  
DEPART.OF FORESTRY, UNIV.OF OXFORD  
SOUTH PARKS ROAD OXFORD OX1 3RB UNITED KINGDOM

MR.F.WHITE  
DEPART.OF FORESTRY,UNIV.OF OXFORD  
SOUTH PARKS ROAD OXFORD OX1 3RB UNITED KINGDOM

MR.H.W.ANDERSON  
USDA F.S./PAC.SOUTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
P.O.BOX 245 BERKELEY, CALIFORNIA 94701 U.S.A.

MR.CH.C.AVERY  
SCHOOL OF FORESTRY  
NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY FLAGSTAFF,ARIZONA 86001 U.S.A.

MR.M.BAKER  
USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY FLAGSTAFF,ARIZONA 86001 U.S.A.

MR.R.L.BESCHTA  
SCHOOL OF FORESTRY,OREGON STATE UNIV.  
3200 JEFFERSON WAY CORVALLIS, OREGON 97331 U.S.A.

DR.P.E.BLACK  
UNIV.OF.N.Y./SCHOOL OF ENVIRONMENTAL  
319 BRAY HALL SYRACUSE, NEW YORK 13210 U.S.A.

MR.FR.T.BONNER  
USDA F.S./SOUTH.FOR.EXP.STN  
P.O.BOX 906 - FOR.TREE/S/LAB. STARKVILLE,MISSISS.39759 U.S.A.

MR.R.J.BOYD  
USDA F.S./INTERM.FOR/RANGE EXP.STN.  
507-25TH.STREET OGDEN,UTAH 84401 U.S.A.

DR.D.J.CRAUL  
UNIV.OF.N.Y./SCHOOL OF ENVIRONMENTAL  
319 BRAY HALL SYRACUSE,NEW YORK 13210 U.S.A.

MR.L.DEBANO  
USDA F.S./PAC.SOUTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
110 NORTH WABASH AVENUE GLENDORA,CALIFORNIA 91740 U.S.A.

MR.N.DEBYLE  
USDA F.S./INTERM.FOR/RANGE EXP.STN.  
507-25TH.STREET OGDEN,UTAH 84401 U.S.A.

MR.D.DEWALLE  
FOREST RESOURCES LABORATORY  
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY UNIV.PARK,PENNSYLVAN.16802 U.S.A.

MR. PH. B. DURGIN  
 USDA F.S./PAC.SOUTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 P.O.BOX 245 BERKELEY,CALIFORNIA 94701 U.S.A.

MR. CH. TH. DYRNESS  
 USDA F.S./PAC.NORTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 INSTITUTE OF NORTH.FORESTRY FAIRBANKS,ALASKA 99701 U.S.A.

DR. A. R. ESCHNER  
 UNIV.OF.N.Y./SCHOOL OF ENVIRONMENTAL  
 319 BRAY HALL SYRACUSE,NEW YORK 13210 U.S.A.

MR. E. FARMER  
 USDA F.S./INTERM.FOR/RANGE EXP.STN.  
 501-25TH.STREET OGDEN,UTAH 84401 U.S.A.

MR. R. FREDRIKSEN  
 USDA F.S./PAC.NORTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 3200 JEFFERSON WAY CORVALLIS,OREGON 97331 U.S.A.

MR. H. G. HALVORSEN  
 USDA F.S./PAC.SOUTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 P.O.BOX 245 BERKELEY,CALIFORNIA 94701 U.S.A.

MR. E. HANSEN  
 USDA F.S./NORTH CENTR.FOR.EXP.STN.  
 FOLWELL AVENUE ST.PAUL,MINNESOTA 55101 U.S.A.

DR. R. D. HARR  
 SCHOOL OF FORESTRY, OREGON STATE UNIV.  
 3200 JEFFERSON WAY CORVALLIS, OREGON 97331 U.S.A.

MR. G. E. HART  
 COLLEGE OF NATURAL RESOURCES  
 UTAH STATE UNIVERSITY LOGAN,UTAH 84332 U.S.A.

MR. H. HAUPT  
 USDA F.S./INTERM.FOR/RANGE EXP.STN.  
 507-25TH.STREET OGDEN,UTAH 84401 U.S.A.

DR. B. H. HEEDE  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 FOREST HYDROLOGY LABORATORY TEMPE, ARIZONA 85281 U.S.A.

MR. A. E. HELMERS  
 USDA F.S./PAC.NORTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 INSTITUTE OF NORTH.FORESTRY FAIRBANKS,ALASKA 99701 U.S.A.

MR. J. D. HELVEY  
 USDA F.S./PAC.NORTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 1133 N.WESTERN AVENUE WENATCHEE,WASHINGTON 98801 U.S.A.

MR. L. P. HERRINGTON  
 UNIV.OF N. Y./SCHOOL OF ENVIRONMENTAL  
 319 BRAY HALL SYRACUSE,NEW YORK 1321 U.S.A.

MR. J. HORNBECK  
 USDA F.S./NORTHEAST.FOR/EXP.STN.  
 CONCORD-MAST RD.P.O.BOX 640 DURHAM,NEW HAMPSHIRE U.S.A.

MR. R. A. JONES  
 USDA F.S./PAC.SOUTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 P.O.BOX 245 BERKELEY,CALIFORNIA 94701 U.S.A.

MR. A. JUDSON  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 240 WEST PROSPECT STREET FORT COLLINS COLOR. 80521 U.S.A.

MR. G. O. KLOCK  
 USDA F.S./PAC.NORTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 1133 N.WESTERN AVENUE WENATCHEE, WASHINGTON 98801 U.S.A.

MR. K. KNOERR  
 SCHOOL OF FORESTRY A. ENVIRON. STUDIES  
 DUKE UNIVERSITY DURHAM, NORTH CAROL. 27706 U.S.A.

MR. F. LAVIN  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 FOR.SC.LAB./NORTH.ARIZ.UNIV. FLAGSTAFF, ARIZONA 86001 U.S.A.

DR. M. JR. MARTINELLI  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 240 WEST PROTECT STREET FORT COLLINS, COLOR. 80521 U.S.A.

MR. R. MEEUWIG  
 USDA F.S./INTERM.FOR/RANGE EXP.STN.  
 507-25TH STREET OGDEN, UTAH 84401 U.S.A.

DR. W. F. MEGAHAN  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 316 EAST MYRTLE STREET BOISE, IDAHO 83706 U.S.A.

DR. J. R. MEIMAN  
 COLLEGE OF FORESTRY A. NAT. SCIENCES  
 COLORADO STATE UNIVERSITY FORT COLLINS, COLOR. 80521 U.S.A.

DR. L. A. NORRIS  
 USDA F.S./PAC.NORTHW.FOR/RANGE EXP.ST  
 3200 JEFFERSON WAY SORVALLIS, OREGON 91331 U.S.A.

MR. H. K. ORR  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 FOR.S.DAKOTA SCHOOL OF MINES RAPID CITY, S.DAKOTA 57701 U.S.A.

MR. P. E. PACKER  
 USDA F.S./INTERM.FOR/RANGE EXP.STN.  
 860N. 12TH E. LOGAN, UTAH 84321 U.S.A.

DR. R. PERLA  
 USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE EXP.ST  
 240 WEST PROTECT STREET FORT COLLINS, COLOR. 80521 U.S.A.

DR. R. M. RICE  
 USDA F.S./ROCK.K.MOUNT.FOR/RANGE EXP.  
 1550 8-STREET ARCATA, CALIFORNIA 95521 U.S.A.

MR. N. A. RICHARDS  
 UNIV. OF N.Y./SCHOOL OF ENVIRONMENTAL  
 319 BRAY HALL SYRACUSE, NEW YORK 13210 U.S.A.

MR. C. SETTERGREN  
 UNIV. OF MISSUR/SCHOOL OF FORESTRY  
 1-30 AGRICULTURE COLUMBIA, MISSOURI 65201 U.S.A.

MR. R. J. SINGER  
 STEPH. F. AUSTIN ST. UNIV/SCHOOL OF FOR.  
 P.O. BOX 6109. SFA STATION NACOGDOCHES, TEXAS 75961 U.S.A.

MR. J. L. SMITH USDA F.S./PAC.SOUTH.W.FOR/RANGE P.O.BOX 245	EXP.ST BERKELEY,CALIFORNIA 94701	U.S.A.
DR. R. SOMMERFELD USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE 240 WEST PROSPECT STREET	EXP.ST FORT COLLINS,COLOR.80521	U.S.A.
MR. D. W. STRIFFLER COLLEGE OF FORESTRY A.NAT.SCIENCES COLORADO STATE UNIVERSITY	FORT COLLINS, COLOR. 80521	U.S.A.
DR. D. N. SWANSTON USDA F.S./PAC.NORTH.W.FOR/RANGE 3200 JEFFERSON WAY	EXP.ST CORVALLIS, OREGON 97331	U.S.A.
MR. R. D. TABLER USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE BOX 3313 UNIV.OF WYOMING	EXP.ST LARAMIE, WYOMING 82071	U.S.A.
MR. L. TENNYSON UNIV.OF MISSOUR/SCHOOL OF FORESTRY 1-30 AGRICULTURE	COLUMBIA,MISSOURI 65201	U.S.A.
MR. K. WILLIAMS USDA F.S./ROCK.MOUNT.FOR/RANGE 240 WEST PROTECT STREET	EXP.ST FORT COLLINS, COLOR.80521	U.S.A.
MR. R. ZIEMER USDA F.S./PAC.SOUTH.W.FOR/RANGE P.O.BOX 245	EXP.ST BERKELEY,CALIFORNIA 96001	U.S.A.
MR. P. J. ZINKE COLLEGE OF NAT.RESOURCES,UNIV.CAL. 145 MULFORD HALL	BERKELEY,CALIFORNIA 94720	U.S.A.
MR. M. DJOROVIC INST.OF FORESTRY/WOOD INDUSTRY KNEZA VISESLAVA 3	YU-11 030 BEOGRAD	YUGOSLAVIA
PROF. DR. S. GAVRILOVIC UNIVERSITY OF BEOGRAD KRALJA BODINA 18	YU-11 000 BEOGRAD	YUGOSLAVIA
PROF. ING. S. LAZAREV UL. JOGOSLAVENSKE ARNIJE 17/IV	YU-71 000 SARAJEVO	YUGOSLAVIA
DR. R. LAZAREVIC INST.OF FORESTRY/WOOD INDUSTRY KNEZA VISESLAVA 3	YU-11 030 BEOGRAD	YUGOSLAVIA
PROF. DR. D. MLINSEK DEPART.OF BIOTECH./IUFRO-DIV. KREKOV TRG 1	YU-61 000 LJUBLJANA	YUGOSLAVIA
MR. I. SMOLEJ DEPART.OF BIOTECH./INST.OF FORESTRY VECNA POT ST.30	YU-61 000 LJUBLJANA	YUGOSLAVIA
MR. A. TOMASEVIC FAC.OF FORESTRY,UNIVERSITY OF ZAGREB SIMUNSKA CESTA 25	YU-41 000 ZAGREB	YUGOSLAVIA

MR. M. ZEMLJIC  
DEPART. OF BIOTECH. / INST. OF FORESTRY  
VECNA POT 30 YU-61 000 LJUBLJANA YUGOSLAVIA

MR. I. ZONTA  
DEPART. OF BIOTECH. / INST. OF FORESTRY  
VECNA POT ST. 30 YU-61 000 LJUBLJANA YUGOSLAVIA

MR. E. A. HERNANDEZ  
FAC OF FOR. SCIENCES, UNIV. OF THE ANDES  
APARTADO NO. 305 MERIDA VENEZUELA

Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

MITTEILUNGEN  
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT  
WIEN

Heft Nr.

- 74 Göbl Friederike, Platzer Hannes: "Düngung und Mykorrhiza -  
(1966) Bildung bei Zirbenjungpflanzen".  
Preis ö.S. 65. -
- 75 "Ökologie der alpinen Waldgrenze."  
(1967) Symposium, Innsbruck, 29. - 31. März 1966.  
Preis ö.S. 500. - vergriffen
- 76 Jahn Else: "Über den Einfluß von Windstärke, Schneehöhe und Bo-  
(1967) denvegetation auf die tierische Besiedlung von Hochgebirgsböden."  
Sinreich Anna: "Faunistische Untersuchungen (Arthropoden und  
Mollusken) an einem Edelkastanienstandort am südöstlichen Rand  
der Thermalalpen."  
Preis ö.S. 150. -
- 77/I "2. Internationale Ertragskundetagung, Wien 1966."  
(1967) Hauptreferate, Diskussionen, Referate. Band 1.  
Preis ö.S. 250. -
- 77/II "2. Internationale Ertragskundetagung, Wien 1966."  
(1967) Schriftliche Beiträge, Beschlüsse und Empfehlungen. Band 2.  
Preis ö.S. 200. -
- 78 Pockberger Josef: "Die Verbreitung der Linde, insbesondere in  
(1967) Oberösterreich."  
Preis ö.S. 120. -
- 79 Killian Herbert: "Mariabrunner Trilogie"  
(1968) II. Teil "Die Forstlehranstalt und Forstakademie."  
Band 1, Geschichtliche Entwicklung 1813 - 1875.  
Preis ö.S. 250. -
- 80 Killian Herbert: "Mariabrunner Trilogie"  
(1968) II. Teil "Die Forstlehranstalt und Forstakademie."  
Band 2, Ergänzungen.  
Preis ö.S. 300. -
- 81 "Normen für Forstkarten" bearbeitet von Erich Mayer.  
(1968) Preis ö.S. 50. -
- 82 "Österreichische Forstinventur, Bundes-Ergebnisse 1961/64."  
(1969) Preis ö.S. 150. -

Heft Nr.

- 83 (1969) "Österreichische Forstinventur, Regions - Ergebnisse 1961/64."  
Preis ö.S. 240. -
- 84 (1969) Braun Rudolf: "Österreichische Forstinventur, Methodik der Auswertung und Standardfehler - Berechnung."  
Preis ö.S. 80. -
- 85 (1969) Bochs bichler Karl, Schmotzer Ulrich: "Die Konkurrenzkraft des Waldes als bergbäuerlicher Betriebszweig."  
Preis ö.S. 360. -
- 86 (1969) "Unfälle und Berufskrankheiten durch mechanisierte Forstarbeiten."  
Internationale Arbeitstagung, Wien, 2. - 4. April 1968.  
Preis ö.S. 120. - vergriffen
- 87 (1970) Merwald Ingo: "Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich" Winter 1967/68 und 1968/69.  
Preis ö.S. 60. - vergriffen
- 88 (1970) Kronfellner - Kraus Gottfried: "Über offene Wildbachsperrren."  
Ruf Gerhard: "Deformationsmessungen an einer Gitterrostsperrre."  
Hoffmann Leopold: "Die Geröllfracht in Wildbächen."  
Leys Emil: "Dücker in der Wildbachverbauung."  
Preis ö.S. 120. - vergriffen
- 89 (1970) Krempel Helmut: "Untersuchungen über den Drehwuchs bei Fichte."  
Preis ö.S. 130. -
- 90 (1970) Kral Friedrich, Mayer Hannes, Nather Johann, Pollanschütz Josef, Rachoy Werner: "Naturverjüngung im Mischwald - Bestandesumbau sekundärer Kiefernwälder."  
Preis ö.S. 160. -
- 91 (1971) "Beiträge zur Zuwachsforschung."  
Arbeitsgruppe Zuwachsbestimmung der IUFRO - Sektion 25.  
Preis ö.S. 80. -
- 92 (1971) "Methoden zur Erkennung und Beurteilung forstschädlicher Luftverunreinigungen."  
Arbeitsgruppe Forstliche Rauchschäden der IUFRO - Sektion 24.  
Preis ö.S. 260. -
- 93 (1971) Jelem Heimut, Kilian Walter: "Die Wälder im östlichen Außerfern." (Tirol)  
Preis ö.S. 100. -
- 94 (1971) Holzschuh Carolus: "Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich."  
"Zwei neue Phytoecia - Arten (Col. Cerambycidae) aus Anatolien und dem Libanon."  
Preis ö.S. 70. -

Heft Nr.

- 95 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich"  
(1971) Winter 1969/70.  
Preis ö.S. 140. -
- 96 "Hochlagenaufforstung in Forschung und Praxis."  
(1972) 2. Arbeitstagung über subalpine Waldforschung und Praxis  
Innsbruck - Igls, 13. und 14. Oktober 1970.  
Preis ö.S. 240. -
- 97/I "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume."  
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachver-  
ständiger, Essen - BRD, 7. - 11. September 1970. Band 1.  
Preis ö.S. 300. -
- 97/II "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume."  
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachver-  
ständiger, Essen - BRD, 7. - 11. September 1970. Band 2.  
Preis ö.S. 300. -
- 98 Czell Anna: "Wasserhaushaltsmessungen in subalpinen Böden."  
(1972) Preis ö.S. 120. -
- 99 Zednik Friedrich: "Aufforstungen in ariden Gebieten."  
(1972) Preis ö.S. 100. -
- 100 Eckhart Günther, Rachoy Werner: "Waldbauliche Beispiele aus  
(1973) Tannen-Mischwäldern in Oberösterreich, Tirol und Vorarlberg."  
Preis ö.S. 200. -
- 101 Zukrigl Kurt: "Montane und subalpine Waldgesellschaften am Al-  
(1973) penostrand."  
Preis ö.S. 400. -
- 102 "Kolloquium über Wildbachsperrren."  
(1973) Tagung, der IUFRO Fachgruppe S 1.04-EFC/FAO/Arbeitsgruppe, Wien 1972  
Preis ö.S. 400. -
- 103/I "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für  
(1973) das Bundesgebiet." Band I  
Preis ö.S. 120. -
- 103/II "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für  
(1974) das Bundesgebiet." Band II  
Preis ö.S. 220. -
- 104 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich"  
(1974) Winter 1970/71 und 71/72  
Preis ö.S. 120. -

Heft Nr.

- 105 "Beiträge zur Zuwachsforschung."  
(1974) Arbeitsgruppe S 4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO  
Preis ö.S. 100. -
- 106 "Geschichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt und ihrer  
(1974) Institute."  
Preis ö.S. 260. -
- 107 Bein Otmar: "Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsan-  
(1974) stalt 1874 - 1973 "  
Preis ö.S. 250. -
- 108 "Beiträge zur Forsteinrichtung"  
(1974) IUFRO-Fachgruppe S 4.04 Forsteinrichtung  
Preis ö.S. 120. -
- 109 Jelem Helmut: "Die Auwälder der Donau in Österreich" Beilagen  
(1974) (Band 109 B)  
Preis ö.S. 360. -
- 110 "Zur Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) im  
(1975) Waldviertel 1964-1967 und der weiteren Entwicklung bis 1973"  
Preis ö.S. 120. -
- 111 Jelem Helmut, Kilian Walter: "Wälder und Standorte am steiri-  
(1975) schen Alpenostrand (Wuchsraum 18)" Beilagen (Band 111 B)  
Preis ö.S. 250. -
- 112 Jeglitsch Friedrich, Jelem Helmut, Kilian Walter, Kron-  
(1975) fellner-Kraus Gottfried, Neuwinger Irmentraud, Noister-  
nig Heinrich und Stern Roland:  
"Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Trattenbach"  
Preis ö.S. 250. -
- 113 Jelem Helmut: "Marchauen in Niederösterreich"  
(1975) Preis ö.S. 120. -
- 114 Jeglitsch Friedrich: "Hochwässer, Muren, Rutschungen und Fels-  
(1976) stürze in Österreich 1971 - 1973"  
Preis ö.S. 130. -
- 115 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung"  
(1976) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen  
Preis ö.S. 200. -

## DIVERSE VERÖFFENTLICHUNGEN

### Heft Nr.

- 8 XIII. Kongreß des internationalen Verbandes Forstlicher Forschungs-  
(1961) anstalten (IUFRO), Wien, September 1961.  
Berichte: 1. Teil  
2. Teil, Band 1 und 2.  
Preis ö.S. 450.-
- 9 Aichinger Erwin: "Pflanzen als forstliche Standortsanzeiger."  
(1967) Eine soziologische, dynamische Betrachtung.  
Preis ö.S. 580.-
- 10 "Richtwerttafel für die Nadelholzschlägerung mit der Motorsäge."  
(1969) Herausgegeben vom Verein zur Förderung der Forstlichen Forschung.  
Preis ö.S. 25.-
- 11 "Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Organisation und Institute"  
(1974) Preis ö.S. 50.-
- 12 IUFRO "Executive Board Study Tour",  
(1974) Exkursion vom 3.-10. September 1974 in Österreich  
Preis ö.S. 100.-
- 13 "100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien" (Festschrift)  
(1974)

## ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE

### Heft Nr.

- XX Martin - Bosse Helke: "Schwarzföhrenwälder in Kärnten."  
(1967) Preis ö.S. 125.-
- XXI Margl Hermann: "Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit."  
(1973) Preis ö.S. 60.-
- XXII Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe in den  
(1975) Ostalpen" I. "Teil  
Preis ö.S. 100.-

Bezugsquelle

Österreichischer Agrarverlag  
A - 1014 Wien, Bankgasse 3





