

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

161. Heft

1988

ÜBER DIE EINSCHÄTZUNG VON WILDBÄCHEN

DER DÜRNBACH

ODC 116.3 : 384.3 : (436)

On the Assessment of Torrents - The Dürnbach

De l'Évaluation des Torrents - Le Dürnbach

Mit Beiträgen von
**G. Kronfellner-Kraus, I. Neuwinger,
G. Ruf, H. Schaffhauser
(FBVA)**

sowie im Anhang
**W. Furlinger (Salzburg) und
F. Nobilis (Hydrographisches Zentralbüro)**

Herausgegeben
von der
**Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, 1141 Wien**

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

ISBN 3-7040-0964-4

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

I N H A L T

Seite

1.	DER DÜRNBACH IM OBERPINZGAU UND SEINE VERBAUUNGSTECH- NISCHEN PROBLEME	9
Von Gottfried Kronfellner-Kraus		
1.1	Vorwort und Einleitung	10
1.1.1	Vorwort	10
1.1.2	Allgemeine Beschreibung	15
1.1.3	Die Verbauung des Dürnbaches	26
1.1.4	Verbauungsfortsetzung, Beobachtungen und Kontrollen	42
1.2	Beobachtungen, Unter- suchungen und Messungen	43
1.2.1	Niederschläge und Abflüsse	43
1.2.2	Erosion und Feststofffrachten	46
1.2.3	Hangbewegung und Gebirgsdrucke	53
1.2.4	Geodätische Bewegungskontrolle	60
1.2.5	Besprechung der Meßergebnisse	64
1.3	Querwerke für Talzuschubs- bereiche	69
1.3.1	Erfahrungen mit konventionellen Querwerken	69
1.3.2	Gegliederte Querwerke	71
1.3.3	Verformbare Querwerke in Stahl	74
1.4	Besprechung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen	86
1.4.1	Einschätzung des Dürnbaches	86
1.4.2	Zur Bemessung von Murprofilen	91
1.4.3	Zum Verbauungskonzept	93
1.4.4	Flexible verformbare Querwerke	98
1.5	Zusammenfassung	100
	Summary	102
	Resumé	104
1.6	Literatur	106

2.	B Ö D E N U N D V E G E T A T I O N I M O B E R E N E I N Z U G S G E B I E T D E S D Ü R N B A C H E S I M O B E R P I N Z G A U , S A L Z B U R G , U N D I H R E I N F L U S S A U F D E N W A S S E R R Ü C K H A L T	111
	Von Irmentraud Neuwinger	
2.1	A r b e i t s v o r g a n g , M e t h o d i k u n d F r a g e s t e l l u n g	112
2.2	D i e V e r t e i l u n g d e r B o d e n - u n d V e g e t a t i o n s e i n h e i t e n i m R e l i e f d e s E i n z u g s g e - b i e t e s	113
2.2.1	R e l i e f - u n d G e s t e i n s f a k t o r e n a l s U r s a c h e f ü r d i e B i l d u n g d e r B o d e n - u n d V e g e t a t i o n s e i n h e i t e n	114
2.2.2	K l i m a t i s c h e U r s a c h e n d e r B o d e n b i l d u n g	116
2.2.3	W i r t s c h a f t l i c h e U r s a c h e n d e r B o d e n b i l d u n g	117
2.3	Z u m W a s s e r h a u s h a l t d e r B ö d e n	118
2.3.1	W a s s e r r ü c k h a l t v o n P o d s o l e n u n d P s e u d o g l e y e n a l s U r s a c h e f ü r d a s A b f l u ß g e s c h e h e n i m E i n z u g s g e b i e t ...	119
2.3.2	S p e i c h e r u n g p f l a n z e n v e r f ü g b a r e n W a s s e r s b e i P o d - s o l e n u n d P s e u d o g l e y e n	121
2.4	B i o e l e m e n t v o r r a t	122
2.5	D i s k u s s i o n d e r E r g e b n i s s e ..	124
2.5.1	D i e B o d e n k a r t i e r u n g	124
2.5.2	U n t e r s u c h u n g e n z u m W a s s e r h a u s h a l t d e s E i n z u g s - g e b i e t e s	125
2.5.3	E i g n u n g d e r K a r t i e r u n g s e i n h e i t e n f ü r A u f f o r s t u n g e n	126
2.6	Z u s a m m e n f a s s u n g	127
	Summary	129
	Resumé	130
2.7	L i t e r a t u r	133
2.8	B e i l a g e n	134

3.	BEREGNUNGSVERSUCHE IM EIN- ZUGSGEBIET DES DÜRN BACHES	147
	Von Horst Schaffhauser	
3.1	Einleitung und Fragestellung	148
3.2	Versuchsdurchführung	149
3.3	Besprechung der Ergebnisse	151
3.4	Zusammenfassung	152
	Summary	152
	Resumé	153
3.5	Literatur	153
3.6	Beilagen	154
4.	HOCHWASSERBESTIMMUNG UND EINFLUSSFAKTOREN IM DÜRN BACH AUFGRUND VON MESSUNGEN	161
	Von Gerhard Ruf	
4.1	Einleitung	162
4.2	Methoden	163
4.3	Vorläufige Ergebnisse	173
4.3.1	Häufigkeitsverteilung der Hochwässer	173
4.3.2	Einflußgrößen auf Hochwässer	182
4.3.2.1	Die Niederschlagsverteilung	183
4.3.2.2	Abflußanteile auf Teilflächen	190
4.3.2.3	Fließzeiten	192
4.4	Durchflußprofile für Hoch- wasser und Geschiebetrieb	193
4.4.1	Durchflußmenge des Wassers	194
4.4.2	Geschiebetrieb und Fließgeschwindigkeit	194
4.4.3	Abflußvorgang und Abflußstörung	197
4.5	Zusammenfassung	198
	Summary	198
	Resumé	199
4.6	Literatur	200
4.7	Verwendete Formeln und Berechnungen	202
4.7.1	Gebietsparameter	202
4.7.2	HW-Bemessungsverfahren	204
4.7.3	Geschiebetrieb und Durchflußgeschwindigkeit	207

A N H A N G

Al.	G E O L O G I S C H E K A R T I E R U N G U N D B E S C H R E I B U N G D E S D Ü R N - B A C H E S M I T B E S O N D E R E R B E - R Ü C K S I C H T I G U N G D E R H A N G - B E W E G U N G E N *	209
	Von Werner Furlinger	
Al.1	E i n f ü h r u n g	210
Al.2	G e o l o g i s c h e B e s c h r e i b u n g	215
Al.2.1	Der Dürnbach	215
Al.2.2	Dürnbachwald	219
Al.2.3	Hohe Blaike	220
Al.2.4	Gensbichlalm	221
Al.2.5	Frühmesser und weitere Bergzerreibungen	224
Al.2.6	Trattenbacheck - Taubensteinkapelle (auch Steinerkapelle)	227
Al.2.7	Der Talschluß	228
Al.3	Z u s a m m e n f a s s u n g	232
	Summary	232
	Resumé	233
Al.4	L i t e r a t u r	234
Al.5	B e i l a g e n	236
	Diagramme (Tafel 1-5)	236
	Zusätzliche Photos (Tafel 6-9)	239
	Ausschnitt Österreichkarte 1:25.000 (Tafel 10)	243

* erstellt in den Jahren 1968-1971 im Rahmen einer Dissertation am geologischen Institut der Universität Wien, Prof. DDr. Clar, in Zusammenarbeit und Unterstützung des Institutes für Wildbach- und Lawinenverbauung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien.

A2.	D I E H O C H W A S S E R V E R H Ä L T N I S S E A N D E R O B E R E N S A L Z A C H	245
	Von F. Nobilis	
A2.1	P r o b l e m s t e l l u n g	246
A2.2	A u s g a n g s d a t e n	247
A2.3	D i e E i n o r d n u n g d e s D ü r n - b a c h e s i n d a s H o c h w a s s e r - a b f l u ß g e s c h e h e n d e r o b e r e n S a l z a c h	249
A2.3.1	D i e B e z e i c h n u n g H Q ₁₀ / H Q ₁₀₀ u n d M J H Q / H Q ₁₀	250
A2.3.2	A n m e r k u n g z u r 90%-R i c h t k u r v e n a c h W u n d t	252
A2.3.3	D i e c h a r a k t e r i s t i s c h e n A b f l u ß s p e n d e n a n d e r o b e r e n S a l z a c h	253
A2.4	Z u s a m m e n f a s s u n g	256
	Summary	256
	Resumé	257
A2.5	L i t e r a t u r	258

1. DER DÜRN BACH IM OBERPINZGAU
UND SEINE VERBAUUNGSTECH-
NISCHEN PROBLEME

Von Gottfried Kronfellner-Kraus

- 1.1 Vorwort und Einleitung
 - 1.1.1 Vorwort
 - 1.1.2 Allgemeine Beschreibung
 - 1.1.3 Die Verbauung des Dürnbaches
 - 1.1.4 Verbauungsfortsetzung, Beobachtungen und Kontrollen

- 1.2 Beobachtungen, Unter-
suchungen und Messungen
 - 1.2.1 Niederschläge und Abflüsse
 - 1.2.2 Erosion und Feststofffrachten
 - 1.2.3 Hangbewegung und Gebirgsdrucke
 - 1.2.4 Geodätische Bewegungskontrolle
 - 1.2.5 Besprechung der Meßergebnisse

- 1.3 Querwerke für Talzuschubs-
bereiche
 - 1.3.1 Erfahrungen mit konventionellen Querwerken
 - 1.3.2 Gegliederte Querwerke
 - 1.3.3 Verformbare Querwerke in Stahl

- 1.4 Besprechung der Ergebnisse
und Schlußfolgerungen
 - 1.4.1 Einschätzung des Dürnbaches
 - 1.4.2 Zur Bemessung von Murprofilen
 - 1.4.3 Zum Verbauungskonzept
 - 1.4.4 Flexible verformbare Querwerke

- 1.5 Zusammenfassung
Summary
Resumé

- 1.6 Literatur

1. DER DÜRNBACH IM OBERPINZGAU UND SEINE VERBAUUNGS- TECHNISCHEN PROBLEME

von
Gottfried Kronfellner-Kraus

1.1 VORWORT UND EINLEITUNG

1.1.1 V o r w o r t

Das gegenständliche Heft über den Dürnbach im Oberpinzgau, Salzburg, setzt die mit dem Trattenbach im Lesachtal, Kärnten, begonnene Publikationsreihe "Über die Einschätzung von Wildbächen" fort. Diese Serie befaßt sich mit Untersuchungen in ausgewählten "Mustereinzugsgebieten" die darauf abzielen, die für Wildbäche bestehenden Schätz- und Rechenmethoden an Hand exakter Messungen in der Natur zu überprüfen, weiter zu entwickeln und regional zu verbessern. Es handelt sich um einen ganzen Fragenkomplex, den man etwa wie folgt gliedern kann:

- Erscheinungsformen der Wildbacherosion (einschließlich von Rutschungen, etc.) und Quantifizierung des Abtrages
- Hochwasserbestimmung für das jeweilige Einzugsgebiet und regionale Übertragbarkeit der Meßergebnisse
- Quantifizierung des Feststofftransportes

- Wechselbeziehungen zwischen Erosion, Hochwasser, Geschiebetransport, technischen und wirtschaftlichen Maßnahmen oder Veränderungen im Einzugsgebiet
- Beitragsleistung zur praktischen und ökonomischen Durchführung von Einzugsgebiets-Sanierungen, Verbauungen und Gefahrenzonungen.

Das entsprechende Forschungsprogramm des Fachinstitutes der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien "Abfluß-, Abtrags- und Geschiebeuntersuchungen in Mustereinzugsgebieten" wurde nach den Katastrophenereignissen der Jahre 1965 und 1966 im Jahre 1967 eingeleitet. Im Hinblick auf die praktische Verwertbarkeit der Untersuchungsergebnisse besteht von allem Anfang an eine enge Zusammenarbeit mit dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, mit dem hydrographischen Dienst und mit anderen einschlägigen Institutionen. Mit den erstgenannten Dienststellen erfolgte auch die Auswahl der Mustereinzugsgebiete. Dabei standen und stehen naturgemäß Wildbäche, für die man in absehbarer Zeit Entscheidungshilfen benötigt, im Vordergrund des Interesses. Dementsprechend variieren auch die speziellen Zielsetzungen in den einzelnen Mustereinzugsgebieten zum Teil beträchtlich, ganz abgesehen von regionalen und zonalen Unterschieden.

Die allgemeine Problematik der Einschätzung von Wildbächen wurde bereits bei der Bearbeitung des oben erwähnten Trattenbaches im Lesachtal, Kärnten, ausführlich besprochen. Diese besteht darin, das gesamte Erosionspotential im Einzugsgebiet, die wildbach- und lawinenkundlichen Verhältnisse im gesamten Bachlauf und in dem anschließenden Ausschüttungsgebiet genau zu erkunden und zu beurteilen. Im Trattenbach wurde die Untersuchungsmethodik abgeklärt und dem Regulierungsunternehmen Unterlagen für die Sanierung des Einzugsgebietes geliefert. Und zwar wurden dort von einer Arbeitsgemeinschaft der Forstlichen Bundesversuchsanstalt alle für die Einschätzung des Wildbachpotentials (Gefahrenpotential, Torrentialität oder Wildbachlichkeit) als auch für die Festlegung von Verbauungs-, forstlich-biologischen und flächenwirtschaftlichen Maßnahmen in Frage kommenden Kartierungsmetho-

den erprobt. Auf Grund der Untersuchungen konnte der Wildbach-Erhebungs-Katalog erweitert und die Gefährlichkeit des Trattenbaches größenordnungsmäßig bestimmt werden. Als Maß für die Wildheit (Gefährlichkeit, Potential, Torrentialität oder Wildbachlichkeit) eines Gebirgsbaches wurde die während eines Einzelereignisses insgesamt zu erwartende oder mögliche Wasser- und Feststofffracht betrachtet. Messungen waren im Trattenbach nicht vorgesehen (JEGLITSCH et al. 1975).

Für den Dürnbach im Oberpinzgau, Salzburg, liegen nunmehr längere Meßreihen vor, die es gestatten diesen Wildbach genauer zu beurteilen. Es handelt sich hierbei um einen der gefährlichsten Wildbäche des oberen Salzachtales, der seit dem Jahre 1914 in Verbauung begriffen ist. Dementsprechend liegen auch bereits viele Kenntnisse und Erfahrungen vor, die in mehreren Verbauungsprojekten, Kollaudierungsoperaten und Gefahrenzonenplänen, aber auch in einschlägigen Publikationen ihren Niederschlag gefunden haben. Die besonderen Schwierigkeiten, denen das Verbauungsvorhaben hier gegenübersteht, waren mit ein Anlaß, gerade hier wildbachkundliche Untersuchungen zu konzentrieren. Folgende Umstände entschieden die Wahl dieses Baches für die Einrichtung als Mustereinzugsgebiet:

- der bis dahin bestehende Mangel hydrographischer Messungen am Südhang der Kitzbühler Alpen
- die bestehenden Schwierigkeiten bei der Erfassung und Kontrolle der Talzuschübe und in diesem Zusammenhang auch
- die besondere verbauungstechnische Problematik
- ferner lag es nahe, im Verein mit in Durchführung begriffenen flächenwirtschaftlichen Maßnahmen die Auswirkungen von Verbauungen und Aufforstungen zu studieren.

Im Dürnbach begannen die ersten diesbezüglichen Untersuchungen im Jahre 1968. In den folgenden Jahren wurden Versuche und Messungen laufend intensiviert (KRONFELLNER-KRAUS et al. 1982). Die Grundlage für alle Kartierungen bildet eine Schichtlinienkarte im Maßstab 1:5.000, die nach einem eigenen Bildflug von der photogrammetrischen Abteilung der Anstalt von Dipl.-Ing. E. MAYER und Dipl.-Ing. TIROCH im Jahre 1967 erstellt wurde. Die geolo-

gische Beschreibung und Kartierung des Einzugsgebietes erfolgte durch Dr. W. FÜRLINGER (1972) im Rahmen seiner Doktorarbeit bei Prof. DDr. E. CLAR, Universität Wien. Die verkleinerte geologische Karte und der den Dürnbach betreffende Teil dieser Arbeit ist im Anhang auszugsweise abgedruckt. Die vegetationskundlichen Verhältnisse wurden in Blatt 8 "Hohe Tauern und Pinzgau" der "Karte der aktuellen Vegetation Tirols" von PITSCHMANN, REISIGL, SCHIECHTL und STERN (1974) im Maßstab von 1:100.000 erfaßt. Von dieser Karte können auch Kopien der Aufnahmeblätter im Maßstab 1:25.000 Interessenten zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus wurden die bodenkundlichen Untersuchungen von Dr. I. NEUWINGER, Beregnungsversuche von Dr. H. SCHAFFHAUSER, Niederschlags- und Abflubmessungen von Dipl.-Ing. G. RUF, ergänzende Windmessungen von Dipl.-Ing. Dr. R. STERN und Ing. J. PLATTNER, wildbachkundliche Untersuchungen in Verbindung mit neuen Bautypen von Dipl.-Ing. Dr. G. KRONFELLNER-KRAUS, geodätische Kontrollmessungen von Dipl.-Ing. E. MAYER und geotechnische Messungen von W. SCHWEIGHOFER, alles Anstaltsangehörige, ausgeführt und im vorliegenden Heft beschrieben. Außerdem liegt ein Beitrag von Dr. NOBILIS (1984/86) vom Hydrographischen Zentralbüro Wien vor, welcher vergleichsweise die Abflubverhältnisse der gesamten oberen Salzach behandelt.

Die zum Teil umfangreichen Arbeiten sind, auch wenn sich dadurch zwangsläufig einige Wiederholungen ergeben sollten, in Form von sechs **E i n z e l b e i t r ä g e n** abgefaßt, um den speziellen Bedürfnissen der einzelnen Fachgebiete besser gerecht zu werden.

Allen jenen sei gedankt, die diese Arbeiten unterstützt und am Zustandekommen dieser Publikation mitgewirkt haben. Insbesondere gilt der Dank den während der Untersuchungszeit aktiven Leitern des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung in Salzburg, Herrn Hofrat i.R. Dipl.-Ing. H. Koidl und Herrn Hofrat i.R. Dipl.-Ing. F. Hofmann, sowie den Herren der zuständigen Gebietsbauleitung mit allen Mitarbeitern für die Unterstützung und Hilfestellung im Gelände sowie für gewährte Einsichtnahmen in die Verbauungsprojekte und Kollaudierungsoperate

(FDWLV, 1959-1981) und dem Hydrographischen Dienst Salzburg und dem Hydrographischen Zentralbüro Wien für die fruchtbringende Zusammenarbeit.



Abb. 1: Übersicht über den Dürnbachgraben und einen Teil des Schwemmkegels vom Gegenhang aus nach Norden

1.1.2 Allgemeine Beschreibung

Das Bachgebiet

Der Dürnbach im Oberpinzgau liegt in der Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Bezirk Zell am See, im Lande Salzburg. Er entwässert ein 9 km² großes Einzugsgebiet (gemäß ÖNORM B 2400) am Südhange der Kitzbühler Alpen in die Salzach. Im Salzachtal gefährdet er auf seinem 1,8 km² mächtigen Schwemmkegel den Großteil der Ortschaft Neukirchen, die Salzachtaler Hauptverkehrswege, Gerlos-Bundesstraße und Pinzgauerbahn, sowie land- und forstwirtschaftliche Kulturgründe die über den Schwemmkegel hinaus auch über anschließende 0,8 km² Talböden bis zur Salzachregulierung reichen.

Das etwa 6 km langgestreckte in Nord-Süd-Richtung verlaufende Einzugsgebiet (nach ÖNORM B 2400) wird im Norden von Geige (2071 m ü.M.) und Geigenscharte (2026 m), im Westen vom Steinkogel (mit 2299 m die höchste Erhebung) und Roßberg (2059 m) und im Osten vom Frühmesser (2233 m) und von der Gensbichler Alpe (1836 m) begrenzt. Rund zwei Drittel des Einzugsgebietes bilden einen hochgelegenen, relativ weiten, sich bis auf 8% Gefälle verflachenden Talkessel ober der gegenwärtigen Waldgrenze, der almwirtschaftlich genutzt wird. Das untere Drittel des Einzugsgebietes ist ein bis zu 27% steiler, tief eingeschnittener bewaldeter Graben, in dem die Wildbacherosion im vollen Gange ist. Auffallend ist die Assymetrie des Talquerschnittes. Der orographisch linke Hang ist mit etwa 55 bis 65% wesentlich steiler als die mit 33 bis 55% geneigte rechte Flanke. Die Schwemmkegelbildung ist weit fortgeschritten, das heißt: der Kegel ist vom unteren Grabenausgang bei der sogenannten Sanglbrücke etwa 700 m weit bis zum Fuße (hm 21,5; 1030 m ü.M.) des sogenannten Taubensteins (1150 m) in den Graben hineingewachsen. Vom unteren Grabenausgang bei der Sanglbrücke (ca. 950 m) schließt der mächtige, zwischen 1,0 und 1,4 km lange Schwemmfächer an. Nach etwa 100 m über Talgrund erreicht der Bach den Vorfluter. Die Salzach

Abb. 2: Ausschnitt aus der Österreichkarte 1:50.000

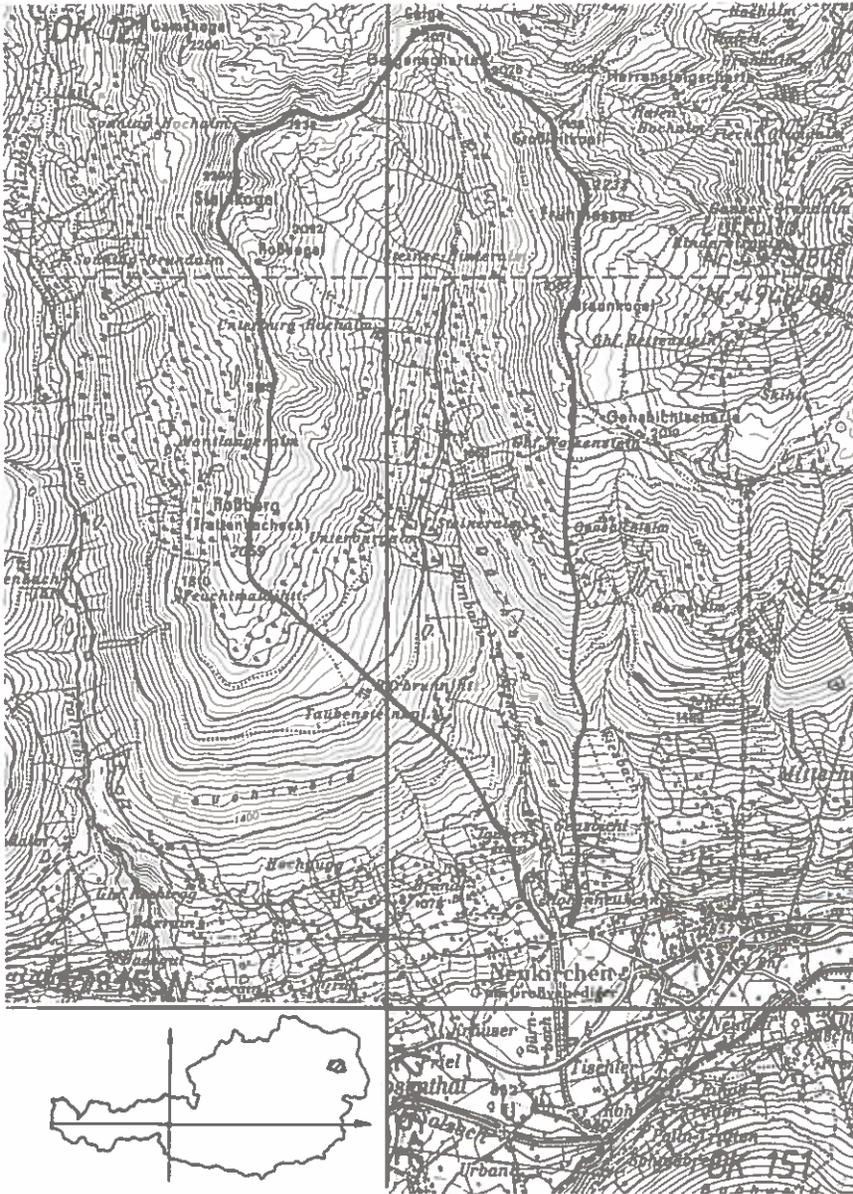


Abb. 3: Die dem Kartenausschnitt entsprechenden Luftbilder

Karten und Luftbilder "Vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Zl. L 61 557/87".



68165

RODEL

FRANZLOSE

STRUBERAN

BENSING

LANGBRUCH

KIRCHEN

6715

75

UNDING

ist hier auf die rechte, südliche Talseite abgedrängt. Die Mündung in den Fluß liegt bei 840 m ü.M.

Geologisch gehört das Einzugsgebiet der Grauwackenzone der Kitzbühler Alpen an (DEL NEGRO 1983). Quarzphyllite und Steinkogelschiefer (Granatphyllite und -quarzite) bilden vor allem das Grundgestein. Die charakteristische Engstelle am oberen Ende des in den Graben hineingewachsenen Schwemmkegels wird von einem Marmorzug gebildet, der über den erwähnten Taubenstein den Bach in Ost-Westrichtung quert. An die Taubensteinklamm schließt bergwärts eine Grabenstrecke an, die mit etwa 40 bis 50 m Breite von groben Mur-Alluvionen eingenommen wird. Quarzphyllite und Hangschutt flankieren diesen Abschnitt. Es folgt bei der sogenannten Steinersperre unter Puesbruck (hm 26,5) eine Engstelle und von dieser aufwärts die Haupterosionsstrecke, in der die beidseitigen Einhänge (Steinkogel-Schiefer) angebrochen, unterschritten und in ihrer gesamten Ausdehnung bis hinauf zum Kamm (im Osten Gensbichler Alpe, in Westen Roßberg) über etwa 3 km² (d.s. 1/3 der Einzugsgebietsfläche) in Bewegung sind (AMPFERER 1939, STINY 1931, 1941, 1952). Die örtlich verschieden starken Talzuschübe führen im Graben zur erhöhten Produktion von Jungschuttmassen (CLAR 1965). Im oberen Teil des Einzugsgebietes finden sich auch ausgedehnte Moränenablagerungen, doch sind Alt-schuttmassen an der Geschiebeführung des Baches weniger beteiligt. Die spezielle geologische Kartierung und Beschreibung des Einzugsgebietes ist mit besonderer Berücksichtigung der Hangbewegungen im Anhang dieses Heftes wiedergegeben (FÜRLINGER 1972, sowie in diesem Heft, Abschnitt A1).

Die klimatischen Verhältnisse kommen am besten in den Niederschlagszahlen und im Bewuchs zum Ausdruck. Die Normalzahlen (NZ) und Tagesmaxima der Niederschläge hatten in den umliegenden Meßstationen die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte (HZB).

Normalzahlen und Tagesmaxima der Niederschläge in folgenden				
Meßstationen:	m ü.M.	NZ mm	Tagesmaxima	
			mm	Datum
<u>im Salztal in Talstationen:</u>				
Krimml, Krimmler Ache	1072	1175	169,2	18.07.1981
Neukirchen am Großvenediger	875	-	93,0	18.07.1981
Neukirchen, Sanglbrücke	940	1095		
Haidbach, Felber Ache	900	-	71,9	18.07.1981
Stuhlfelden, Salzach	780	998	103,7	08.10.1964
Uttendorf, Stubache	796	-	94,5	18.07.1981
Kaprun, Kapruner Ache	750	1096	115,0	04.11.1966
Zell am See	753	1056	97,4	15.01.1878
<u>in Höhenlagen:</u>				
Paß Thurn	1200	1463	102,7	30.05.1940
Mooserboden, Kapruner Ache	2036	1689	102,0	09.07.1979
Schmittenhöhe, Zeller See	1964	1320	120,7	31.12.1895
<u>am Nordhang der Kitzbühler</u>				
<u>Alpen in Talstationen:</u>				
Kirchberg	830	1282	91,1	08.07.1954
Kitzbühel	763	1266	88,6	31.07.1977
Kelchsau	815	1256	86,2	08.05.1912
Aschau	1005	-	75,7	18.07.1981
Jochberg	980	1397	102,8	08.05.1912

Hinsichtlich des Wasserhaushaltes und der Speicherfähigkeit sind nach NEUWINGER (1980) vor allem zwei große Bodenserien zu erkennen. Die eine Serie umfaßt mehrere Podsolformen und ist zum größten Teil auf dem stark zerklüfteten linken Einhang des Baches ausgebildet. Die mächtigen Auflagedecken dieser Böden und die Zerklüftung des Gesteins in diesem Areal bedingen hohe Aufnahme- und Versickerungsraten des Niederschlags; der Oberflächenabfluß ist entsprechend gering. Auf dem rechten Bacheinhang hemmen hangparallele Gesteinsschichten und fest verkeilter Glazialschutt die Versickerung; es bilden sich pseudovergleyte Bo-

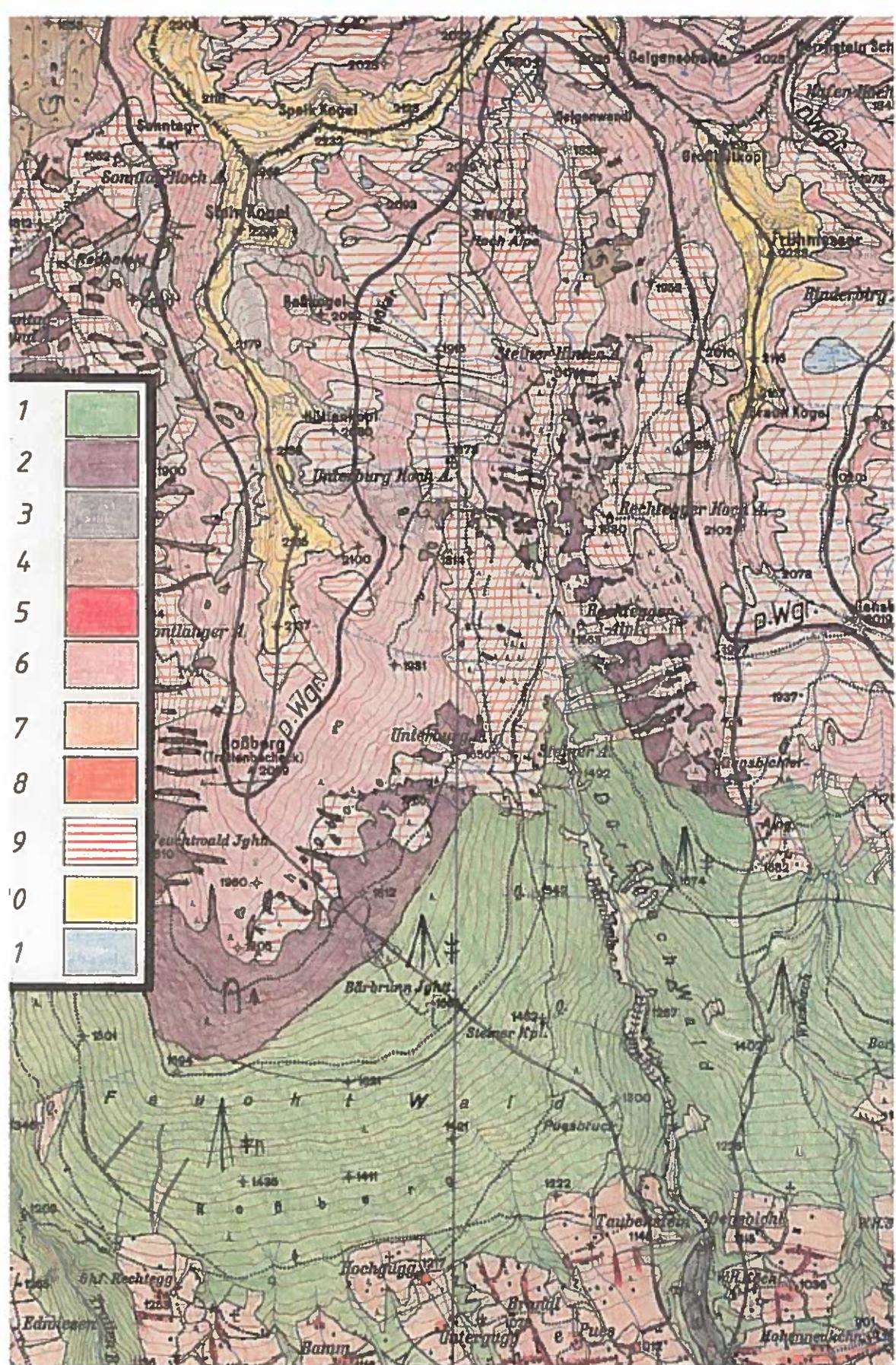
Abb. 4: Ausschnitt aus dem Aufnahmeblatt zur "Karte der aktuellen Vegetation von Tirol" im Maßstab 1:25.000 von Schiechtl

Legende:

- 1 Montaner und subalpiner Fichtenwald
- 2 Lärchen-Zirbenwald
- 3 Grauerlenwald
- 4 Legföhren-Krumholz
- 5 Bergahorn-Eschenwald
- 6 Subalpine und alpine Zwergstrauchheide (Alpenrosen- und Beerenheide, Besenheide)
- 7 Glatthafer- und Goldhafer-Mähwiese
- 8 Obst-, Garten- und Ackerbau
- 9 Weideflächen (Aveno-Nardetum, Cynosuro-Poion, Trifolio-Agrostido-Deschampsietum)
- 10 Alpine Grasheide (Nardo-Curvuletum)
- 11 Braunseggen-Niedermoor

Signaturen:

- ⤴ Fichte (Picea Abies)
- ‡ Lärche (Larix Decidua)
- ∩ Zirbe (Pinus Cembra)
- ∪ Grau-Erle (Alnus Incana)
- ∩ Legföhre (Pinus Mugo)
- p.Wgr. Potentielle Waldgrenze



denserien mit geringem Aufnahmevermögen. Deren Minimalretention (Differenz zwischen Feldkapazität und maximaler Wassersättigung) beträgt nur rund ein Drittel des Wertes der Podsolserie. Der Oberflächenabfluß in diesem Areal ist entsprechend hoch (siehe auch Beitrag SCHAFFHAUSER in diesem Heft, Abschn. 3).

Die Erodierbarkeit bei großer Belastung, welche durch Fließgrenzwerte des Bodens ermittelt wird, liegt bei den Pseudogleyen im allgemeinen im Bereich der Feldkapazität des Oberbodens, bei den Podsolen über der maximalen Wassersättigung der Humushorizonte. Daraus folgt, daß es bei den Pseudogleyen in kurzen Zeitabständen zu kleinen, oberflächlichen Rutschungen kommt, bei den Podsolen nur bei sehr hohem plötzlichem Wasserangebot, zum Beispiel bei rascher Schneeschmelze. Die Profilsausbildung zeigt, daß in großen Zeitabständen große Schollen des Oberbodens auf kolluvialen Mineralhorizonten abgerutscht sind. Die boden- und vegetationskundlichen Untersuchungen und die Kartierung des oberen Einzugsgebietes, das für Aufforstungen in Betracht kommt, sind in diesem Heft im Abschnitt 2 von I. NEUWINGER ausführlich behandelt.

Nach den Wuchsgebieten des österreichischen Waldes (Forstsaatgutverordnung, BGBl. 627/1975) liegt der Dürnbach im Wuchsgebiet I in den lufttrockenen Innenalpen. In diesem bilden die natürlich vorkommenden Holzarten Fichten- und Lärchen- und in den Hochlagen Zirbenwälder. Die "Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000, 4. Teil, Blatt 8, Hohe Tauern und Pinzgau" (PITSCHMANN, REISIGL, SCHIECHTEL und STERN 1974 und insbesondere das Aufnahmeblatt hierzu im Maßstab 1:25.000 von SCHIECHTEL, Abb. 4) gibt Aufschluß über die gegenwärtige Vegetationsverteilung im Einzugsgebiet. Demnach folgen montanen Fichtenwäldern, im östlichen Grabenbereich als "Dürnbachwald" und am westlichen Roßberghang "Feuchtwald" bezeichnet, ab etwa 1700 m am Roßberg subalpine Fichtenwälder und, an den Dürnbachwald anschließend in Steillagen und von Lawinenzügen unterbrochen, subalpine Fichten- und Zirbenwälder. Der obere Talkessel wird im Bereich der sogenannten Steineralm ab etwa 1550 m von Mähwiesen und extensiven Weideflächen und die höheren Lagen von Zwergstrauchheiden und

alpinen Grasheiden und am Steinkogel-Abhang von vegetationslosen Geröllen eingenommen.

Die Wälder sind zur Gänze im Besitz der österreichischen Bundesforste und werden nach Bannwalderkenntnissen im vorsichtigen Plenterbetrieb bewirtschaftet. Sie sind allerdings mit Servitutsrechten belastet. Die Alpenflächen werden von drei Betrieben bewirtschaftet. Es sind dies am linksufrigen Hang die "Rechteggeralm" mit einer Hochalm und einem Galtviehhochleger, sowie am rechtsufrigen Hang die "Steineralm" mit einer Hinter- und einer Hochalm und die "Untereburgalm" ebenfalls mit einer Hochalm (FDWLV, 1959).

Der Bach

Der Dürnbach entspringt in zahlreichen Quellen und vernästen Fluren am obersten, nordwestlichen, rechten Einhang des Einzugsgebietes im Bereich der Steiner Hochalpe, südöstlich des von der Geige (2071 m) über Speikkogel (2232 m) zum Steinkogel (2299 m) verlaufenden Höhenrückens. Die sich im Graben vereinigenden Quellwässer fließen im oberen Talkessel bis zum Übergang in den steilen Graben in südlicher dann in südsüdöstlicher Richtung ab. Im oberen Alm-Bereich kommen vor allem vom rechten Einhang noch zahlreiche Quellabflüsse und kleinere Bäche hinzu. Der linksufrige Hang weist dagegen keine ständig wasserführenden Rinnsale auf. Erst im Bereich der Rechtegger- und der Steineralm in 1500 m bis 1600 m Meereshöhe münden von beiden Talflanken Seitenbäche in das Hauptgerinne. Auch in der bachwärts anschließenden Grabenstrecke ist vor allem der rechte "Feuchtwald" wasserführend, während am linken Hang nur der untere Teil des Dürnbachwaldes einige Vernässungen und Runsen, darunter den Dürnbachwald, oder kurz: Waldbach, aufweist.

Die Gefällsverhältnisse der Seitenzubringer entsprechen der Asymmetrie des Einzugsgebietes. Die Gefälle der rechtsufrigen Seitenbäche betragen durchschnittlich 30 bis 40%, die linksufrigen sind mit 50 bis 60% erheblich steiler. Vom 35° geneigten Tal-

schluß südlich der Geige abwärts verringert der Hauptbach sein Gefälle bis auf etwa 8,5% am unteren Ende des oberen Talkessels zwischen 1600 und 1700 m. Es folgt dann der Graben von der Rechteggeralm (hm 50) abwärts mit Gefällswerten um 16,5% bis zur "großen Blaike" bei hm 36 bis 38, mit 25,5% bis zum unteren Ende der Erosionsstrecke bei der Steinersperre (III, hm 26,5; 1120 m ü.M.) und mit 17% von dort bis zur Taubensteinklamm (hm 21,5; 1150 m ü.M.). Der Schwemmkegel ist weit über einen Kilometer (1.300 m) zunächst mit 12,5 und 11% relativ gleichmäßig geneigt und verflacht sich im Talboden bis zur Einmündung in die Salzach rasch auf ca. 1%.

Die Wildbacherosion geht vor allem in der 25,5% geneigten Steilstrecke zwischen der oberen "großen Blaike" bei hm 36-38 und der Engstelle bei den Steinersperren unter Puesbruck, hm 26,5 vor sich. In dieser Strecke sind die Unterhänge merklich übersteilt. Die Bachquerprofile werden bei Hochwässern immer wieder ausgeräumt und sie sind dadurch stellenweise sogar schluchtartig. Die fortgesetzte Unterwühlung führt zu örtlich verschiedenen starken Talzuschüben die dem Bach nicht nur immer wieder neue Jungschuttmassen in Form von Felsstürzen und Rutschungen liefern, sondern auch zerstörerische Gebirgsdrucke ausüben. In den talwärts anschließenden Bachstrecken bis zum Grabenausgang sind die Bachquerprofile 40 bis 50 m breit und die Eintiefungstendenzen weniger ausgeprägt. Es handelt sich eher um eine Transportstrecke, wenn auch hier im oberen Teil noch Seitenerosionen und Rutschungen vorkommen. Nach dem Grabenausgang zeigen die durch Murablagerungen und Erosionsrinnen geprägten Geländeformen, daß die Schwemmkegelbildung bis in jüngster Zeit in vollem Gange war.

Vorgeschichte

Nach Überlieferungen zerstörte der Dürnbach vor Jahrhunderten die ursprünglich am Grabenausgang in der "Dürnbachau" bei der sogenannten Sanglbrücke gelegene Ortschaft "Mitterdorf". Die Bewohner bauten danach die Ortschaft etwa einen Kilometer weiter östlich wieder auf und nannten sie "Neukirchen". Trotz der größeren Entfernung vom Bach gab es aber auch hier schwere Schäden, Zerstörungen, Vermurungen und Überflutungen, vor allem in den Jahren 1572, 1786 und 1865. Die wiederholten Muren und Hochwässer bildeten auch für den Straßenverkehr durch den Oberpinzgau ein schwer zu überwindendes Hindernis. Der unregulierte Bach wütete am Schwemmkegel in einem 80 Meter breiten Geröllbett in dem die Verkehrswege immer wieder unterbrochen wurden (FDWL 1959, 1976, EISBACHER & CLAGUE 1984, LAHNSTEINER 1980).

Ein erstes generelles Verbauprojekt wurde im Jahre 1892 erstellt, doch kam es erst im Jahre 1910 zur Finanzierung. Im folgenden Detailprojekt 1913 war schon im wesentlichen das gesamte Verbauprojekt vorgezeichnet. Es beinhaltete die Regulierung über den gesamten Schwemmkegel, die Geschieberückhaltung am Grabenausgang und die Konsolidierung der Erosionsstrecke im Graben durch eine etwa 30 Sperren umfassende Staffelung.

Die Verbauung wurde vor und nach dem ersten Weltkrieg am Grabenausgang in der Taubensteinklamm begonnen und schwerpunktwise bachaufwärts fortgesetzt. Die Arbeiten waren von allen Anfang an durch die Unwegsamkeit erschwert. Der Graben war und ist nur bis zur Engstelle bei den Steinersperren unter Puesbruck durch einen Weg erschlossen. Von dort führt nur ein Steig weiter. Die Baumaterialien (Rundholz, Sand, Schotter und Baustein) wurden daher möglichst an Ort und Stelle gewonnen, sodaß man nur das unumgänglich Nötige (Zement, Nägel und Werkzeuge) zu den Baustellen

schaffen mußte. Zunächst kamen Steinsperren oder hölzerne Steinkastenbauten zur Ausführung. Sehr weiches Bachwasser, Gebirgsdrucke und die anfangs fortgesetzte Murentätigkeit bis ins Tal führten jedoch zu Entwicklungen und Schäden, welche am Schwemmkegel Projektsänderungen (1933) und im Graben vorzeitige Erneuerungen, Ergänzungen und zusätzliche Verbauungen und Maßnahmen erforderlich machten (FDWLIV, Projekte 1947, 1959, 1976).

Um auch im Grabeninneren höherwertige Materialien verwenden zu können, wurde dann eine zweisepurige Materialseilbahn vom Taubenstein bis zur "großen Blaike" angelegt. Von der Seilbahntrasse zu den einzelnen Baustellen im Bach waren bei größeren Distanzen noch kleine, temporäre Seilaufzüge erforderlich. Dadurch war es immerhin möglich, Beton und vorgefertigte Bauteile zu verwenden. Nach Hochwasserereignissen und in Talzuschubsbereichen kamen auch weiterhin Steinkastenbauten mit imprägnierten Rundhölzern oder mit Drahtgitterbehältern und zuletzt auch mit Stahlbetonbalken bzw. als reine Stahlbauten zum Einsatz. Die Verwendung der verschiedenen Materialien und die Ausnützung ihrer speziellen Materialeigenschaften führten zu einer Weiterentwicklung der unter schwierigen Baugrundverhältnissen einsetzbaren Bautypen (siehe Abschnitt 1.3).

Im Zuge der Instandhaltungsarbeiten, Erneuerungen und Ergänzungen wurde für die Sperrenstaffelung eine durchgehende Kronenlinie angestrebt (HAIDEN 1935). Zahlreiche alte Querwerke, die dieser Kronenlinie entsprachen, erhielten je nach Erhaltungszustand entweder nur neue Verkleidungen oder wurden durch talseitige Vorbauten in derselben Höhe wie zuvor instandgesetzt. Andere Querwerke, die zu tief lagen, wurden entsprechend erhöht oder es wurden alten überhaupt neue Werke aufgesetzt. Außerdem schloß man verbliebene Lücken in der Sperrentreppe mit Neubauten. Auf diese Weise finden sich heute in der gesamten Staffelung Sperren mit durch Vorbauten verstärkten Körpern, knapp hintereinander stehende Sperren, quasi verschiedener Generationen, und neuere Sperren, die auf älteren aufgesetzt sind oder bisherige Lücken schließen.

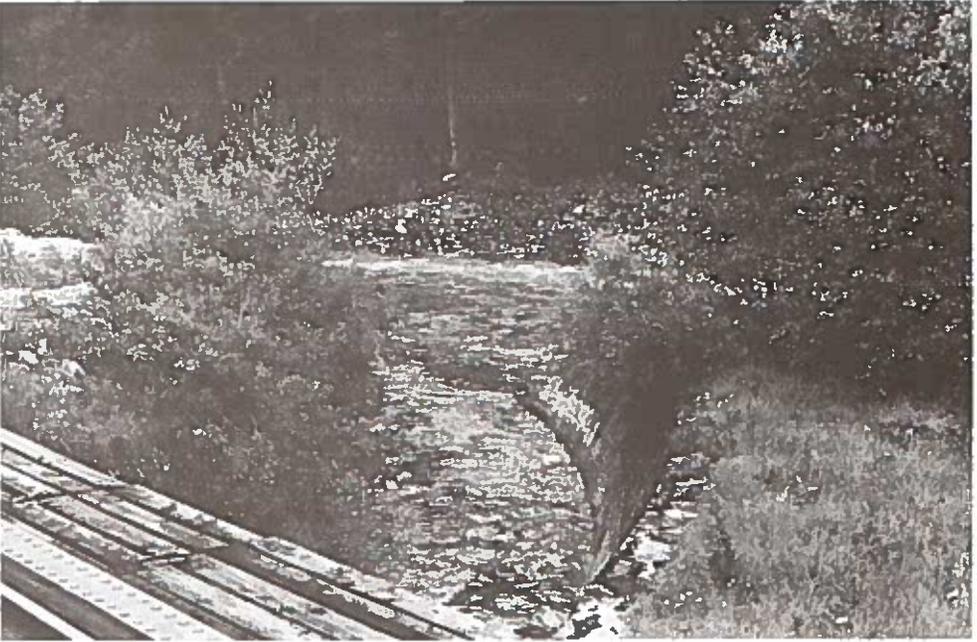


Abb. 5: Die Tallaufregulierung in Form eines gemauerten Gerinnes unterhalb der Bahnbrücke bei der Mündung in die Salzach



Abb. 6: Die Tallaufregulierung von der Mündung aufwärts

Zum besseren Verständnis der durchgeführten Untersuchungen sei im folgenden ein kurzer Überblick über das derzeit bestehende Verbauungswerk gegeben.

Tallauf und Schwemmkegel

Im Tallauf und auf dem Schwemmkegel wurde die Regulierung erst ab den Vierzigerjahren durchgeführt. Sie besteht heute aus einem 1,4 Kilometer langen gemauerten Gerinne von der Mündung aufwärts bis zum Grabenausgang bei der Sanglbrücke und aus der folgenden 0,75 Kilometer langen Regulierung bis zur Taubensteinklamm mit 10 Grundswellen bzw. Sperren und einem Schotterfang.

Ursprünglich war unter Ausnützung einer Bodenmulde die Anlage eines 4,5 Hektar großen Ablagerungsplatzes vorgesehen. Bis zum Baubeginn hatte der Dürnbach die Mulde jedoch bereits vollkommen mit Murmaterialien aufgefüllt. Man entschloß sich deshalb im Jahre 1933 zu einer Projektsänderung und verlegte das neu zu mauernde Gerinne vom alten Bachbett um etwa 100 bis 200 Meter nach Osten. Dadurch konnte der Bach, der früher in eine Tallaue mündete und keinen aufnahmefähigen Vorfluter hatte, der Salzach direkt zugeführt werden. Zwischen Mündung und Schwemmkegel verblieb allerdings ein Tallauf-Gerinne mit einem nur sehr geringen Gefälle (1,3%). Geschiebe kann weder über diese Flachstrecke abgetriftet noch vom Fluß weiter transportiert werden. Es war daher notwendig, oberhalb des neuen Gerinnes einen bis zu 1 Hektar ausbaufähigen Schotterfang von hm 15,26 aufwärts anzulegen um unerwünschten Ablagerungen in der Künette vorzubeugen (Abb. 5-7).

Taubensteinklamm und Transportstrecke

Als ältestes Bauwerk wurde in den Jahren 1914 und 1923 bis 1925 am oberen Ende des in den Graben hineingewachsenen Schwemmkegels die Geschiebestausperre I, die sogenannte Pokornysperre in der Taubensteinklamm (hm 21,5) errichtet. Die ursprünglich 15 Meter

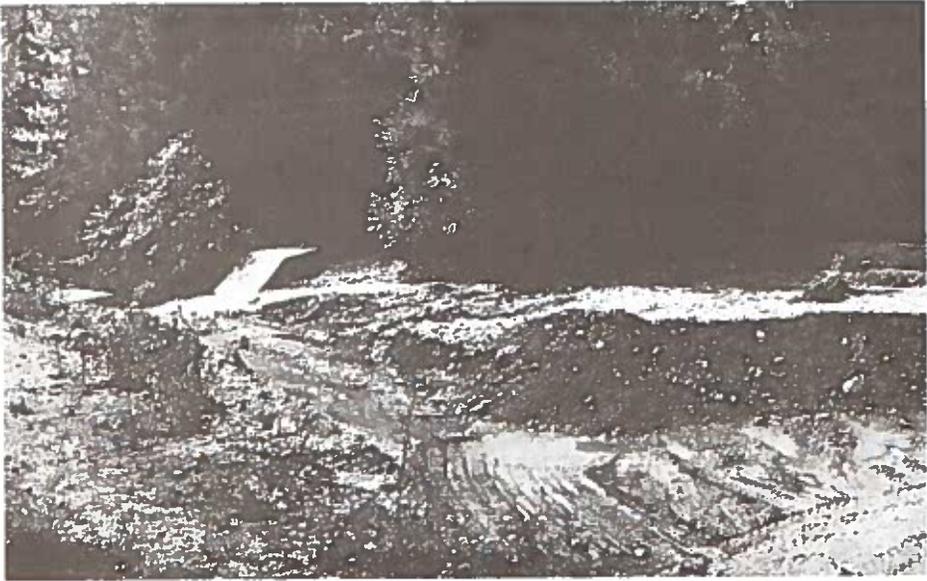


Abb. 7: Schotterfang von hm 15,26 aufwärts während einer Räumung im August 1977



Abb. 8: Die sog. Pokornysperre in hm 21,5 nach Betonvorbau im Jahre 1975 mit der Winkelstütze der zweispurigen Materialseilbahn

hohe Mauerwerkssperre mit einer Spannweite von 43 Meter wurde, wie zahlreiche andere Sperren auch, durch aggressive Bachwässer angegriffen. Sie mußte im Jahre 1950 im Torkretverfahren wiederinstandgesetzt (SEMRAD 1952) und im Jahre 1975 mit einem mit Pfeilern abgestützten Betonvorbau versehen werden (FDWLIV).

Nachdem die Pokornysperre die gesamte Klamm beim Taubenstein verriegelte, hatte man ursprünglich für den Zementzu- und für den Holzabtransport einen Weg-Tunnel durch die linksufrige Felswand angelegt (STRELE 1950, S. 270). Später wurde stattdessen eine neue offene Wegtrasse ausgesprengt. Da der Fahrweg aber nur bis zur Steinersperre unter Puesbruck, bei hm 26,5, reicht, wurde von hm 20,8 über die Pokornysperre bis zur "großen Blaike" bei hm 37, die erwähnte zweispurige Materialseilbahn errichtet (Abb. 8).

Nach den Katastrophenereignissen 1965, 1966 und 1973 wurde im Verlandungsraum der Pokornysperre in zwei Bauetappen, nämlich in den Jahren 1968 und dann 1973/74, noch eine Schlitzsperre (hm 21,90) aufgesetzt. Der zentrale Teil mit Abflußsektion und Schlitz wurde in Beton, der linksufrige 40 Meter lange Einbindungsflügel als Erddamm mit Betonkern ausgebildet. Damit steht heute vor dem Grabenaugang auch ein zweiter, bedeutender Geschiebeab- und -umlagerungsraum für Katastrophenfälle zur Verfügung (Abb. 9 und 10).

Nach der raschen Verlandung der Pokornysperre (Sperre I in hm 21,5) folgte in zeitlicher Folge (1928/32) an der Stauwurzel der Sperre I die Steinsperre II (hm 23,76), mit der eine Furt zur Bachquerung geschaffen wurde. Der umliegende Bereich zwischen hm 23 und hm 24 wurde später ausgestaltet. Zusätzlich zur Furt wurde der Bach über eine kurze Regulierung mit Leitwerken und Sohlgurten überbrückt. Der gesamte Abschnitt wurde dann teilweise erneuert und mit einer weiteren Betonsperre (hm 23,13; 1976) abgesichert (Abb. 10).

Am oberen Ende der Transportstrecke steht die Steinsperre III (1933/34, hm 26,48). Auch hier wurde die Verbauung in Betonweise

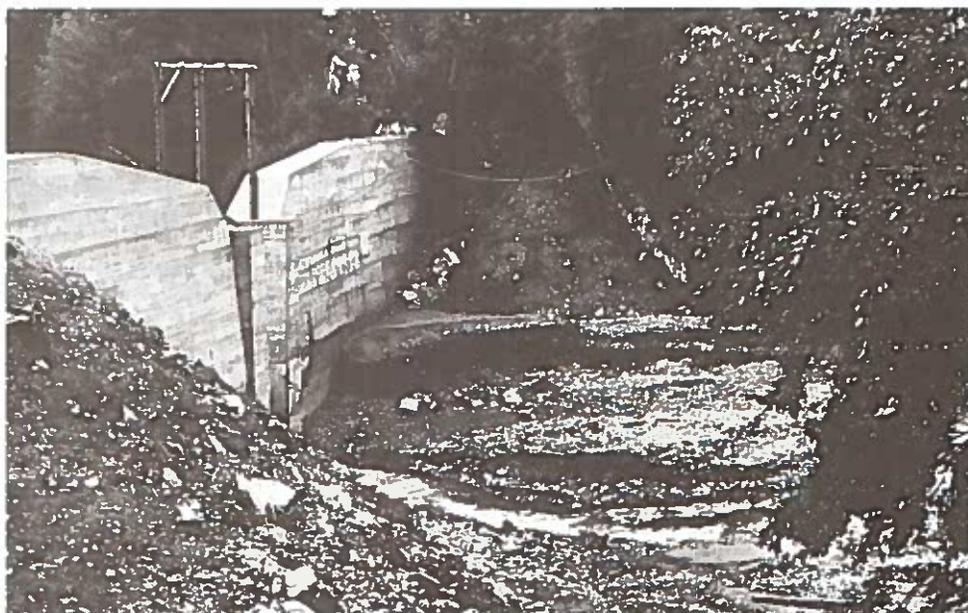


Abb. 9: Die Schlitzsperre in hm 21,90 (Bergseite)



Abb. 10: Vom Verlandungsraum der Schlitzsperre bachaufwärts gesehen zur Betonsperr in hm 23.13 im August 1977

erneuert und bachabwärts mit vier weiteren Betonsperren (1977-1978, hm 25,67-26,48) komplettiert.

Haupterosionsstrecke

Von den Steinersperren unter Puesbruck bis zum Waldbach:

Die erwähnte Steinsperre III (hm 26,48) war die Vorsperre der 8 Meter hohen Steinsperre IV (sogenannte "Steinersperre", 1930, hm 26,68), und der folgenden Steinersperren V, VI, VII (bis hm 27,68). Diese Sperren in der Engstelle unter Puesbruck sind heute in Betonbauweise erneuert, zum Teil erhöht und zum Teil mit Stahlbetonleitwerken abgestützt. Von hier wird das Bachwasser für den Betrieb von Kleinkraftwerken abgeleitet.

Bis zur Einmündung des linksufrigen Waldbaches (aus dem Dürnbachwald) folgen zwei Querwerke jüngerer Datums. Eine Drahtschottersperre (hm 28,02) aus dem Jahre 1960 mußte auf Grund der Hochwasserbeanspruchungen 1965 zusätzlich mit Seilen verankert und 1967 mit seitlichen Stützpfailern und Dammschüttungen verstärkt werden (HOFMANN, 1973). In ihrem Verlandungsraum wurde dann 1966 eine weitere Steinsperre (hm 28,35) errichtet. Beide Sperren haben mit dem zurückgestauten Geschiebe die Bachsohle (bis zu 10 Meter) angehoben und eine Verbauungslücke geschlossen (siehe auch Abb. 22 und 23).

Vom Waldbach bis zur Schlucht (Abb. 11 und 12):

Vom linkufrig einmündenden Waldbach (hm 28,50) aufwärts führten die bei Talzuschüben auftretenden Gebirgsdrucke wiederholt zu Schäden an den durch aggressive Wässer ohnehin geschwächten Sperren. Man mußte zahlreiche Bauten vorzeitig reparieren oder mit besser geeigneten Materialien und/oder mit entsprechend angepassten Bauweisen erneuern. Auf diese Weise finden sich in dieser und den folgenden Bachabschnitten ganz verschiedene Sperrentypen: Die ursprüngliche Steinsperre VIII wurde auf insgesamt 11 Meter erhöht und derart ausgebaut, daß sie mit ihrem linken Flügel auch den Waldbach absichert ("Waldbachsperrre" hm 28,69, Abb. 11). Es folgen eine Drahtschottersperre (hm 28,90) mit



Abb. 11: Die Waldbachsperre in hm 28,69 nach einem Hochwasser im Juli 1975



Abb. 12: Die Sperrenstaffelung von der Waldbachsperre in hm 28,69 aufwärts bis zum Beginn der Schlucht im Jahre 1984

sichtbaren Stauchungen, eine Steinsperre (hm 29,09) vor der alten Steinsperre IX, eine Stahlbetonplattensperre (hm 29,40) mit Pfeilern vor der alten Steinsperre X, eine mit Mauerwerk verkleidete Betonsperre (hm 29,74; Abb. 29) mit Steg als Vorbau vor der alten Steinkastensperre II, sowie eine bewehrte Betonsperre (in hm 29,93), die zwei ältere Kastensperren aus Holz bzw. vorgefertigten Stahlbetonbalken ersetzt. Sie wurde mit verschiedenen Meßgebern ausgestattet (siehe Abschnitt 1.2.3, sowie Abb. 26).

In der Schlucht:

Am Beginn der Schlucht wurde im Jahre 1968 die sogenannte Gitterrostsperrre (hm 30,25) in Stahl auf einem älteren Holz-Steinkastenbau aufgesetzt. Sie war zunächst eine "offene" Wildbachsperre (KRONFELLNER-KRAUS 1970, Abb. 13 und 31). Nach dem Felssturz von der "großen Blaike" (hm 36-38) im Jahre 1973 schloß man aber die Öffnungen, um einen Geschieberückhalterraum zu schaffen, worauf sie rasch verlandete. Es folgt bachaufwärts eine Gliedersperre (hm 30,50, Abb. 14 und 30) mit einer Stahlbeton-Winkelstützmauer im Zentrum mit der Abflußsektion und mit seitlichen, konventionellen Betonflügeln (OFNER 1977). Weiter bachaufwärts finden sich zwei relativ gut erhaltene Sperren aus Zementmörtelmauerwerk (Steinsperre XII, hm 30,85) bzw. aus Beton (hm 31,09) und in einer Schluchtverengung 2 Holzsteinkastensperren mit rechtsufrigen Flügelerneuerungen in Beton (hm 31,55 und hm 31,77) vor älteren Bauten (darunter Sperre XIII), sowie die alte, inzwischen mehrfach ausgebaute Steinsperre XIV (hm 32,05). Hier, am oberen Ende der Schlucht befindet sich das Barackenlager der Wildbacharbeiter.

Ober der Schlucht (Abb. 15):

Hier verbreitert sich das Bachquerprofil zunächst und es folgen: eine Stahl-Reihenkorb-sperre mit Betonflügel (hm 32,28) als Ergänzung der Staffelung (KRONFELLNER-KRAUS 1985) und zwei wiederholt ausgebesserte und erneuerte alte Steinsperren (XV und XVI, hm 32,49 und 32,80, Abb. 39). Zwischen hm 33 und hm 34 wird das Bachquerprofil erst durch linksufrige, dann durch rechtsufrige Rutschungen wieder verengt. Drei Drahtgitter-Kastensperren wur-

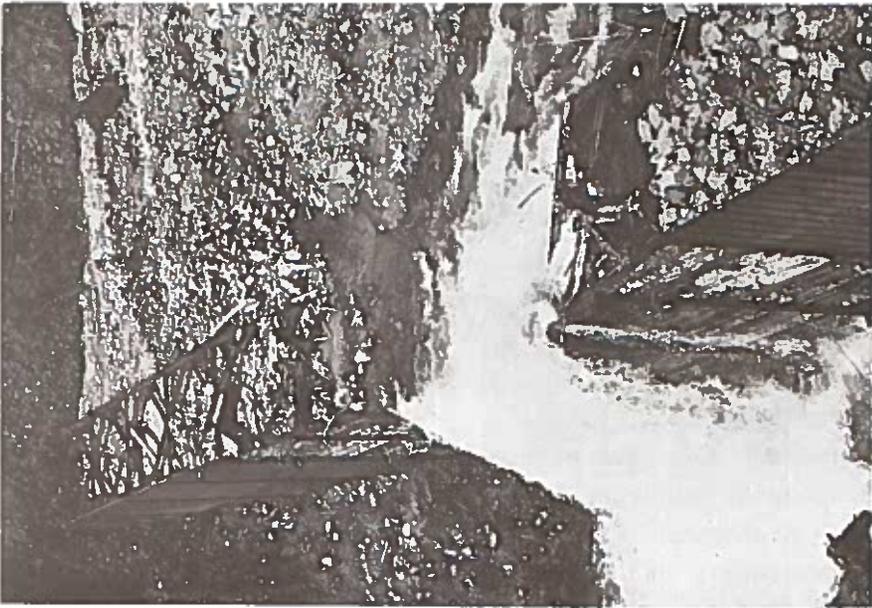


Abb. 13: Die Gitterrostsperr in hm 30,25 nach völliger Verlandung im Mai 1975



Abb. 14: Die sog. Gliederperserr in hm 30,50 im September 1974

den in diesem Bereich vor allem durch schwere Geschiebeführungen beschädigt und durch Betongliedersperren (hm 33,10 und hm 33,50) sowie einer Reihenkorb Sperre in Stahl mit Betonflügeln (hm 33,78) ersetzt. Es folgen bachaufwärts noch eine Steinsperre in hm 34,10 und zwei vorläufig nur als Sporne ausgeführte Sperrenflügel (hm 34,41 und hm 32,71), um Uferangriffe abzuwehren. Das Bachbett ist hier bereits zunehmend mit groben Geschiebe- und Felssturzmaterial der "großen Blaike" (hm 36 bis hm 38) verfüllt (Abb. 16).

Die "große Blaike" zwischen hm 36 und hm 38 (Abb. 16 und 40):

Die Konsolidierung der linksufrigen "großen Blaike" wurde im Jahre 1960 durch den Bau einer Steinsperre (hm 36,23) eingeleitet. Im November des Jahres 1973 kam es zu einem Felssturz im Ausmaß von rund 60.000 m³. Das Bachbett und die Abflußsektion der Sperre (hm 26,23) wurden auf 100 Meter Länge vollkommen verschüttet und der Bach auf das gegenüberliegende rechte Ufer bzw. auf den rechten Sperrenflügel abgedrängt. Der Geschiebeeinstoß erzwang eine rasche Fortsetzung der Verbauung. Als Sofortmaßnahme wurde die Sperre (hm 26,23) mit einem Flügelaufsatz versehen um den Bach vom rechten Hang ab- und dem alten Bachbett zuzuleiten. Die bis dahin offene Gitterrost Sperre (hm 30,25) wurde mit Rundhölzern geschlossen und verlandete vollkommen. Die Schlitzsperre (hm 21,90) wurde mit der zweiten Etappe fertiggestellt und war imstande, plötzliche Geschiebefrachten in den Tallauf zu verringern und zu verzögern. Trotzdem waren nicht nur im Schotterfang, sondern auch im Unterlauf vor der Einmündung in die Salzach Räumungen erforderlich. Auch bachaufwärts der "großen Blaike" sind Hangbrüche und Felsstürze zu befürchten, doch ist hier das Gefälle etwas geringer.

Oberes Einzugsgebiet:

Um Hochwasserabflüsse und Erosionen auch mit flächenwirtschaftlichen Maßnahmen zu reduzieren, wurde auf Grund eines generellen Projektes 1959 über die Durchführung von vorbeugenden Maßnahmen im oberen Einzugsgebiet in den Jahren 1960 bis 1974 etwa 1 km²



Abb. 15: Die Sperrentreppe oberhalb der Schlucht von der Korbreihensperre in hm 32,28 aufwärts



Abb. 16: Der unterwühlte Fuß der "großen Blaike" bei hm 36

Abb. 18: Längenschnitt Dürnbach

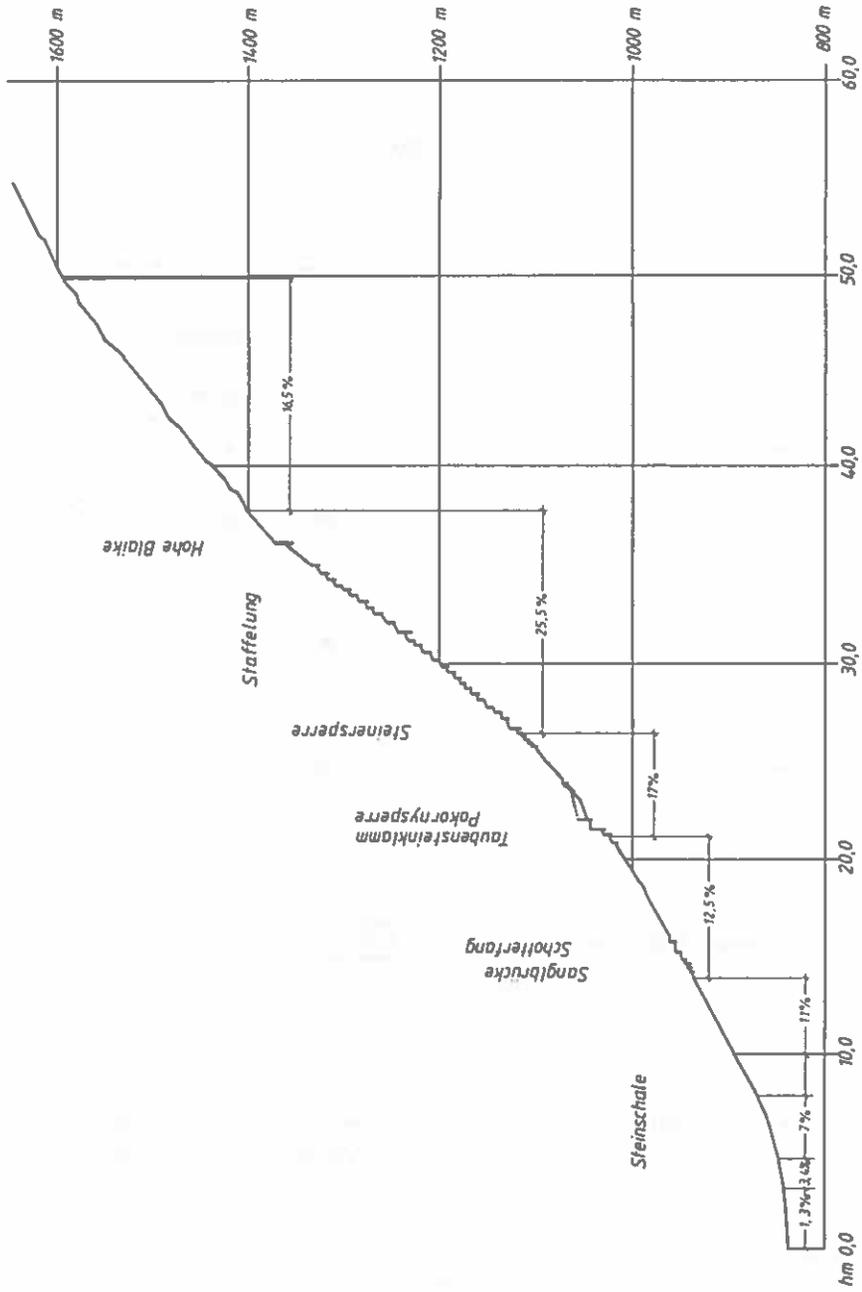
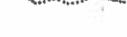


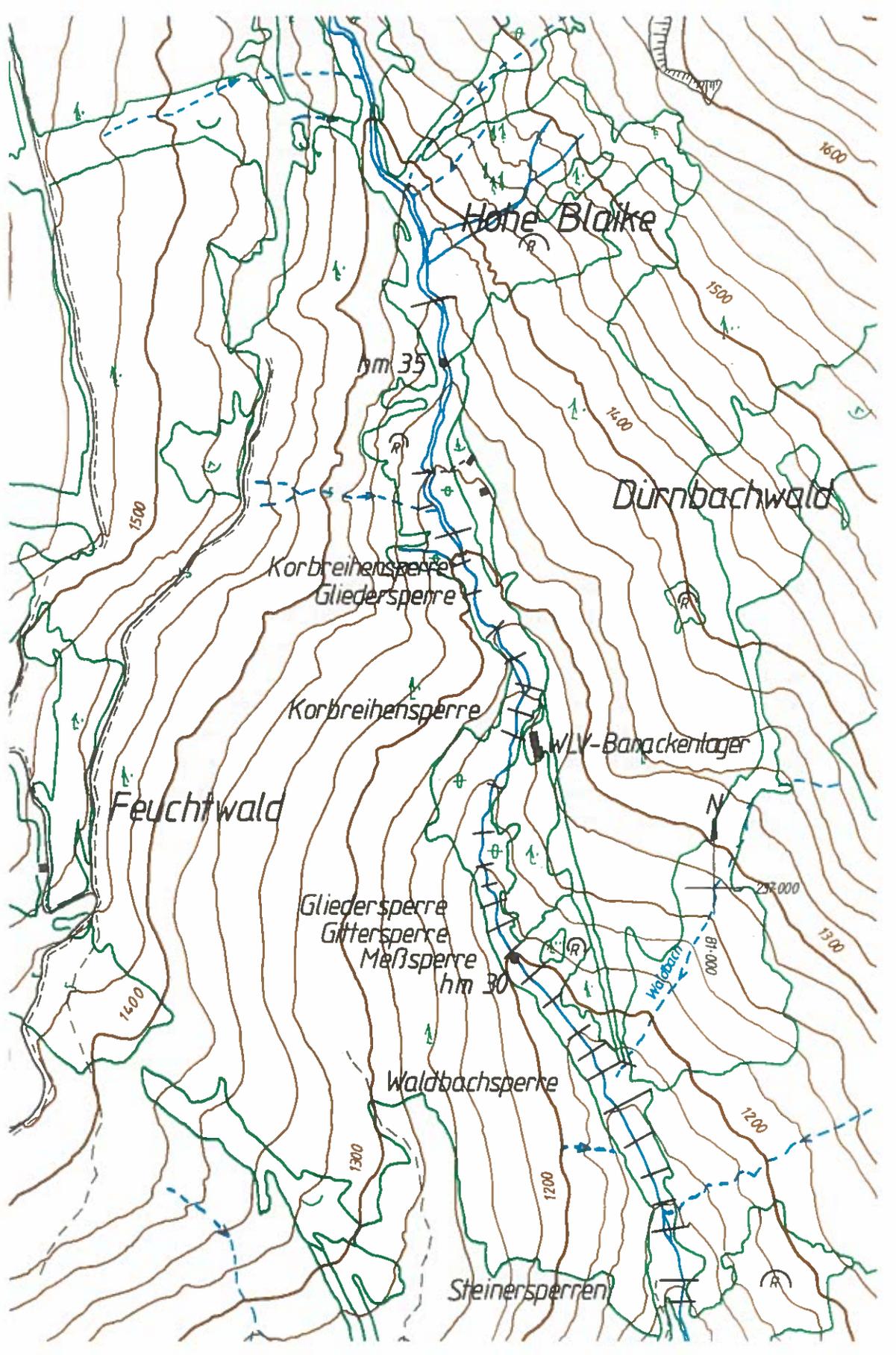
Abb. 17: Ausschnitt aus der Karte Dürnbach 1:5.000 mit Verbauungsstrecke von den Steinersperren aufwärts

ZEICHENERKLÄRUNG
Maßstab 1:5000

	Nadel- und Laubbaum		Fluß mit Stromstrich
	geschlossener Wald		Wasserlauf, Bach
	lockerer Wald		Tiefenlinien
	räumiger Wald		Steg, Brücke
	Einzelbaum		Objekte
	Latschen		Trig. Punkt
	Sträucher		Wiese
	Blösse		Weide
	Blösse mit Überhälter		unproduktiv
	Jugend		Rutschung
	Straße		Fels
	Fahrweg		Böschung
	Zugweg		Lawinengang
	Steig		Steine
	Zaun		

weitere Signaturen siehe "Normen für Forstkarten"

Hergestellt: FBVA Wien, 1967 (ergänzt 1987)
Abt. Photogrammetrie



(96 Hektar) extensive Almfläche neu aufgeforstet, 3 km Aufschließungswege und 7,5 km Weidezäune errichtet, für Almverbesserungen Kunstdünger beige stellt und zwei Gülleanlagen eingerichtet. Um einige Lawinenzüge einzudämmen, wurden auch Hangterrassen ausgeführt.

1.1.4 Verbaun g s f o r t s e t z u n g , B e o b a c h t u n g e n u n d K o n t r o l l e n

Die Verbaun g des Dürnbaches und die Sanierung des Einzugsgebietes ist weit gediehen und gewährt bereits eine relativ große Sicherheit für die Unterlieger. Sie ist aber noch nicht abgeschlossen und muß nach dem Ergänzungsprojekt 1976 fortgesetzt werden. Anlässlich der Überprüfung und Übergabe der zuletzt ausgeführten Verbaun g an die Erhaltungspflichtigen wurde auch die Notwendigkeit der weiteren Beobachtung und Kontrolle der Verbaun g und Aufforstung sowie erforderlichenfalls zusätzlicher Maßnahmen betont (FDWLV 1976, 1981).

1.2 B E O B A C H T U N G E N , U N T E R S U C H U N G E N U N D M E S S U N G E N

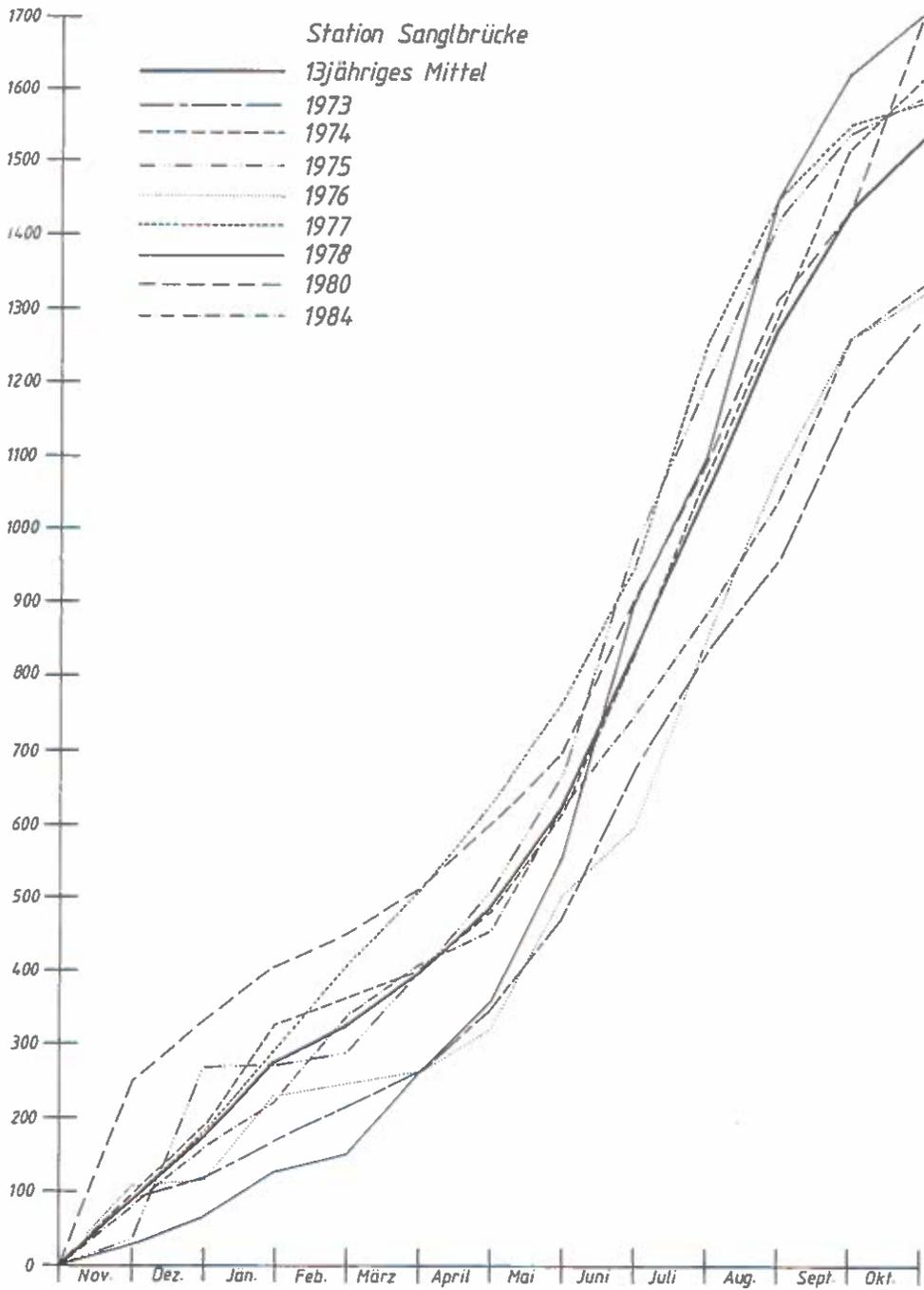
1.2.1 N i e d e r s c h l ä g e u n d A b f l ü s s e

Die hydrologischen Untersuchungen sind in diesem Heft in einem eigenen Beitrag ausführlich behandelt (RUF, Abschnitt 4). Einige Ergebnisse sollen hier insoweit angeführt werden als sie einem besseren Verständnis der wildbachkundlichen und verbauungstechnischen Belange dienen.

Die Niederschläge werden ganzjährig an der Basismessstelle Sanglbrücke mit einem Ombrographen und im Einzugsgebiet mit 4 Niederschlagssammlern gemessen. In der Sommerzeit werden die Niederschläge auch im Einzugsgebiet mit zwei weiteren Regenschreibern registriert. Die wahrscheinliche Normalzahl der Jahresniederschlagssumme wurde für die Basismessstelle mit 1.095 mm ermittelt. Vergleichsweise betragen die Jahresniederschlagssummen im gesamten Einzugsgebiet (Geigenscharte, 2010 m) durchschnittlich bis zu 180% (max. 211%) davon. Die mittleren durchschnittlichen Niederschlagssummen im gesamten Einzugsgebiet betragen 135% der Niederschlagssummen bei der Sanglbrücke (RUF, Abschnitt 4). Die Abb. 19 zeigt einige Summenlinien der monatlichen Gebietsniederschlagshöhen für die Beobachtungszeit von 1972/73 bis 1985. Demnach waren die Niederschläge insgesamt relativ gleichmäßig. Die Jahre 1973, 1976 und 1984 waren niederschlagsarm, die Jahre 1979 und 1980 niederschlagsreich und zusammen mit den Jahren 1974, 1975, 1981 und 1982 auch reich an Hochwasserabflüssen.

Die Abflüsse werden in zwei Meßstellen ganzjährig registriert, und zwar in der Basismessstelle am unteren Grabenausgang bei der Sanglbrücke seit 1969 (hm 14,3, 940 m ü.M.) und im oberen Ein-

Abb. 19: Einige charakteristische Summenlinien der monatlichen Gebietsniederschlagshöhen 1973-1985



zugsgebiet ober der Grabenstrecke im Meßgerinne auf der Steineralm seit 1972 (hm 50,5, 1600 m ü.M.).

Die Berechnung der vorläufigen Hochwasserwahrscheinlichkeit ergibt auf Grund der bisherigen Messungen für das gesamte Einzugsgebiet (9 km²) ein HQ₁₀₀ von 16,4 m³/s (RUF, Abschn. 4 in diesem Heft), was mit den Ermittlungen im gesamten Oberpinzgau gut übereinstimmt (NOBILIS 1984/86, Abschnitt A2, in diesem Heft). Vergleichsweise entsprechen die Sperrenabflußsektionen nach dem Verbauungsprojekt 1959 nach der Überfallsformel von AUTENHEIMER einem Hochwasserabfluß von 35,6 m³/s (FDWLIV). Eine formelmäßige Hochwasserberechnung nach WUNDT 90% ergäbe 51 m³/s.

Hochwässer traten vor allem in den Monaten Mai, Juni, Juli und August, seltener im September und April auf. Die vier größten Hochwässer dauerten zwischen 1,5 und 23 Stunden und wurden an folgenden Tagen gemessen. Sie entsprechen nach der bisherigen Häufigkeitsverteilung folgenden Wiederkehrsperioden (oder Jährlichkeiten):

25. Juni 1975	(6,0 Std.)	11,6 m ³ /s	etwa HQ ₁₃
31. Juli 1977	(23,0 Std.)	11,0 m ³ /s	HQ ₁₀
30. September 1983	(3,5 Std.)	10,0 m ³ /s	HQ 7
06. August 1981	(1,5 Std.)	08,6 m ³ /s	HQ 4

Die zusammenfassende Darstellung über die verschiedenen Meßergebnisse während der Beobachtungszeiträume vermittelt auch einen Überblick über die Häufigkeit und Größe der aufgetretenen Hochwässer (Abb. 28).

Als Grundlage für die Überprüfung möglicher Geschiebeberechnungen wurden im Dürnbach die tatsächlich vor sich gehenden Feststofftransporte möglichst genau erhoben. Der Aufwand für diese Ermittlungen mußte allerdings den für praktische Zwecke noch sinnvollen Rechengenauigkeiten angepaßt werden. Bei den im Dürnbach herrschenden Gefällsverhältnissen (bis über 25%), Betrauigkeiten und Geschiebekorngrößen (bis Meter), sowie den rasch wechselnden Bachbreiten (zwischen 10 und 50 Meter) und in Hinblick auf die, auch nach Verbauung noch möglichen Murströmen sind Geschiebeberechnungen zwangsläufig mit großen Unsicherheiten behaftet. Das Problem der nach weiterentwickelten Gleichungen auch in steilen Gerinnen möglichen Berechnungen (JÄGGI 1984) wird in diesem Heft im Beitrag von G. RUF (Abschnitt 4) behandelt. Diese Berechnungen liefern auch Anhalte für Geschiebefrachten, die den im Dürnbach tatsächlich erhobenen gegenübergestellt werden können.

In Hinblick auf das vorherrschende Grobgeschiebe wurden im gesamten Bachlauf in Meßlinien und Meßnetzen (mit 5 Meter Seitenlänge) vor allem die Korngrößen ermittelt, die einem d_{90} oder d_m entsprechen. Im Flußbau werden als

d_{90} : das Mittelkorn der Deckschicht und als

d_m : der mittlere Korndurchmesser der Siebkurve einer Geschiebeprobe verstanden, der je nach Mischung im allgemeinen zwischen d_{50} und d_{75} liegt (VISCHER & HUBER, 1979).

In steilen Wildbächen sind diese Definitionen nur annäherungsweise gültig, weil Deckschichten in jüngeren Ablagerungen oft gar nicht ausgebildet sind (HOFFMANN 1969). Aufwendige Ermittlungen (KELLERHALS & BRAY, 1971) scheinen nur sinngemäß anwendbar. Es wurden deshalb vor allem von Meßlinien ausgegangen. Demnach betragen, nach Aufnahmen von SCHWEIGHOFER, die maßgeblichen

Geschiebekorngrößen im Dürnbach				in cm
in hm bzw. Bachprofil		in Verlandungs- räumen:		in Natur- gerinnen: d90
		d50	d90	
16	Schotterfang	12	25	-
22	ober Schlitzsperre	25	50	-
24	Naturgerinne ober Furt	-	-	120
28,5	unterhalb Waldbachsperre	30	60	-
30,15	ober Meßsperre	40	90	-
33	ober Sperre XV	50	100	-
36	Bereich große Blaike	-	-	130
50	ober Meßgerinne	-	-	120
51,1	Naturgerinne	-	-	135
55,4	Naturgerinne	-	-	110

Die in das Tal gelangten Feststoffe wurden durch Kontrolle der aus dem Unterlauf und aus dem Schotterfang geräumten und (zum Teil für gewerbliche Zwecke) abtransportierten Menge erfaßt. Die im Graben festgehaltenen und bei Erosionen und Rutschungen etc. in das Bachbett eingeworfenen Feststoffe wurden durch Profilaufnahmen ermittelt.

Daraus ergibt sich die folgende

Feststoffbilanz 1970-1985

Jahr	Art des Feststoff- -anfalles oder -rückhaltes	Räumung	Rück-	Einstoß
		Unter- lauf Schot- terfang	halt im Graben	in den Bach
Mengen in m ³				
1970	Teilverlandung Gitter- rostsperr hm 30,25	-	500	-
	Schottergewinnung im Schotterfang hm 16,0	2.000	-	-
1971	Schottergewinnung im Schotterfang hm 16,0	450	-	-
1973	Felssturz von der Großen Blaike hm 36-38	-	-	60.000
1973/74	Räumung im Schotterfang hm 16,0	2.551	-	-
1974	Herstellung Ablagerungs- platz Schlitzsperr hm 22,30	3.000	-	-
1974	Vollverlandung Gitter- rostsperr in hm 30,25	-	2.000	-
1974	Verlandung Glieder- sperr hm 30,50	-	352	-
1974/75	Bachausbruch und Erosion ober Steinersperre hm 27,0-27,7	-	-	6.000
1975/76	Räumung Schotterfang hm 16,0	2.500	-	-
1977	Baggerung im Unterlauf hm 0,3-3,4	1.362	-	-
1977	Räumung Schotterfang hm 16,0	334	-	-
1977	Verlandung Betonsperre hm 26,27	-	765	-

Jahr	Art des Feststoff- -anfalles oder -rückhaltes	Räumung	Rück-	Einstoß
		Unter- lauf Schot- terfang	halt im Graben	in den Bach
Mengen in m ³				
1977	Rutschung ober Glieder- sperre hm 30,50	-	-	1.150
1978	Verlandung Betonsperre in hm 25,67	-	1.080	-
1978	Verlandung Betonsperre in hm 25,87	-	612	-
1978	Verlandung Betonsperre in hm 26,07	-	810	-
1978	Räumung Schotterfang hm 16,0	1.305	-	-
1980	Felsstürze bei Pfeiler- sperre sowie bei Meß- sperre hm 29,35 und 29,9	-	-	400
1980	Rutschungen in der oberen Staffelung bei hm 33,00 bis hm 35,50	-	-	2.000
1980	Räumung Schotterfang hm 16,0	1.329	-	-
1981/82	Verlandung der Reihenkorb- sperre in hm 32,28	-	2.400	-
1983	Räumung Schotterfang hm 16,0	800	-	-
1983	Räumung Schotterfang hm 16,0	1.200	-	-
1985	Rutschungen ober hm 32,28 bis hm 32,49; hm 30,25 bis hm 30,50	-	-	400
1985	Räumung Schotterfang hm 16,0	600	-	-
Summen		17.431	8.519	69.950



Abb. 20 und 21: Ermittlung der Geschiebekorngrößen in Meßlinien
(mit Meßlatte) und in Meßnetzen



Wie aus den ermittelten Materialbewegungen hervorgeht, gelangten in 16 Jahren zwischen 1970 bis 1985 ca. 70.000 m³ in den Dürnbach. Zirka 26.000 m³ wurden abtransportiert, in Sperrenräumen festgehalten (8.500 m³) und aus Schotterfängen und Tallaufgerinnen ausgeräumt (17.500 m³). Dies entspricht einer durchschnittlichen Feststofffracht von 1.622 m³/Jahr aus dem gesamten Einzugsgebiet oder einer spezifischen Fracht von ca. 180 m³/km² und Jahr. Gleichzeitig blieben jedoch 44.000 m³ im Einzugsgebiet zurück und es muß angenommen werden, daß wesentliche Teile dieser Menge bei größeren Ereignissen als bisher abtransportiert werden. Für diese Katastrophenfälle kann sich also aus dem Staupelschutt eine maximale spezifische Frachtpende von 305 m³/Jahr und km² entwickeln (in 100 Jahren bis zu 275.000 m³). Den Gebirgsabtrag, der sich über lange Zeiten aus allen möglichen Frachten zusammensetzt, wird man nach dieser Feststoffbilanz mit etwa 0,5 mm/Jahr (486 m³/km² pro Jahr) annehmen können.

Die größten Geschiebebewegungen traten während weniger Hochwässer nach dem Felssturz von der großen Blaike im Jahre 1973, in den Jahren 1975, 1977, 1981 und 1983 auf. Es kam zum Teil zu Murströmen, die die Sperrenabflußsektionen nicht nur voll ausfüllten, sondern diese auch überbordeten. Dies war an Geschiebespuren auf Sperrenflügeln sowie an seitlichen Murwällen auch zwischen den Sperren deutlich erkennbar (Murwälle ober der Gitterrostsperrre in hm 30,25 - Abb. 13). In der Folge war es sogar notwendig, die rechtsufrigen Einbindungen der Gliedersperre (hm 30,50) und der Gitterrostsperrre (hm 30,25) mit zusätzlichen Einfangflügel abzusichern.

Im Zuge der Hochwässer mit grober Geschiebeführung bauten sich zwischen den Sperren in der Sperrentreppe, von der großen Blaike bis zur Steinersperre herab, steile kegelartige Ablagerungen auf, die dann von den folgenden Hochwässern wieder abgebaut wurden. Die maximalen Gefällswerte dieser Geschiebekegel unterhalb der Sperrenabflußsektionen betragen bis 15 und 20% (Abb. 22 und vergleichsweise 23).

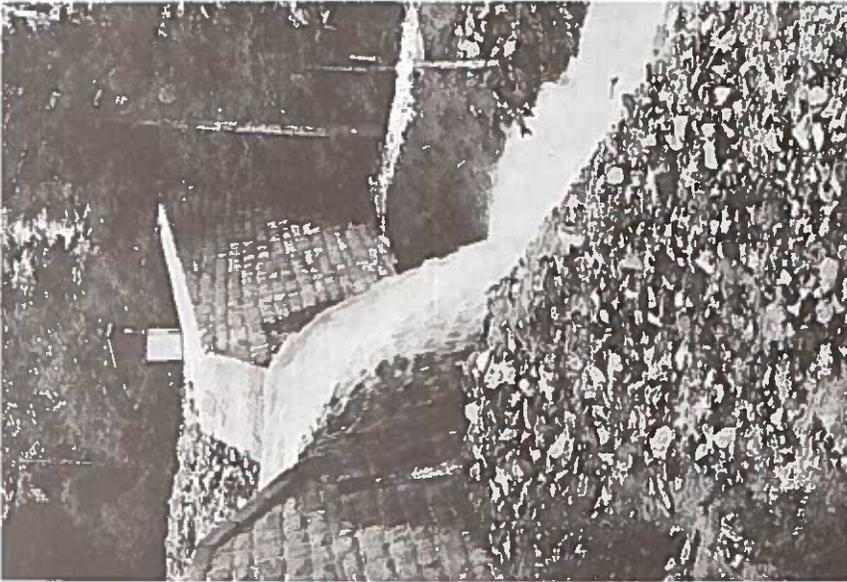


Abb. 22: Die Steinsperre in hm 28,35 mit kegelartiger Geschiebeablagerung und teilweisem -abtrag im Juni 1975

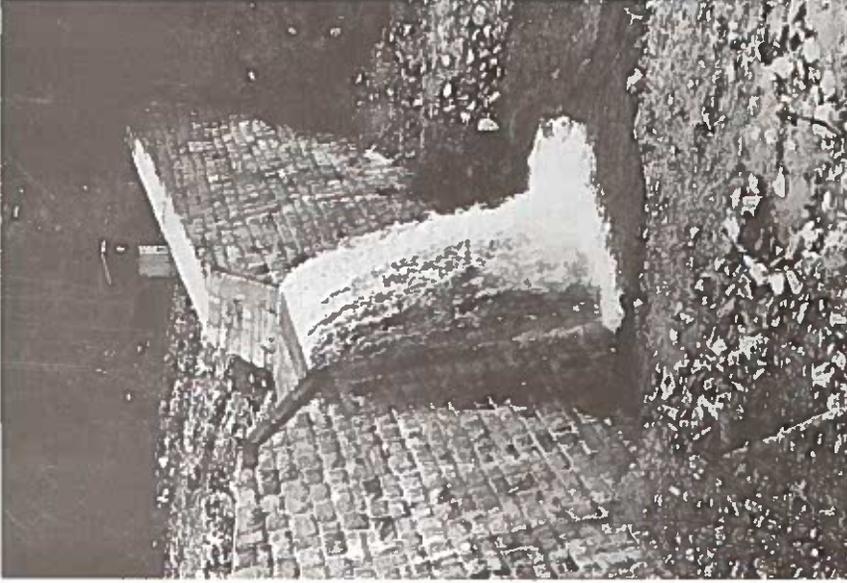


Abb. 23: Dieselbe Sperre mit völlig abgetragennem Kegel im Mai 1982

Die vorübergehenden Ablagerungen zwischen den Sperren hatten eine stark dämpfende Wirkung auf den im oberen Bereich sicher kurzfristig einsetzenden Geschiebetrieb. Das Volumen der einzelnen Geschiebekegel zwischen den Sperren kann durchschnittlich mit 1.500 m^3 angenommen werden, was bei 30 Sperren einer gesamten Feststoffmenge von 45.000 m^3 entspricht. Dies erhellt den Umfang der verzögernden Wirkung der Sperrentreppe auf den Geschiebetrieb, auch wenn man berücksichtigt, daß nicht alle Stauräume einer Sperrentreppe gleichzeitig voll gefüllt sein werden, sondern der Geschiebetransport abschnittsweise und quasi wanderwellenartig vor sich geht. Die Verzögerung des Geschiebetriebes erfolgte tatsächlich über mehrere Hochwässer, sodaß eine klare Zuordnung bestimmter Frachten zu einzelnen Hochwässern kaum möglich war. Die Übersicht über die aufgetretenen Hochwässer zeigt jedoch, daß nur die relativ größten der Jahre 1975, 1977, 1981 und 1983 stärkere Geschiebefrachten vollbrachten.

1.2.3 H a n g b e w e g u n g u n d G e b i r g s d r u c k e

Um Ausdehnung, Art und Größe der durch Talzuschübe verursachten Hang- und Bodenbewegungen und die dabei auftretenden Kräfte, bzw. Sperrenbeanspruchungen zu erfassen, wurden Konvergenz-, Neigungs- und Druckmessungen vorgenommen und alle Veränderungen in der Sperrentreppe kontrolliert. Die von SCHWEIGHOFER durchgeführten Messungen brachten folgende Ergebnisse.

Konvergenzmessungen

Die gegenseitigen Annäherungen der beiden Bachufer zueinander wurden in 6 Querprofilen mit einem Konvergenzmeßgerät und in einem Profil mit einem festangebrachten 2fach Drahtensometer periodisch gemessen (Abb. 24 und 27).

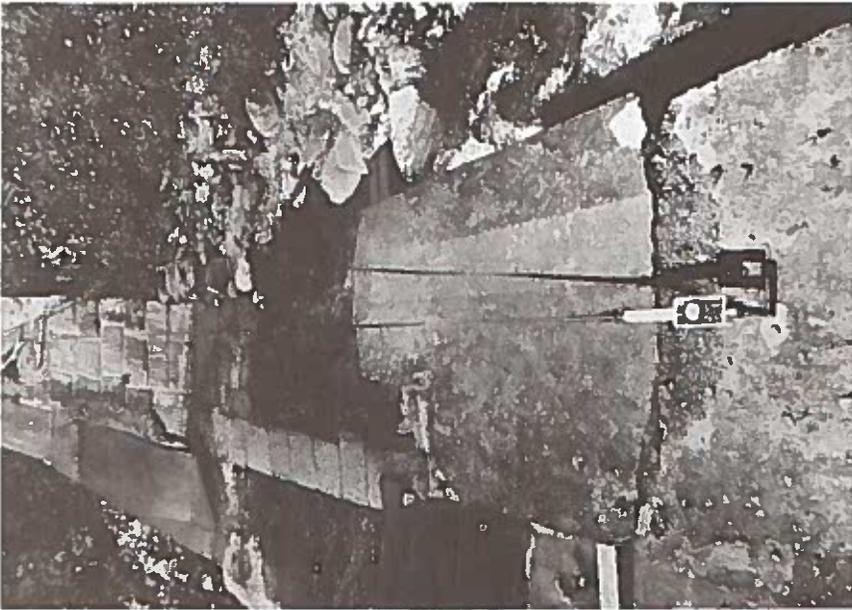


Abb. 24: Konvergenzmessung der Flügel der alten Stahlbetonsperre

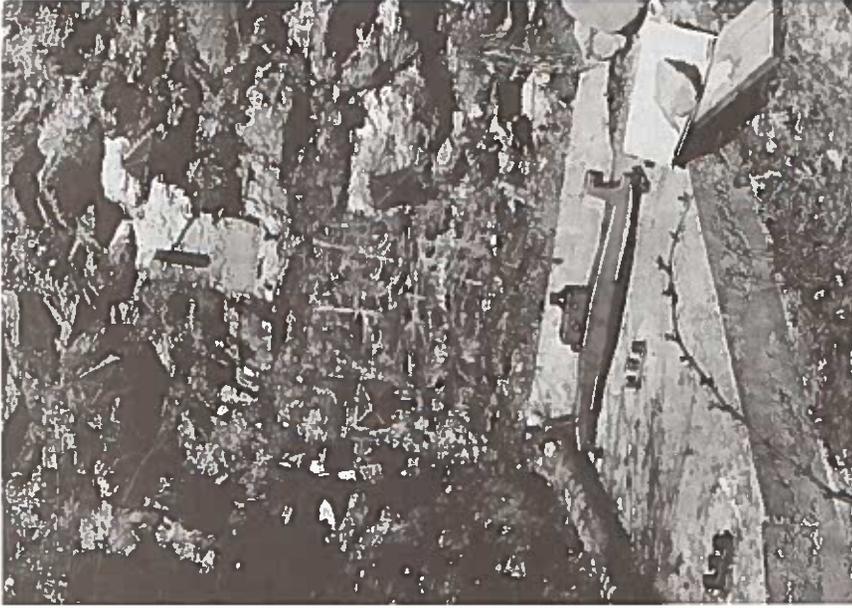


Abb. 25: Neigungsmessung in der linksufrigen Einbindung der Stahlbetonbalkensperre ober der Meßsperre

Das Konvergenzmeßgerät besteht aus einem perforierten Stahlmaßband mit Spannvorrichtung und Meßuhr, mit dem relative Längenänderungen von mit Meßbolzen fixierten Meßstrecken mit einer Genauigkeit von 1×10^{-5} der Länge festgestellt werden können. Und zwar wird die Distanzänderung einer Meßlänge bis 30 Meter gegenüber einer ersten Nullmessung erfaßt. Vor und nach jeder Messung wird das Gerät in einem Eichrahmen kalibriert. Das Gerät ist von einem Mann bedienbar. Bei dem in Gelände festmontierten Drahtextensometer erfolgt die Messung der Längenänderung mit Meßdrähten, die mit entsprechenden Gewichten gleichmäßig gespannt sind. Die Meßstrecken können bis zu 100 Meter betragen. Die Längenänderungen werden an dem stationären Gerät an einem Nonius abgelesen.

Die mit Meßbolzen fixierten Meßstrecken des Konvergenzmeßgerätes wurden an im Gelände bewegten Festkörpern angebracht, und zwar an älteren, bereits in Bewegung begriffenen (hm 29,45; hm 30,04 sowie oberhalb) und an den Sperrenflügeln der Gliedersperre (hm 30,50) sowie auch auf denjenigen der Gitterrostsperrre (hm 30,25). Die beiden Meßstrecken des Drahtextensometers erfaßten das natürliche Querprofil zwischen der Meßsperre (in hm 30,04) und der Gitterrostsperrre (hm 30,25) in zwei Ebenen, d.h. mit je einem höher und tiefer gespannten Draht.

Die Konvergenzmessungen begannen im Juni 1976, die Messungen mit dem Drahtextensometer im Herbst 1978. Das örtliche Ausmaß der Talzuschübe konnte daher über neun bzw. sieben Jahre verfolgt werden. In den Meßzeiten betrugen die Annäherungen der beiden gegenseitigen Bachufer zueinander in

hm	bzw. im Profil	insgesamt mm	pro Jahr mm /Jahr
29,45	alte Sperrenflügel ober Pfeilersperre	77	8,5
30,04	Flügel der alten Stahlbetonbalkensperre ober Meßsperre	321	35,7
30,14	natürliches Querprofil	323	46,1
30,25	Gitterrostsperrre	63	7,0
30,50	Gliedersperre	146	16,0

Die größte Annäherung der gegenüberliegenden Grabeneinhänge wurde im Querprofil zwischen der Meß- und der Gitterrostsperrre in hm 30,14 gemessen, und zwar mit insgesamt 323 mm in 7 Jahren mit auffallenden raschen Konvergenzmaxima von 56 bzw. 59 mm im Jahre 1983. Das knapp bachabwärts liegende Profil ober der Meßsperre (hm 30,04) zeigt ähnliche Ergebnisse, jedoch mit einem zusätzlichen Bewegungsmaximum im Jahre 1981.

Die Gitterrostsperrre (hm 30,25) hat den in ihren Bereich auftretenden Talzusub, zumindestens in der Sperrenkrone nur zum Teil und stark abgeschwächt mitgemacht. Die Konvergenzmeßstrecke in der Sperrenkrone zeigt zunächst keine wesentliche Veränderung, im Jahre 1978/79 eine Dehnung und ab 1979 eine stetig steigende Konvergenz an. Die anfängliche Dehnung in der Sperrenkrone ist mit einer Hebung der Sperrenmitte und die vergleichsweise geringere Gesamtbewegung ist mit entsprechenden Sperrendeformationen und einem Nachgeben der rechtsufrigen, aus Lockermaterialien bestehenden Einbindungen erklärbar (Abb. 28d).

Druck- und Neigungsmessungen

In der Sperre in hm 29,98, die als Betonvorbau vor der alten, beschädigten Kastensperre aus Stahlbetonbalken errichtet wurde, wurden die horizontalen durch den Talzusub quer zur Bachachse hervorgerufenen Druckspannungen mit 2 Telepressmetern gemessen. Und zwar wurden die zwei Telepressmeter in Querschnittsmitte

0,65 bzw. 4,45 Meter unter der Sperrenkrone eingebaut. Die Messungen begannen mit der Fertigstellung der Sperre im Jahre 1973 (Abb. 26, 28e sowie 41).

Unterhalb der Sperrenkrone nahmen die Druckspannungen bis zum Jahr 1981 zu, erreichten mit 77 kp/cm^2 ein Maximum, nahmen dann allmählich und im Jahre 1982 rasch und dann weiterhin gleichmäßig ab. Die gemessenen Druckspannungen des Betons liegen noch im zulässigen Bereich. In der Sperrenbasis traten nur untergeordnete Drucke auf bis der tiefgelegene Telepressmeter im Jahre 1978 überhaupt ausfiel. Etwa zur gleichen Zeit, nämlich ab dem Jahre 1977, zeigte sich in der Sperrenbasis ein waagrechter, einer Arbeitsfuge folgender Riß, der sich allmählich ausweitete. Oberhalb dieser aufgerissenen Arbeitsfuge stellte sich später auch ein lotrechter Riß ein, der sich ebenfalls weiter öffnete.

Um Risse und Bewegungen deuten zu können, wurden ab dem Jahre 1978 im Bereich der seitlichen Sperrenflügelbindungen im Fels auch Neigungsmessungen begonnen. Es wurden drei Klinometer-Meßstrecken angelegt, und zwar: zwei an beiden Sperrenenden quer zum Bach und linksufrig noch eine dritte in Bachrichtung. Diese Neigungsmessungen ließen bald eine Hebung der Flügel zum Bach hin erkennen. Dementsprechend öffnete sich auch der lotrechte Riß in Sperrenmitte von unten nach oben. Die Hebung des rechtsufrigen Sperrenflügels ging vor allem in den Jahren 1981 und 1982 in stärkerem Ausmaß vor sich. Mit der weitergehenden Ausweitung des lotrechten Risses in Sperrenmitte und von der Basis aufwärts nahmen gleichzeitig auch die Druckspannungen im oberen Telepressmeter unter der Sperrenkrone (ab 1982, Abb.25 u.41) ab.

Die Hebung der Sperrenflügel in den Einbindungen und das Aufreißen der Sperre in der Basis kann durch die Art der vorgenommenen Bewehrung verstanden werden. Die Sperrenflügel wurden nämlich mit einer Schubbewehrung versehen, die bei Seitendruck ein Abscheren der Flügel verhindert. Die Sperre wird darauf an der drückenden Einbindung am Felsen hochgeschoben und der gesamte Sperrenkörper auf Biegung, mit der größten Biegezugspannung in der Sperrenmitte und Sperrenbasis, beansprucht worden sein.

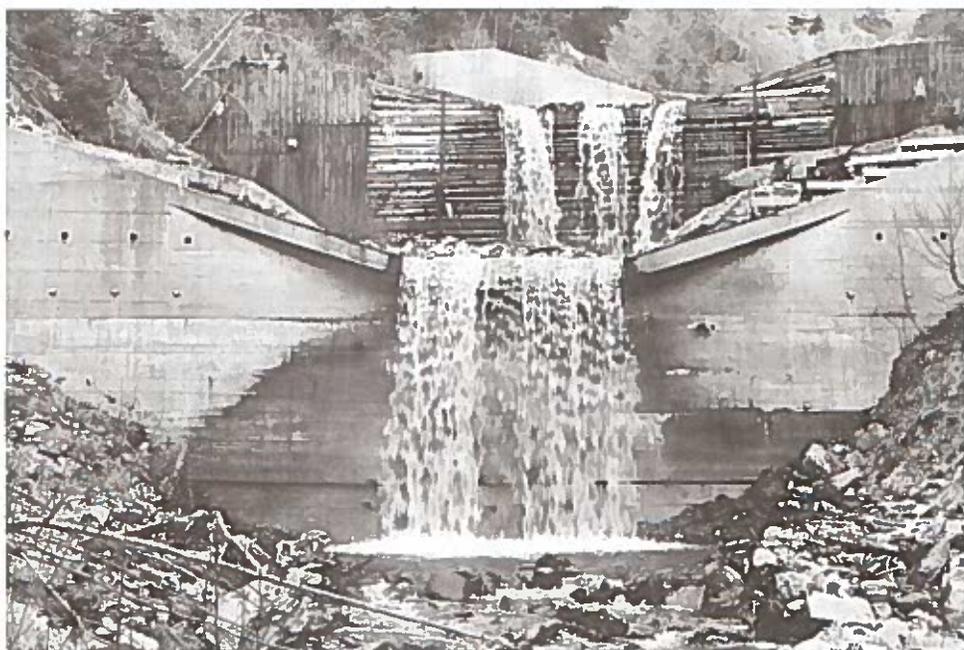


Abb. 26: Die sogenannte Meßsperre in hm 29,98 als Betonvorbau vor der alten Stahlbetonbalkensperre sowie die Gitterrostsperrre in hm 30,25 im Juni 1977

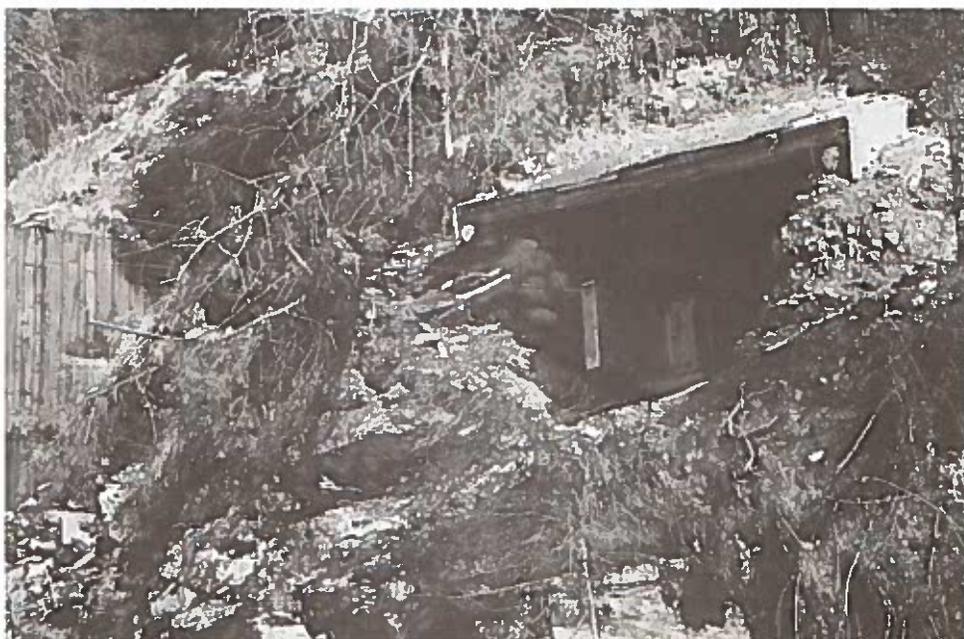
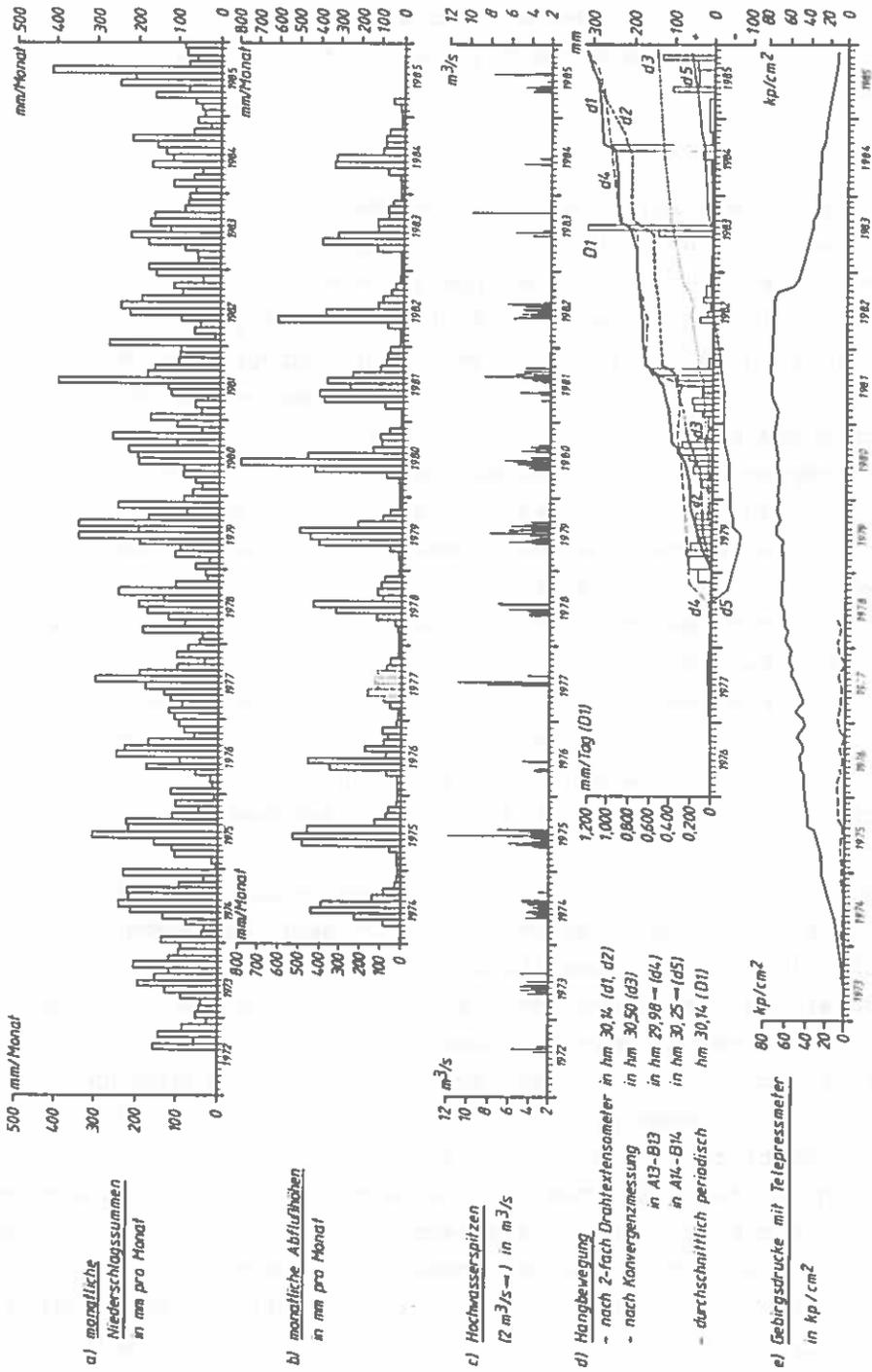


Abb. 27: 2fach Drahtextensometer in hm 30,14

Abb. 28: Messergebnisse Dürnbach, 1972/76 bis 1985



Um neben den relativen auch die absoluten Bewegungen zu erfassen, wurde ab dem Jahre 1974 die Haupterosionsstrecke geodätisch kontrolliert. Nach der ersten Vermessung im Jahre 1974 (Basis- oder Nullmessung) wurde jährlich ein Polygonzug vom Festpunkt "Steinerbauer" über die gesamte Sperrentreppe von der "Steinersperre" (hm 26,67) bis zur obersten Sperre (hm 36,23) bei der großen Blaike von dort zu einem Endpunkt "E" vermessen. Anfangs- und Endpunkte des Polygonzuges wurden durch Rückwärtseinschnitte an Triangulierungspunkten fixiert, bzw. an das öffentliche Triangulierungsnetz angeschlossen. Auf diese Weise wurden die Bewegungen der Beobachtungspunkte koordinaten- und höhenmäßig erfaßt. Der maximal mögliche Fehler der Meßergebnisse wird mit 15 mm angegeben. Die jährlichen Vermessungen waren fallweise örtlich erschwert durch Beschädigung oder durch Wegfall von Polygonpunkten bei Hochwasser- und Murenereignissen oder durch bauliche Veränderungen. Deshalb konnten nicht alle Sperren und nicht alle Meßpunkte über die gesamte Meßdauer überprüft werden.

Die von MAYER und TIROCH beigestellten Detailergebnisse über die in den einzelnen Jahren vor sich gehenden Bewegungen zeigen nicht immer ein einheitliches Bild. Zum Teil wurde auch ein Wechsel in der Verschiebungsrichtung festgestellt, offensichtlich je nachdem, welcher (links- oder rechtsufrige) Hang in dem betreffenden Jahr gerade den stärkeren Gebirgsdruck ausgeübt hatte. Die Gesamtergebnisse über die jeweiligen Meßzeiten, die diese zeitlichen Unterschiede ausgleichen, sind aufschlußreicher und in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Um die Orientierung zu erleichtern, wurden in dieser Tabelle prinzipiell alle Querwerke, also auch die nicht geodätisch kontrollierten, aufgelistet. Außerdem wurden in dieser Tabelle auch die wichtigsten Ergebnisse der Konvergenzmessungen (KM) quer zum Bachlauf (lr) vergleichsweise aufgenommen. Neben den resultierenden Gesamtbewegungen ($R_{xyz} = R$) sind für die jeweiligen Meßzeiten auch die

jährlichen Bewegungsraten (R/a) sowie das Ausmaß der Hebungen und Senkungen (z) angegeben. Die Richtungen der Sperrenlängsachsen und die der gemessenen Bewegungen sind in Altgraden (Nord: 0° bzw 360°) angegeben, um auch die örtlichen Abweichungen (Abw.) zwischen Druckrichtung und Sperrenachse zu ermitteln.

Ergebnisse der geodätischen Bewegungskontrolle											
hm	Objekt		Meßpunkt		Meßzeit		Bewegung				
	Bezeichnung	Richtung	Nr.	Ort	von bis	a	Richtung	Abw.	z	R	R/a
		Grad					Grad				
26,67	SteinerS,IV	277	14	1F	74/78	4	300	23	22	67	17
		277	14	1F	79/84	5	267	10	9	81	16
27,18	BetonS,V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27,40	BetonS,VI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27,68	BetonS,VII	73	161	1F	77/84	7	20	53	50	83	12
28,02	DrahtK.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28,35	SteinS.	243	17	rF	74/84	10	265	22	26	118	12
28,69	Waldb.S,VIII	244	18	rF	74/84	10	257	13	37	166	16
28,90	DrahtK.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29,09	Doppels,IX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29,45	PfeilerS,X	57	19	rP	77/84	7	144	87	43	73	10
	-"- All-B11	57	KM	1r	76/85	9	57	-	-	127	13
29,74	StegS.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29,98	Bet/MeßS.	59	20	1F	74/84	10	47	12	17	50	5
	-"- Al3-B13	59	KM	1r	76/85	9	59	-	-	321	36
30,10	Naturprofil	68	1	1r	78/85	7	68	-	-	324	46
		68	2	1r	78/85	7	68	-	-	322	46
30,25	Gitterr.S.	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-"- Al4-B14	76	KM	1r	76/85	9	76	-	-	63	7
30,50	GliederS.	81	221	rF	75/84	9	120	39	146	292	32
	-"- B15-A15	81	KM	1r	76/85	9	81	-	-	146	16
30,85	SteinS.,XII	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31,09	BetonS.	272	23	rF	74/84	10	265	71	31	229	23
31,55	Stk.S/Bet.F.	-	23A	rF	77/84	9	SW	-	38	87	10
31,77	Stk.S/Bet.F.	-	24A	rF	77/84	9	SW	-	31	80	9
32,05	SteinS,XIV	-	24	-	74/79	5	SO	-	41	51	10

hm	Objekt		Meßpunkt		Meßzeit		Bewegung				
	Bezeichnung	Richtung	Nr.	Ort	von bis	a	Richtung	Abw.	z	R	R/a
		Grad					Grad				
32,28	KorbS/Bet.F.	288	261	rF	80/84	4	225	63	33	82	21
		288	262	lF	80/84	4	248	40	20	123	31
32,49	vBet.S,XV	284	25	rF	74/84	10	249	35	37	218	22
32,80	SteinS,XVI	246	26	lF	74/84	10	236	10	71	190	19
33,10	GliederS. 78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33,50	GliederS. 77	255	28L	lF	79/84	5	240	15	34	244	49
33,78	KorbS/Bet.F.	255	29L	lF	79/84	5	245	10	33	207	41
		255	29R	rF	79/84	5	249	6	34	188	38
34,10	SteinS.	255	30	rF	74/84	10	233	22	86	186	19
34,40	SperrenF.	-	31	rF	74/84	10	209	-	84	130	13
34,72	SperrenF.	-	32	rF	74/84	10	219	-	91	146	15
35,50	Steinblock	-	33	rU	74/84	10	220	-	121	289	29
36,23	SteinS.	76	34	rF	75/84	9	86	10	188	276	31

Die in der Tabelle angeführten Abkürzungen bedeuten:

- Abw. = Abweichung zwischen Bewegungsrichtung und Sperre
- Bet. = Beton
- F = Sperrenflügel
- a = Beobachtungs-Jahre
- hm = Hektometer, Distanz von der Bachmündung aufwärts
- KM = Konvergenzmessung
- K.S. = Kastensperre
- lF = linker Sperrenflügel
- lr = KM quer zur Bachachse
- rF = rechter Sperrenflügel
- rP = rechter Pfeiler
- rU = rechtes Ufer
- R = Resultierende Gesamtbewegung im Raum = R_{xyz}
- R/a = resultierende Bewegung pro Jahr
- S = Sperre
- Stk. = Steinkasten (aus Holz)
- vBet. = steinverkleideter Beton
- z = Lageveränderung der Höhe nach, Hebung (positiv, Senkung negativ)

Die Ergebnisse der geodätischen Kontrolle zeigen, daß die absoluten räumlichen Sperrbewegungen von der Steinersperre (IV, hm 26,67) aufwärts (bis etwa hm 28,02) in Zentimeterdimension relativ gering blieben. Im Bereich der Waldbachsperre (hm 28,69 und hm 28,35) gab es größere Bewegungen in Dezimeterdimension westwärts. Von dort bis zur Schlucht blieben die absoluten Sperrbewegungen wieder gering (Zentimeterdimension). Die Konvergenzmessungen unterhalb der Schlucht, bei der Pfeilersperre (hm 29,45, Pkt. 19 und All-B11) bestätigen dieses Ergebnis.

Beim Beginn der Schlucht, im Bereich der Meßsperre (hm 29,98) und Gitterrostsperr (hm 30,25) aufwärts (bis Betonsperre hm 31,09) gibt es wieder ostwärts gerichtete Bewegungen. Die absoluten Bewegungen von über starr durchgehend verlaufenden Sperrkörpern mögen hier relativ gering sein. Die Konvergenzmessungen über die freien Querprofile in diesem Bereich und die Verschiebungsgrößen beweglicher Sperrteile (hm 29,98, hm 30,14, Gliedersperre hm 30,50) zeigen jedoch, daß große Unterschiede zwischen festen Bauten und ungehinderten Talzuschubbewegungen bestehen. Während die Querprofile, über der Meßsperre (hm 29,98) oder Gitterrostsperr (hm 30,25) gemessen, sich nur wenig veränderten, gab es in naturbelassenen oder nachgiebig verspernten Profilen (alte Fertigteilsperr hm 30,0 und Drahtextensometerprofil hm 30,10) dezimetergroße Konvergenzen (36 bis 46 mm/Jahr). Die Sperrkörper dringen also in die drückenden entfestigten Hänge ein, bzw. sie werden quasi von den Hängen umströmt. Auffallend ist auch die starke Hebung und Verschiebung des rechten Sperrflügels der Gliedersperre (hm 30,50) in südöstliche Richtung gegen das linke Ufer hin, wobei nach der Konvergenzmessung angenommen werden muß, daß auch der linke Sperrflügel mit halber Intensität in dieselbe Richtung verschoben wurde (Abb. 30).

Von der Betonsperre in hm 31,09 aufwärts herrscht wieder eine südwestwärts gerichtete Bewegung vor. Bei der Reihenkorsperre in hm 32,28 wurden beide Betonflügel nach Südwesten verschoben. Das Ausmaß dieser ähnlich gerichteten Bewegung unterscheidet sich nur wenig, sodaß die Konvergenz der Flügel zueinander und die

Pressung der Stahlkorbbreite relativ klein blieb (Zentimeterdimension pro Jahr).

Von der steinverkleideten Betonsperre (XV in hm 32,49) an aufwärts ist die südwestwärtige Bewegung stärker. Gleichgerichtete Bewegungstendenzen zeigen sich auch im Bereich der oberen Reihenkorbperre, wo wieder stärkere südwestliche Bewegungen beider Sperrenflügel auftreten, die Annäherungen der Flügel zueinander aber unbemerkt bleiben. In der Folge nimmt das Ausmaß der Bewegung wieder ab. Im Bereich der großen Blaike tritt wieder eine starke, ostwärts gerichtete Bewegung auf, die mit einer starken Hebung verbunden ist.

1.2.5

B e s p r e c h u n g d e r M e ß e r g e b n i s s e

Während der gesamten Beobachtungsperiode von 1968/69 bis 1985 sind im hydrologischen Sinne keine außergewöhnlichen Ereignisse vorgekommen. Das größte gemessene Hochwasser in einer 16jährigen Reihe, war ein solches mit einer 13jährigen Wiederholungswahrscheinlichkeit. Trotzdem sind Erosionen, Geschiebefrachten sowie Schäden in einem Maße aufgetreten, die die spezielle Problematik des Dürnbaches aufzeigen. Seine besondere Gefährlichkeit besteht in der deutlichen, aber nicht ausschließlichen Wechselwirkung zwischen Wildbacherosion und Talzuschub.

Die niederschlagreichsten Jahre während der Meßzeit waren 1979 und 1980. In diesen und in den Jahren 1974, 1975, 1977, 1981 und 1982 gab es auch relativ häufig mittlere Hochwasserabflüsse. Die größten Hochwässer traten in den niederschlagsreichen Jahren 1975, 1977 und 1983 und 1981 auf. Mit ihrer größeren Schleppkraft waren diese Hochwässer nach entsprechenden Geschiebeein-

würfen auch in der Lage, ergiebigeren Feststoffmengen zu transportieren (Abb. 28).

Die Materialabfuhr ging im oberen Bereich zum Teil murstromartig, die Abflußsektion teilweise überbordend vor sich. Der Geschiebetrieb wurde dann durch Zwischenablagerungen in der Sperrtreppe vermindert und verzögert. Die Ablagerungen zwischen den Sperren hatten zunächst die typische Kegelform mit überraschend steilen Gefällen. In der Folge entstanden, durch rückschreitende Erosion von den talwärts befindlichen Abflußsektionen aus, in diesen Kegeln neue Erosionsrinnen, und die Kegel wurden allmählich wieder abgetragen (Abb. 22 und 23).

Zwischen diesen Kegelgefällen und den sich letztlich einstellenden Verlandungsgefällen besteht ein weiterer Spielraum, dessen mögliche Grenzwerte interessieren. Berechnungen für diese Gefällswerte unterliegen großen Streuungen, weil die Abflußverhältnisse zwischen den Sperren und insbesondere die Fließtiefen ständigen Änderungen unterworfen sind. Berechnet man das Gefälle zwischen den Sperren nach einer vereinfachten, aber auf die Geschiebetriebformel von MEYER-PETER zurückgehenden Formel, erhält man die in der folgenden Tabelle angeführten Werte, denen die entsprechenden, in der Natur erhobenen gegenübergestellt sind. Dabei wurde für den murstromartigen Abfluß (HQ_{GS}) angenommen, daß sich das Durchflußvolumen gegenüber dem feststofffrei gemessenen Abfluß (HQ) verdoppelt, d.i. nachdem der größte Hochwasserabfluß (HQ) mit $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen wurde: ($2 \cdot 11,6$) $23,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Formel für das Gefälle J_N zwischen den Sperren lautet (VISCHER & HUBER, 1979):

$$J_N = 0,4 \cdot d_{90}^{9/7} / q_{\max}^{6/7}$$

worin bedeuten:

d_{90} = Korngröße, die von 90 Gewichtsprozenten der Geschiebemischung erreicht wird (in m);

q_{\max} = maximaler spezifischer Abfluß pro m Gerinnebreite ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$).

Stellt man ein HQ_{GS} mit $23,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und eine durchschnittliche Gerinnebreite von 10 Meter, sowie die in Tabelle Seite 46 angeführten Geschiebekorngrößen d_{90} in Rechnung, betragen die formelmäßig errechneten (I_N) und tatsächlich beobachteten Gefällswerte (I_{tatsl}):

im Bachabschnitt:	hm	d_{90} m	J_N %	J_{tatsl} %
ober der Schlucht	32,5	1,0	19	19
bei Gitterrostsperrre	30,3	0,9	17	19
bei Meßsperrre	30,0	0,9	13	19
bei den Waldbachsperrren	28,5	0,6	8	16
ober Pokornysperrre	22,0	0,5	8	9

Mit den in Rechnung gestellten Murstromvolumen erhält man also eine relativ gute Übereinstimmung zwischen den Rechnungs- und den in der Natur erhobenen Gefällswerten.

Im tiefer liegenden Bereich, im unteren Graben bei Engstellen und Brückendurchlässen gab es keine Durchflußprobleme, hier waren die Abflußsektionen bisher ausreichend bemessen.

Die Geschiebe- und Feststofffrachten in den Ablagerungsplätzen und im Tallauf ergeben keine außergewöhnlichen Werte für die durchschnittlich jährliche Geschiebespende ($180 \text{ m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}$) bzw. für den Gebietsabtrag. Die nach großen Geschiebeeinwürfen sofort eingeleiteten Verbauungsmaßnahmen wirkten sich entsprechend frachtvermindernd aus.

Wenn man aber bedenkt, daß in 16 Jahren von den angefallenen 70.000 m^3 Feststoffen bei entsprechenden Ereignissen nur rund 26.000 m^3 verfrachtet wurden, sich aber 44.000 m^3 ansammeln konnten, offenbart sich die zunehmende Gefahr für entsprechend größere Hochwasser- und Murenereignisse. Die in 16 Jahren angefallene und angesammelte Feststoffmenge (44.000 m^3) entspricht einer Spende von ca. $305 \text{ m}^3/\text{km}^2$ und Jahr. Unter gleichbleibenden

Verhältnissen können sich demnach in 50 - 100 Jahren 138.000 m³ bis 275.000 m³ ansammeln. Auch wenn nur ein Teil dieser Feststoffe bei einem extremen Ereignis verfrachtet wird, wird damit die große Torrentialität des Dürnbaches erhellt.

In der Beobachtungszeit waren im Dürnbach Zusammenhänge zwischen Hangbewegungen, Rutschungen und Niederschlagsereignissen, zum Unterschied zum Gradenbach, nicht immer klar erkennbar (KRONFELLNER-KRAUS 1980 a, b). Der Felssturz von der großen Blaike in hm 36 bis hm 38 mit ca. 60.000 m³ erfolgte im Herbst des niederschlagsärmsten Jahres 1973. Andere Rutschungen und Felsstürze am Eingang und in der Schlucht zwischen hm 29,5 und hm 31, sowie ober der Schlucht ober hm 33,0 erfolgten in niederschlagsreichen Jahren nach der Schneeschmelze und/oder nach starken Niederschlägen. In den von den Talzuschüben betroffenen Hängen des Dürnbaches scheinen sich die Spannungen tiefreichender Bewegungen über viele Jahre allmählich bis zum Bruch zu steigern, während oberflächlichere Rutschungen eher Niederschlägen folgen.

Die Konvergenzmessungen und die geodätische Kontrolle der Sperrentreppe in der Haupterosionsstrecke von hm 26,5 bis hm 37 zeigen, daß beide Grabenflanken mit wechselnder Intensität am Tal Schub beteiligt sind. Sie geben örtlich genauere Hinweise über Ausmaß und Richtung der durch Talzuschübe bewirkten Sperrenbewegungen. Überraschend ist hierbei die streckenweise Aktivität des rechtsufrigen Hanges und die verschieden starke Hebung der gesamten Sperrentreppe.

Am Beginn der Haupterosionsstrecke im Bereich der Steinersperre waren die Bewegungen von untergeordneter Bedeutung. Die beiden Sperren vor und nach der Waldbachmündung (hm 28,7 bis hm 28,9) wurden nach Westen geschoben. Bachaufwärts anschließend bis in den unteren Teil der Schlucht herrschte eine ostwärts gerichtete Bewegung vor. Hier, von der Pfeilersperre (hm 29,45) aufwärts über Meß- und Gitterrostsperrre bis zur Gliedersperre (hm 30,50) sind auch die Auswirkungen des Talzuschubes deutlich zu erkennen. Die Konvergenzen freier Querprofile waren wesentlich größer

als die Verschiebungen der Sperre im selben Bereich. Vom oberen Teil der Schlucht, von hm 31 aufwärts bis zur großen Blaike war die Verschiebungsrichtung westwärts gerichtet, während das Querwerk bei der großen Blaike (hm 36,23) wieder nach Osten gedrückt wurde.

Sofern die massiven durchgehenden Sperrenkörper eine größere Festigkeit aufweisen als die durch die Bewegung zerrütteten Felsmassen, dringen die Sperrenflügel allmählich in die Einbindungen ein, bzw. sie werden von den Seitenhängen quasi langsam umströmt. Die gemessenen Druckbeanspruchungen blieben in einem für Qualitätsbeton zulässigen Bereich. Ein Zusammenwirken verschiedener Bewegungsrichtungen, Hebungen und Senkungen und/oder Neigung des Untergrundes führt neben Druck- jedoch auch zu Biege- und Scherbeanspruchungen und am ehesten zu Schäden an Schwachstellen, Arbeits- oder Mauerwerksfugen, etc.

Um solche Gebirgsdruckschäden vorzubeugen, wurden auch nachgiebige Bautypen entwickelt und im Dürnbach eingesetzt. Es handelt sich dabei um Querwerke aus vorgefertigten Stahlteilen, die sowohl als offene Entleerungs-, als auch geschlossene Konsolidierungssperren verwendet und insbesondere auch in Katastrophenfällen rasch eingesetzt werden können. Sie sollen im folgendem ausführlicher besprochen werden.

1.3.1 Erfahrungen mit
konventionellen Querwerken

Wie die Verbauungsgeschichten des Dürnbaches und anderer Bäche lehren, können durch die bei Talzuschüben auftretenden Kräfte Beanspruchungen entstehen, welche die Materialfestigkeiten konventioneller Wildbachsperrn übersteigen. Trotzdem ist es oft gerade in solchen Bachabschnitten notwendig, die aktiven Geschiebeherde zu verbauen. Um Bauwerksschäden vorzubeugen liegt es nahe, den mitunter großen Gebirgsdrucken entweder auszuweichen oder diesen hinreichend starke oder aber nachgiebige, deformierbare Werke entgegenzusetzen.

Von den verschiedenen Möglichkeiten scheiden im Dürnbach einige von vornherein aus. Ein seitliches Ausweichen oder seitliches Ab- oder Umleiten des Baches kommt nicht in Betracht, weil beide Talflanken in Bewegung sind. Mit Querwerken kann man aber erreichen, daß nicht nur Tiefen- und Seitenerosion verhindert, sondern im Wege der Geschieberückhaltung das Bett auch gehoben und der Bach quasi über die anfällige Bachstatt übergeleitet wird. Durch die Hebung der Bachsohle werden die Hänge abgestützt. Nach den klassischen Regeln der Wildbachverbauung soll die Hebung allmählich so hoch erfolgen, daß sich die Hänge natürlich abböschsen können, aber gleichzeitig die für den Hochwasserabfluß erforderliche Bachbreite stets freibleibt (HÄRTEL-WINTER 1934, STRELE 1950, WEBER 1964, KRONFELLNER-KRAUS 1974, AULITZKY 1986). Wenn es gelingt die erforderlichen Querwerke in den neuen Alluvionen und sekundären Hangböschungen zu fundieren, lassen sich

auch die Beanspruchungen der Bauwerke bis zu einem beherrschbaren Ausmaß vermindern oder ganz ausschalten.

Die bisherigen Arbeits- und Transportverhältnisse im Dürnbach beschränken allerdings auch die Auswahl der für Querwerke verwendbaren Materialien. Von den bisher für Stein-Kastenbauten verwendeten Baustoffen haben sich bei auftretenden Gebirgsdrücken solche aus Holz und aus vorgefertigten Stahlbetonbalken weniger, solche aus Drahtkörben eher geeignet erwiesen. Sowohl bei den Kastenbauten aus Holz als auch bei Stahlbetonbalken lösen sich vor allem genagelte oder brechen verschraubte Balkenverbindungen schon bei relativ geringen Beanspruchungen. Es besteht die Gefahr, daß Balken auseinanderklaffen, Steinfüllungen aus- und Bachwässer durchströmen und die Zerstörung des gesamten Werkes einleiten. Dazu kommt noch die trotz Imprägnierung geringere Lebensdauer des Holzes, während sich bei den feingliedrigen Stahlbetonbalken auch noch Frost-Tau-Wechsel nachteilig auswirken. Drahtschotterbehälter weisen eine gewisse Nachgiebigkeit und Verformbarkeit auf. Sie sind zusammenpreßbar, reißen aber bei Scher- und Zugbeanspruchungen auf, wenn Sperrenflügel über den Sperrenkörper gedrückt werden. Alle diese Kastenbauten aus Holz, Drahtgeflecht oder Stahlbetonbalken, sind gegen grobe Geschiebeführung besonders anfällig. Im Dürnbach hat man daher stets versucht die Kronen der Kastensperren mit Rundholzbedielungen, mit Zementmörtelmauerwerk, Stahlbeton oder mit Stahlblechabdeckungen besonders zu schützen (HOFMANN 1973).

Bei den massiven Querwerken aus Zementmörtelmauerwerk und Beton treten bei seitlichen Gebirgsdrücken zu allererst Scher- und Zugrisse zwischen Steinlagen bzw. Arbeitsfugen in den Sperrenflügeln auf. Auch Steinverkleidungen der Ansichtsflächen können leicht ausbeulen und ausbrechen. Entsprechende Bewehrungen der Sperrenflügel und der Sperre selbst führen über zu Stahlbeton. Da auch Stahlbetonsperren bei größeren Bodenbewegungen brechen können, kann man Sollbruchstellen vorsehen (Rellsbach, pers. Mitt. von SCHILCHER) oder die Sperre in voneinander unabhängigen Teilen gegliedert herstellen.

1.3.2 Gegliederte Querwerke

Schon im Triebenbach im Paltental, Steiermark, hat man in einem ähnlichen Falle den zentralen Sperrenkörper mit der Abflußsektion in Massivbauweise und den dem Talzuschub zugewandten Sperrenflügel in Drahtschotterbauweise deformierbar oder in Massivbauweise verschieblich gegen das Sperrenzentrum gebaut (WILLOMITZER 1948 bis 1958; KRONFELLNER-KRAUS 1974). Auch die "geneigte, filtrierende Leitersperre, gelenkig und biegsam nach dem System Genet" (RENEUVE 1955, KRONFELLNER-KRAUS 1970), entspricht dieser Vorstellung. Deren Sperrenflügel sind unabhängig voneinander frei beweglich gebaut und können somit unabhängig vom zentralen Sperrenteil ("Leiter") verschoben werden. Nach der österreichischen Nomenklatur entsprechen diese gelenkigen Leitersperrn Balkensperrn, bei welchen die seitlichen Flügel im Fundament nicht miteinander verbunden sind. Im Dürnbach (hm 30,51, hm 33,10 und hm 33,50) hat man den zentralen Teil von dreigliederigen Sperrn auch als Winkelstützmauer in Stahlbeton und die seitlichen Sperrenflügel in konventioneller Bauweise erstellt (OFNER 1977, Abb. 14 und 30).

Wenn der Gebirgsdruck senkrecht zum Bach in Richtung der Sperrenlängsachse angreift, können die Sperrglieder aneinander vorbei geschoben werden. Erfahrungsgemäß, und wie die angestellten Messungen im Dürnbach beweisen, sind die Gebirgsdrucke aber eher in der Falllinie der Hänge oder überhaupt anders als senkrecht zum Bach gerichtet. Bei gegliederten Sperrn besteht also die Gefahr, daß die einzelnen Teile auseinandergeschoben werden. Bei dreigliedrigen Sperrn entstünden die Lücken gerade am Rande der Abflußsektion am Fuße der Einbindungen. Durch die entstandenen Öffnungen könnten Verlandungsmaterialien wieder abgetrieben werden und auch neuerliche Erosionen auftreten. Verschiebungen und Öffnungen von Sperrgliedern gehen allerdings meist nicht so rasch vor sich, daß nicht ungewollte Öffnungen rechtzeitig durch Grobsteinwürfe und Grobsteinpflaster geschlossen werden könnten. Eine solche Kombination von gegliederten Werkteilen mit verbindenden Grobsteinwürfen hat sich zum Beispiel im Gra-



Abb. 29: Durch Gebirgsdruck beschädigte "Stegsperre" in hm 29,74



Abb. 30: Verschiebungen in der Gliedersperre in hm 30,50 (vergleiche Abb. 14).

denbach, Mölltal/Kärnten, nach und nach von selbst ergeben und sich grundsätzlich auch bewährt. Durch meterstarke Bodenbewegungen wurden dort einzelne Sperren, je nach der Stärke der Stahlarmierung, geteilt und die entstandenen Glieder verschoben und verschieden hoch gehoben. Sie blieben aber als Gewichtssperren intakt. Durch die Hebung der Sperrenmitten wurden allerdings die Abflußsektionen erniedrigt und verkleinert und es waren deshalb Bachausbrüche zu befürchten. Mit Steinschlichtungen wurden entstandene Sperrenöffnungen gesichert und mit neuer zusätzlichen, zwischen den Sperren seitlich aufgesetzten Spornen oder Einfangflügeln die für den Durchfluß erforderlichen Abflußsektionstiefen wieder hergestellt. An den bereits verlandeten Sperren waren diese Nacharbeiten relativ einfach und kostengünstig zu bewerkstelligen. Wenn man aber vom unverlandeten Zustand, vom Standpunkt der Planung oder Bautypenwahl ausgeht, handelt es sich auch hier um Gliedersperren mit den bereits besprochenen Problemen.

1.3.3

V e r f o r m b a r e Q u e r w e r k e i n S t a h l

Um ungewollte Öffnungen zwischen Sperrgliedern auszuschließen, wurde auch nach Konstruktionen gesucht, die auch bei stärkeren Bodenbewegungen in Verbindung bleiben. Für solche verformbare Wildbachsperren, die zusammengepreßt, gestreckt und diagonal verschoben werden können, bieten sich Stahlkonstruktionen an. Die Konstruktionsart wird sich dabei nach Größe, Form und Beschaffenheit der zu sperrenden Bachquerprofile und den jeweiligen Materialeigenschaften richten. Enge, schluchtartige Querprofile kann man wie bei Balken- oder Leitersperren mit einfachen Balken schließen. Bei größeren Spannweiten sind jedoch Fachwerkträger erforderlich, die, untereinander verbunden, räumliche Tragwerkskonstruktionen ergeben.

In Zusammenarbeit mit dem Voest-Alpine-Werk Zeltweg wurden vor allem 2 Sperrtypen in Stahlbauweise in verschiedenen Variationen entwickelt und vom praktischen Wildbachverbauungsdienst, im hier besprochenen Dürnbach sowie im Kirchbachgraben im Gailtal, Kärnten, sowie im Hopfgartnerbach im Defregental, Osttirol, eingebaut. Es handelt sich dabei um funktionell "offen" und "geschlossen" verwendbare, und hinsichtlich Fundierung und Gebirgsdrucke "verformbare Bautypen" mit folgenden Varianten:

Gitterrostsperrren:

- a) für Fundierung in Lockermaterial (im Dürnbach)
- b) für die Montage in Fels (im Kirchbachgraben)

Korbreihen-Querwerke:

- a) als Grundschwelle mit kreisrunden Körben bis zu 2 m Höhe
- b) als Sperrren mit als Fachwerksträger ausgebildeten, gemeinsamen Korbwänden, im Dürnbach bis ca. 8 m Höhe
- c) im Hopfgartnerbach in Osttirol bis ca. 12 m Höhe

Gitterrostsperrre

Die Gitterrostsperrre besteht primär nur aus dem im Boden und in den seitlichen Einbindungen verankerten räumlich wirkenden Trägerrost. In dieser Version weisen feste Entleerungssperrren bei kleinstem Materialaufwand die größte Offenheit auf.

Die horizontalen und vertikalen Roststäbe des Sperrengitters sind nur in Strömungsrichtung fachwerksmäßig ausgebildet, sodaß die Durchströmungsquerschnitte durch die Verstreungen nicht beeinträchtigt sind. Die einzelnen Roststäbe sind an den Knotenpunkten mit Knotenblechen fest miteinander verschraubt. Der Grad der Zerlegbarkeit richtet sich nach den örtlichen Transport- und Arbeitsverhältnissen. Im allgemeinen erfolgt die Vorfertigung in bis zu 1.000 Kilogramm schweren und bis maximal 6 Meter langen Stücken. Die Verankerung der Sperrre kann in jedem Material erfolgen. Bei Fundierung in lockerem Material, wie im Dürnbach,

werden die Seitenfelder zwecksmäßig mit Verzugsblechen abgedichtet, um Durchnässungen und Erosionen in den Einbindungen zu vermeiden. Bei Vorhandensein von Fels, wie im Kirchbachgraben, genügt lediglich eine Verankerung ohne besondere Abdichtung. Die vertikalen Roststäbe sind am Fußende bergseits verbreitert, um mit Hilfe einer Steinauflage die Stabilität zu erhöhen. Die Abstände der horizontalen Roststäbe voneinander sind im unteren Bereich kleiner als im oberen Bereich, und zwar verkehrt proportional zu der nach unten anwachsenden Belastung. Damit wird im offenen Zustand auch erreicht, daß das Werk im unteren Teil auf die Geschiebeführung schneller anspricht. Durch die Verlandung und Geschiebeauflage im unteren Teil erhöht sich die Stabilität des Werkes und der obere Teil bleibt als Katastrophenreserve länger für das Auffangen von Wildholz und Grobgeschiebe frei. Ein weiterer Vorteil dieser Roststabanordnung liegt in der gleichartigen Ausbildung der einzelnen Fachwerke in allen Höhenlagen, was die Anzahl der Standardelemente nach einem Baukastensystem auf ein Minimum beschränkt. Die Sperrenöffnungen können auch beliebig verkleinert oder überhaupt geschlossen werden (Abb. 31).

Die hohen Festigkeitseigenschaften des Stahles, die Verformbarkeit und die Belastungsmöglichkeit im Bereich der Fließgrenze ergeben eine erhebliche Sicherheitsreserve bei dynamischen Beanspruchungen oder bei zusätzlichen Belastungen etwa durch Gebirgsdrucke. Die Gitterrostsperrn haben alle bisher aufgetretenen Belastungen voll verkraftet. Die vollkommen offen gebliebene Gitterrostsperrn im Kirchbachgraben verlandete bei Hochwässer einmal zur Hälfte und im Jahre 1983, vor allem durch Wildholz, zur Gänze. Durch Geschiebestöße entstanden an Trägern zwar einzelne Dellen, sie wurden aber in ihrer Funktion in keiner Weise beeinträchtigt.

Bei der Gitterrostsperrn im Dürnbach führten Gebirgsdrucke schon früh zur Verformung einiger Stäbe als auch der gesamten Konstruktion. Die im Zentrum offene Sperrn verlandete im Sommer 1970 bis zur Hälfte (GSCHWENDTNER 1970). Sie wurde dann nach dem Felssturz im Jahre 1973 im folgenden Jahre mit Rundhölzern ge-



Abb. 31: Die halbverlandete Gitterrostsperre in hm 30,25 im September 1970

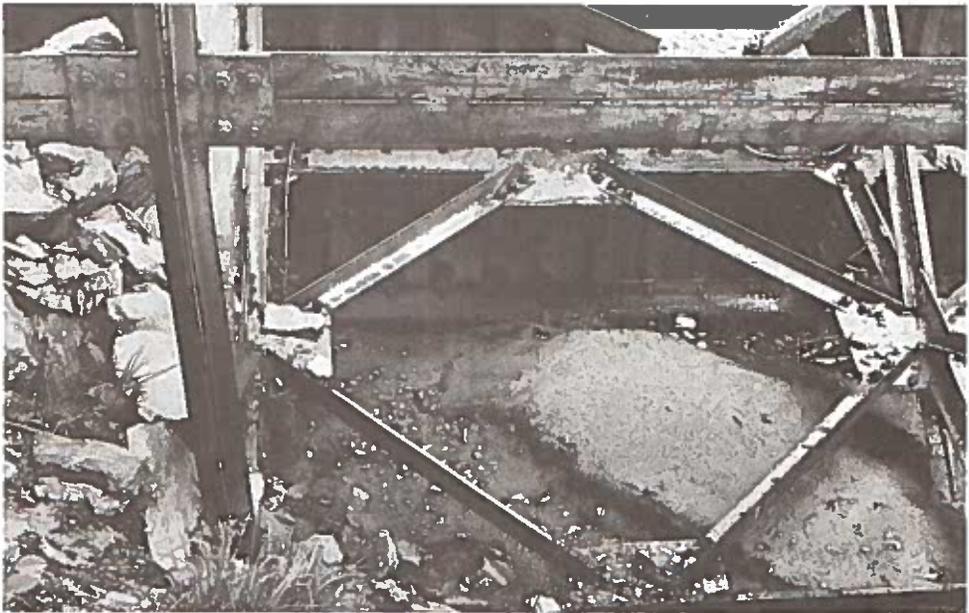
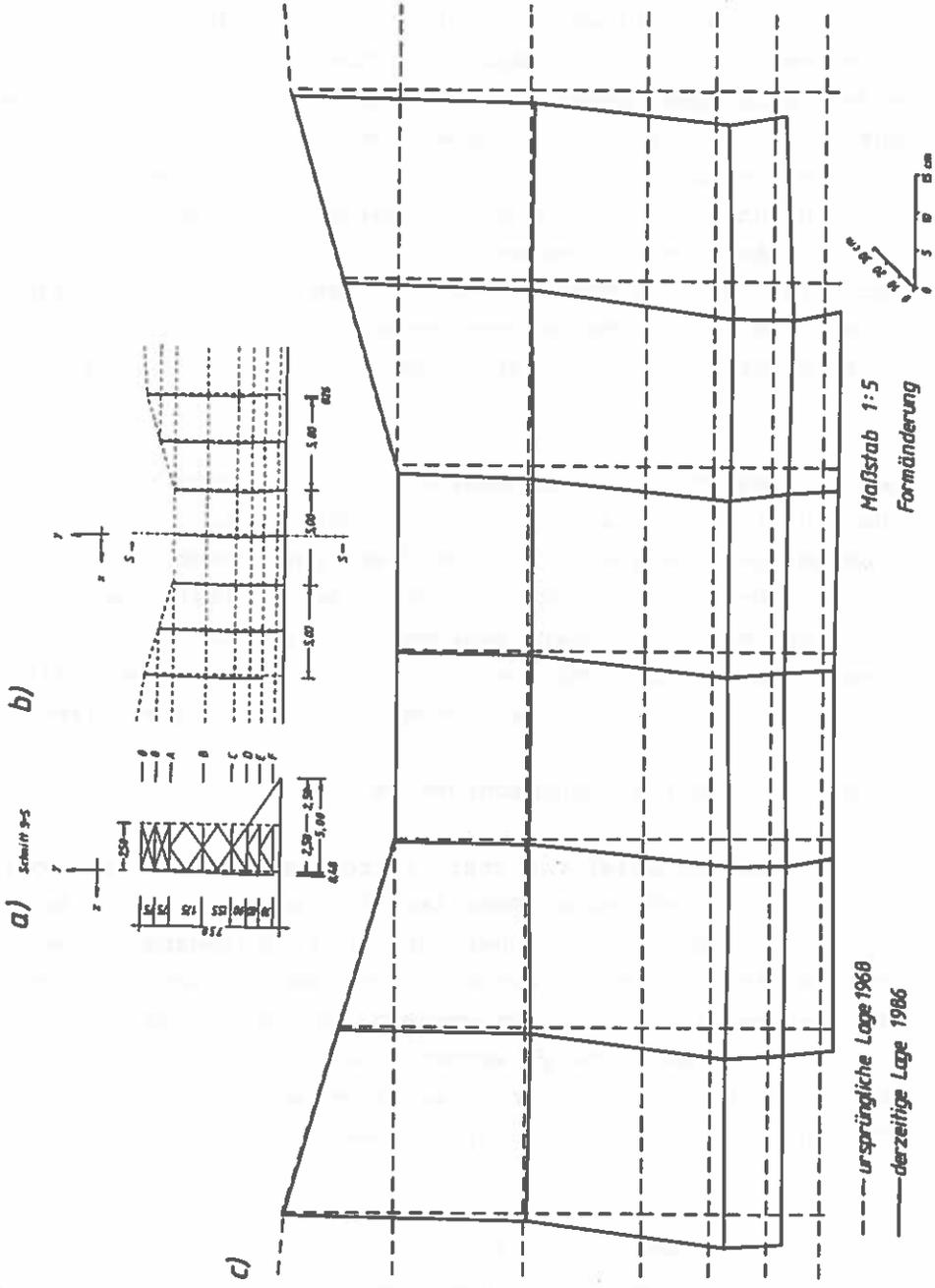


Abb. 32: Verformung der Gitterrostsperre in hm 30,25 im Juni 1974

Abb. 33: Verformung der Gitterrostsperrre in hm 30,25
 a) in der Ebene yz; b) in xy; c) xyz;



schlossen und verlandete daraufhin rasch zur Gänze bis zur Krone. Die Sperre wurde auch von Murströmen überflossen, die auch die seitlichen Flügelkonstruktionen über der Sperrenkrone mit Geschiebe ausfüllten. Stabilitätsgefährdende Schäden sind bisher weder durch Geschiebetrieb noch durch Gebirgsdrucke entstanden. Bezüglich der Verformung wurden Verschiebungen, bzw. Abweichungen der senkrechten Stäbe vom Lot bis zu 15 Zentimeter, aber auch Hebungen und Senkungen der waagrechten Fachwerksträger bis zu 5,5 Zentimeter gemessen. Im Inneren der Konstruktion sind noch im leeren Zustand, kurz nach dem Bau, einzelne Stäbe zwischen den Verbindungsknoten etwas ausgeknickt, was aber keinen Einfluß auf die Tragfestigkeit des gesamten Querwerkes hat (Abb. 32 und 33).

Der wirtschaftliche Anwendungsbereich der Gitterrostsperrre, welche quasi plattenartig in der Bachsohle und in den seitlichen Einbindungen verankert ist, wird mit zunehmender Spannweite begrenzt. Um für breitere Querprofile bei stärkeren Bodenbewegungen über noch flexiblere Bautypen zu verfügen, wurde, wieder in Zusammenarbeit mit der Voest-Alpine AG, Werk Zeltweg, eine weitere, als Gewichtssperre wirkende Stahlbautype geschaffen.

Korbreihen- oder Reihenkorbbauweise

Als Ausgangsmaterial für stark verformbare Wildbachsperren bieten sich bogenförmige Profilstähle an, die sich im Berg- und Tunnelbau gegen den früher üblichen Holzausbau bewährt und durchgesetzt haben. Es handelt sich dabei um sog. Streckenbögen mit Hutprofilen, die serienmäßig mit drei- oder vierteiligen Ring-Regelformen erzeugt werden. Die Verbindungen der einzelnen Bogenteile bestehen aus kräftigen Bügelschrauben mit Laschen und Muttern. Die Hutprofile werden sowohl "normal" mit der Hutöffnung nach außen oder "verkehrt gerollt" mit der Hutöffnung nach innen angeboten. Die Bogenverbindungen können serienmäßig überlappend nachgiebig (ohne Anschlag), oder überlappend starr (mit Anschlag) und (mit Einschubstück) auch stumpf gestossen sein. Die Bogenteile kann man auch mit geradlinigen Profilen verbinden.

In der einfachsten Art werden zwei oder mehrere waagrechte, in übereinander liegenden Horizonten angeordnete Streckenbogen-Kreisringe mit lotrechten Streckenverzügen (mit entsprechend vorgefertigten Verbindungen aus Bügeln, Laschen und Muttern) zu stehenden Säulen zusammengefügt. Die lotrecht oder etwas bergwärts geneigt stehenden Säulen werden dann mit liegenden Bodenrosten zu füllbaren Körben ausgestaltet und ergeben, senkrecht zur Bachrichtung aneinandergereiht, Korbreihen-Querwerke.

Mit Geschiebe und Feststoffen gefüllt, wird die Standfestigkeit durch die Gewichtswirkung erreicht. Infolge der hohen Zugfestigkeit ist zum Zusammenhalt und Umschnürung der vollen Korbfüllung an sich nur ein geringer Stahlquerschnitt erforderlich. Stärkere Konstruktionen sind zur Erreichung der Biegesteifigkeit und zur Verankerung im Boden nötig und es werden bei größeren Sperrhöhen die jeweils gemeinsamen Seitenwände zweier nebeneinander stehender Körbe zweckmäßig zu Fachwerkträgern in der für Gewichtssperren erforderlichen Breite ausgebildet. Die Verwendung der handelsüblichen, starken Streckenbögen bietet eine große Sicherheit sowohl im Hinblick auf die Beanspruchungen durch groben Geschiebetrieb als auch hinsichtlich der Stabilität noch leerer, offener Sperren bis zur Verlandung, sowie durch eine gewisse Überstärke auch in Hinblick auf das Rosten.

In der einfachsten Ausführungsform, aneinandergereihter und zweckmäßig etwas überlappender Ringe, wird die Stabilität der genannten Querwerke durch den Korbdurchmesser bestimmt, weil dieser gleichzeitig die Basisbreite des Werkes in Bachrichtung bildet. Die Werkshöhen sind daher mit den praktisch in Frage kommenden Ring-Durchmessern von 2 bis 3 Meter auf Grundswellen beschränkt. In dieser einfachen Form wurde im Dürnbach ober dem Meßgerinne Steineralm eine Reihenkorb-Grundschwelle mit einer Gesamthöhe von 1,5 Meter und einer Fallhöhe von etwa 0,75 Meter eingebaut. Die seitlichen Körbe wurden künstlich gefüllt, die mittleren Körbe anfänglich leer gelassen, sodaß deren Füllung Rückschlüsse auf den hier herrschenden Geschiebetrieb erlaubt (Abb. 34).



Abb. 34: Reihenkorb-Grundschwelle ober dem Meßgerinne auf der Steineralm im Oktober 1982



Abb. 35: Reihenkorbsperre in L-Form in hm 33,78 im September 1977

Wie oben erwähnt, ist bei höheren Querwerken, also Sperren, eine größere Biegesteifigkeit der in Bachrichtung stehenden Korbseitenwände erforderlich. In diesen Fällen sind die Seitenwände als lotrechte Fachwerkscheiben ausgebildet und an diesen die waagrechteten Streckenbögen als berg- und talseitige Korbwände montiert. Um bei einer anfänglich offenen Sperre die natürliche Verlandung bei geschiefbeführenden Hochwässern zu erleichtern, werden die Gitterweiten der Talseite enger als die der Bergseite gehalten. Die weitere Verengung des an sich weitmaschigen konstruktiven Gitters erfolgt durch Einschieben von Streckenverzügen (oder Rundhölzern, siehe Abb. 36 a, 37 und 38).

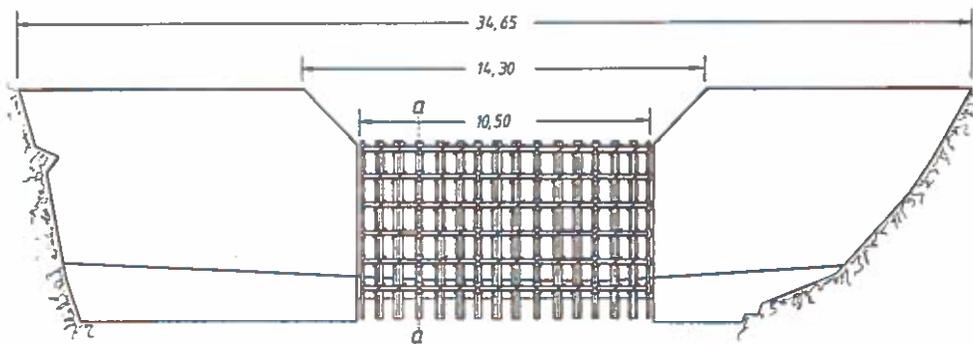
Im Dürnbach wurde auch die Konstruktion und Montage eines zweiten Prototypes der Reihen-Korbbaupweise getestet, deren lotrechte Fachwerksscheiben winkelstützmauerartig, dreieckig ausgebildet sind. Diese Konstruktion erfordert eine breitere Sperrenbasis und eine zusätzliche Verankerung der bergseitigen Stäbe mit Ankerbolzen im Boden. Die Fundierung und insbesondere die Wasserhaltung in der größeren Fundationsgrube war, bei sonst vergleichbaren Abmessungen, schwieriger als bei der zuvor beschriebenen Sperre (Abb. 35, 36 b).

Die als Gewichtsmauer wirkende Reihenkorbsperre ist prinzipiell mit beliebiger Spannweite einsetzbar. Im Dürnbach wurde projektmäßig eine gegliederte Bauweise gewählt. Nur der zentrale Teil in der Abflußsektion wurde als komprimierbare Reihenkorbsperre und die Sperrenflügel als Gewichtsmauern in Beton mit Trapezprofil ausgeführt. Die Sperrenabmessungen zwischen den Betonflügeln betragen für die Stahlkorbreihen in beiden Fällen 10,50 Meter Breite und planmäßig 6,40 Meter Höhe im ersten und 7,0 Meter Höhe im zweiten Falle. Tatsächlich wurden allerdings beide Sperren mit verringerten Gesamthöhen bzw. kleineren Fundierungstiefen als vorgesehen, eingebaut. Daraus erklären sich die Divergenzen zwischen zeichnerischen und photographischen Darstellungen.

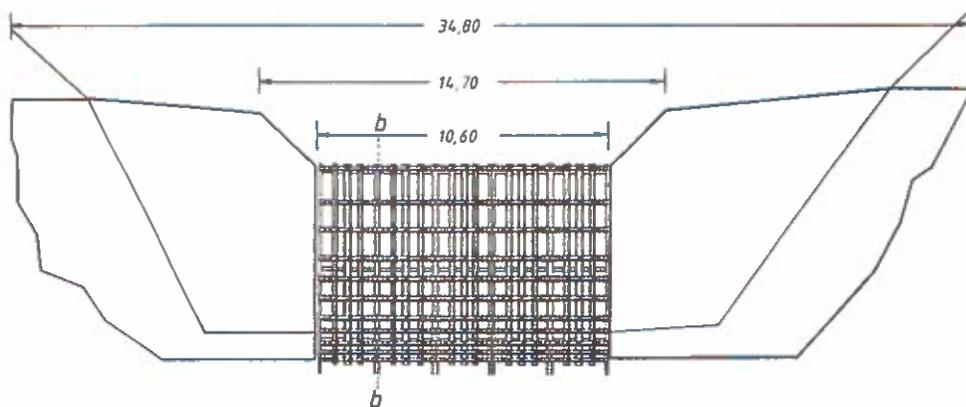
Im Talzuschubsbereich des sehr steilen Hopfgartnerbaches in Osttirol kam noch eine größere Reihenkorbsperre aus Stahl mit einer

Abb. 36: Ansicht und Schnitte der Reihenkorb Sperren
 a) in hm 32,28; b) in hm 33,78;

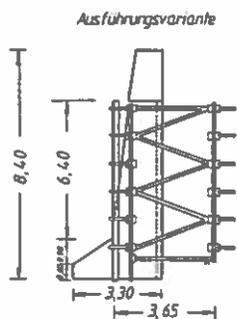
a) Reihenkorb Sperre in hm 32,28



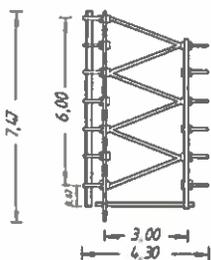
b) Reihenkorb Sperre in hm 33,78



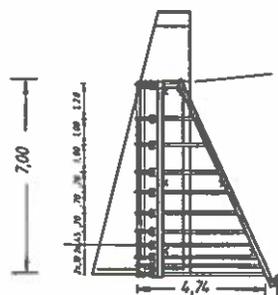
zu a) Schnitt aa:



Projektsvariante



zu b) Schnitt bb:

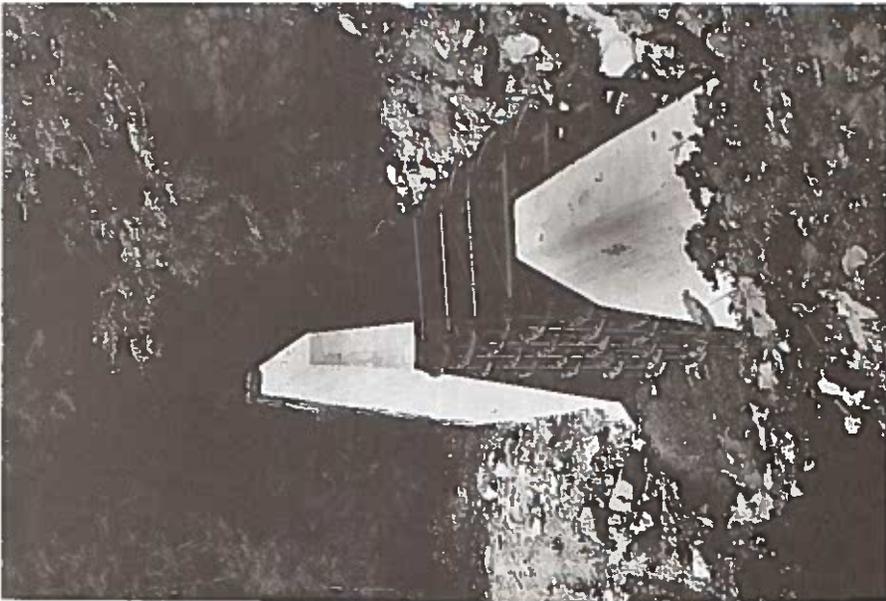


Gesamthöhe von 12,6 Meter und einer Spannweite von 35 Meter zur Ausführung. Sie entspricht der erstbeschriebenen Reihenkorb Sperre im Dürnbach, doch war infolge der größeren Höhe eine bergseitige Verbreiterung des Sperrquerschnittes bzw. der lotrechten Fachwerksscheiben in der Art von Winkelstützmauern erforderlich. Die Sperre steht in einem Felsprofil, sodaß der Bodenrost entbehrlich war. Die lotrechten Fachwerksscheiben sind mit Felsankern in dem anstehenden aber stark zerklüfteten Fels verankert und zwar sowohl von den vorderen über die ganze Höhe durchlaufenden vertikalen Fachwerksscheiben, als auch von den bergseitigen Verbreiterungen aus. Die waagrecht verlaufenden Streckenbögen der talseitigen Korbwände bestehen hier abwechselnd aus normal und verkehrt gerollten Hutprofilen, sodaß die Bögen an den Stoßstellen ineinanderpassen und direkt mit den ebenfalls hutförmig profilierten waagrechten Zangen mit den lotrechten Fachwerksscheiben verbunden werden können.

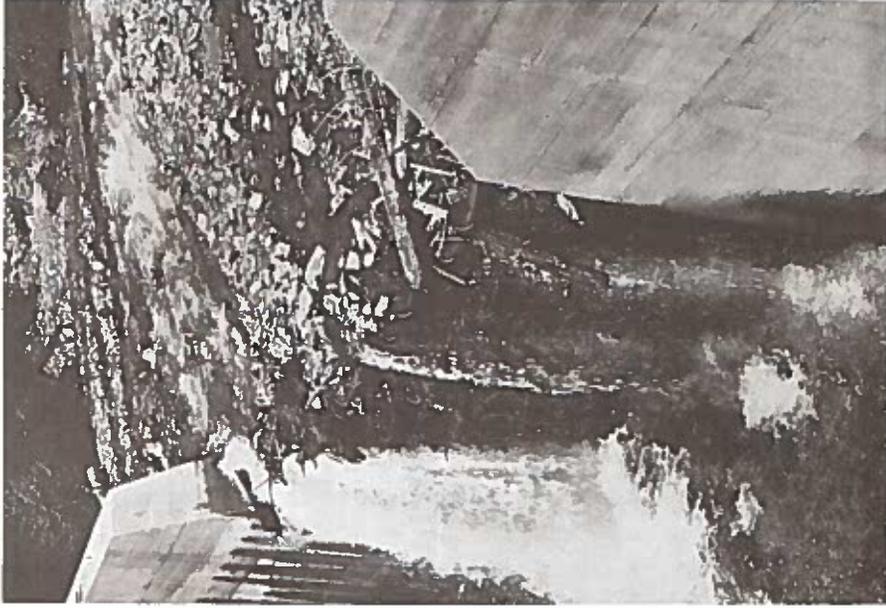
In dem sehr steilen Hopfgartnerbach sind Muren und Lawinen häufig und die dynamischen Beanspruchungen groß. Eine natürliche Verlandung konnte weder riskiert noch abgewartet werden. Die Körbe wurden deshalb, bei Weglassung der rückseitigen Korbwände, künstlich gefüllt. Die Sperre wurde bereits von Muren und Lawinen ohne Schäden überströmt. Die Kontrolle der Deformationen, sowohl bei den Einbindungen als auch der gesamten Sperrn selbst, ist im Gange.

Material-, Leistungs- und Kostenwerte

Beim Bau der einzelnen Sperrn wurden Material-, Leistungs- und Kostenwerte erhoben. Da die Konstruktionsstärken und damit auch die umbauten Räume der an verschiedenen Orten zu möglicherweise verschiedenen Zwecken errichteten Sperrn sehr stark voneinander abweichen können, ist für Vergleichszwecke ein Bezug auf eine Volumseinheit weniger geeignet. Man wird daher für Variantenstudien, beim Vergleich mit anderen Bautypen bzw. Kostenermittlungen, alle Aufwendungen direkt auf die zu sperrende Profilsfläche beziehen. Da Gitterrostsperrn mit zunehmender Spannweite und Reihenkorbsperrn mit zunehmender Sperrhöhe aufwendiger wer-



**Abb. 37: Die Reihenkorb Sperre in hm 32,28
nach Fertigstellung im September 1979**



**Abb. 38: Dieselbe Sperre nach natürlicher
Füllung im Juni 1984**

den, ist eine entsprechende Abstufung erforderlich. Die Arbeitsbedingungen an den bisherigen Baustellen waren miteinander vergleichbar, weil stets ein ähnlich schwieriger Transport über Umwege in das Grabeninnere zu bewältigen war. Nach den bisherigen Ausführungen ist beim Bau von Stahlsperren je nach Konstruktionshöhe mit folgenden Aufwendungen zu rechnen:

Material- und Arbeitsaufwendungen für Stahlsperren (an entlegenen Baustellen)				
Sperrtyp	Spannweite	Sperrenhöhe	Stahlkonstruktion	Arbeitsaufwand (Transport und Montage)
	m	m	to/m ²	h/m ²
Korbreihen-S.	10,5	6,5	0,20	5,0
	10,5	8,5	0,22	5,5
	10,5	10,5	0,24	6,0
	10,5	12,5	0,25	6,5
Gitterrost-S.	24	6,0	0,15	5,0
	35	6,0	0,25	6,0

Der Stahlpreis für bearbeiteten Profilstahl, Streckenbögen und Verzugsbleche betrug 1986 ca. 28.990,-S/to, und einschließlich Mehrwertsteuer ca. 34.788,-S/to. Für den Aushub ist die Sperrenbasis mit 2/3 der Sperrenhöhe anzunehmen.

Vergleichsweise sind die deformierbaren, offenen Stahlsperren teurer als konventionelle, unbewehrte und auf Erddruck bemessene Konsolidierungssperren, kostengleich mit auf Wasserdruck bemessenen Geschiebestausperren, aber kostengünstiger als die gegen Talzusub notwendigerweise stark armierten Stahlbetonsperren. Sie sind vor allem dann angebracht, wenn die Hangbewegungen so groß sind, daß mit einem Versetzen und Öffnen von Teilen von massiven Gliedersperren gerechnet werden muß. Die endgültige Auswahl der jeweils geeigneten Sperrtype sollte stets auf Grund von mehrjährigen Hangdeformationsmessungen erfolgen.

1.4 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die hier dargestellten Untersuchungen schließen an die Erfahrungen der Verbauungsgeschichte an, die in mehreren Projekten als auch in der Gefahrenzonenplanung ihren Niederschlag gefunden haben. Sie sind aber auch im Lichte der jüngsten Literatur zu sehen, nachdem der Dürnbach auch dazu diente, japanische und österreichische Methoden der Gefahrenzonung zu studieren und zu vergleichen. Zehn bis sechzehnjährige Meßergebnisse reichen sicher nicht aus um endgültige Berechnungen anzustellen. Sie zeigen eher die Grenzen des in Wildbächen Vorhersagbaren und Schwerpunkte der Forschung auf. Sie mögen aber zur Lösung der eingangs erläuterten Probleme beitragen und als Entscheidungshilfen für weitere Verbauungen und Planungen im Dürnbach und in anderen ähnlich gelagerten Fällen dienen.

1.4.1 E i n s c h ä t z u n g d e s D ü r n b a c h e s

Für die quantitative Beurteilung von Wildbächen sind vor allem Hochwasserabflüsse und die durch sie ermöglichten Erosionen und extreme Feststofffrachten maßgeblich.

Hochwasserspitzendurchflüsse (HQ):

Im Dürnbach wurden bisher folgende Hochwasserspitzendurchflüsse (HQ) ermittelt und/oder in Rechnung gestellt:

Verbauungsprojekt 1979	HQ	=	36,6 m ³ /s
Wundt-90%-Richtkurve	HQ	=	51 m ³ /s
Heumader et.al. (1982)	HQ	=	65 m ³ /s
Nach Abflußmessungen (Ruf, Abschn. 4)	HQ ₁₀₀	=	16,4 m ³ /s

Den nach Hochwasserformeln ermittelten Werten stehen nun Meßergebnisse gegenüber. Die im Dürnbach bei der Sanglbrücke gewonnene 16jährige Meßreihe erlaubt eine relativ sichere Ermittlung eines Hochwassers mit einer 50jährigen Wiederholungswahrscheinlichkeit, doch wird auch die Extrapolation auf das 100jährige Ereignis als plausibel angesehen (RUF und NOBILIS in diesem Heft). Vergleichsweise entspricht das Meßergebnis ($HQ_{100} = 16,4 \text{ m}^3/\text{s}$) nur einem Drittel des nach Wundt-90%-Richtkurve ermittelten und nur etwa der Hälfte des im Verbauungsprojekt in Rechnung gestellten Wertes. Die niedrigen Meßwerte im Pinzgau und Pongau werden mit der Abschirmung des Salzachtales von W- und NW-Wetterlagen erklärt. Sie werden insbesondere für relativ geschiebearme Abflüsse zutreffen, die den Meßbedingungen bei der Sanglbrücke entsprechen. Am Schwemmkegel sind die Hochwasserabflüsse weitgehend vom Geschiebe befreit, denn die Feststoffe gelangen bereits in der Sperrentreppe, im Stauraum der Pokorny- und Schlitzsperre und im Schotterfang weitgehend zur Ablagerung. In dem über 25% steilen Grabeninneren herrschen andere Abflußbedingungen.

Feststofffrachten im Extremfall:

Neben der Hochwasserberechnung geht es vor allem darum, mögliche extreme Feststofffrachten einzuschätzen, um Projektierungen und Planungen darauf abstellen zu können. In der Praxis haben sich zu diesem Zwecke verschiedene Verfahren und Faustformeln eingebürgert (IKEYA 1979). Eine aktuelle übersichtliche Zusammenstellung hat VAN DINE (1985) jüngst gegeben. Anlässlich des erwähnten Gefahrenzonen-Seminars der einschlägigen Universitätsinstitute Wiens und Kyotos (Japan) im Jahre 1980 wurde im Dürnbach auch ein Methodenvergleich durchgeführt, dessen Ergebnisse die Problematik sehr anschaulich beleuchten. Sie sollen im folgenden auch im Lichte der weiterentwickelten Formel für die Ermittlung extremer Wildbach-Feststofffrachten des Autors diskutiert werden.

Nach HAMPEL (1977, 1980) errechnet sich die Murenfracht eines unverbauten Wildbaches u.a. nach folgender Formel:

$$M = 150 \cdot E \cdot (J - 3)^{2,3}$$

wobei die Einzugsgebietsgröße (E) in km² und das Gefälle der Schwemmkegelspitze (J) in % einzusetzen sind. Die vereinfachte Formel gilt für inneralpine Wildbäche mit ausgeprägten Schwemmkegeln, wenn das Gefälle der Schwemmkegelspitze zwischen 4 bis 6 und 18% beträgt. Demnach beträgt die Murenfracht im unverbauten Dürnbach:

$$M = 150 \cdot 9 \cdot (12,5 - 3)^{2,3} = 239.386 \text{ m}^3.$$

Bei der Ermittlung der Gefahrenzonenplanung für die Gemeinde Neukirchen am Großvenediger (1975) wurde für den Dürnbach eine Murenablagerung von ca. 150.000 m³ in Rechnung gestellt (OFNER, persönl. Mitt.).

HEUMADER et al. (1982) ermittelten im Dürnbach das vorhandene, abfuhrbereite Feststoffpotential mit 76.000 m³ und nahmen an, daß 16.000 m³ Schwebstoffe schadlos abtriften und der Rest im Stauraum der Schlitzsperre abgelagert werden würde. Die Gefahrenzonung erfolgte in diesem Falle nach den am Schwemmkegel bei Bachausbrüchen möglichen neuerlichen Erosionen und Geschiebeumlagerungen.

TAKEI et al. (1982) erhoben das Murenpotential im Dürnbachgraben mit 220.000 m³. Die Transportfähigkeit des Baches, Murmassen bis zum Schwemmkegel zu verfrachten, wurde mit 180.000 m³ errechnet und die Rückhaltekapazität der Schlitzsperre mit 30.000 m³ angenommen. Für die Gefahrenzonung am Schwemmkegel verbleiben daher 150.000 m³, deren Vermurungslängen mit 650 bis 800 Meter errechnet wurden.

Die Einschätzung der im Extremfall möglichen Feststofffracht im Dürnbach läßt sich auch nach folgender Funktion nachvollziehbar errechnen (KRONFELLNER-KRAUS 1980, 1982, 1984):

$$GS = K \cdot J \cdot E$$

worin bedeuten:

GS = mögliche Feststofffracht von Einzelereignissen in m^3

E = Einzugsgebietsfläche, Dürnbach 9 km^2

J = Erosions- und Transportgefälle oberhalb des betrachteten Profiles, im Dürnbach 19%

K = Faktor für die torrentiell wirksame Abtragshöhe einer bestimmten Wildbachzone.

Die Formel ist dimensionsgerecht, denn das Frachtvolumen errechnet sich aus Fläche und Höhe, das Gefälle ist dimensionslos.

Der Torrentialitätsgrad (K) wird allerdings von verschiedenen Faktoren mitbestimmt. Es besteht unter anderem ein funktioneller Zusammenhang zwischen Geschiebepotential und Boden- und Erosionsschutz je nach Größe der Einzugsgebiete in Bezug zu den im Einzelfall tatsächlichen Erosionsflächen. Der Dürnbach liegt in der Wildbachzone II (Grauwackenzone, etc.) wofür zwei Grenzwerte in Betracht kommen,

a) für Bäche mit sehr großen Geschiebepotential mit

$$K = 1150/e^{0,014} \cdot E = 1014$$

b) im übrigen mit

$$K = 540/e^{0,008} \cdot E = 502$$

(e = Basis des natürlichen Logarithmus, 2,718; E als Verhältnis des gesamten Einzugsgebietes zu dem im Extremfall tatsächlichen Erosionsgebiet ($E_t = 1$) hier dimensionslos). Mit Rücksicht auf das große Geschiebepotential, aktiven Geschiebeherden, wie Talzuschüben, etc., gilt für den unverbauten Dürnbach die größere und für den voll verbauten Bach die kleinere Torrentialität. Nach dem derzeitigen Stand der Verbauung sind die ausgedehnten aktiven Geschiebeherde noch nicht gänzlich ausgeschaltet. Es wird deshalb eine partielle Wirksamkeit der Verbauung anzunehmen sein, womit die tatsächlich gültige Torrentialität des Dürnbaches zwischen den Extremen liegen dürfte. Damit errechnet sich

die Feststofffracht vergleichsweise

- für den unverbauten Dürnbach mit 173.000 m³
- und für den verbauten Bach mit 86.000 m³

Vergleicht man alle für den Dürnbach ermittelten Potentiale, Schutzwirkungen und Feststofffrachten ergibt sich das in der folgenden Tabelle dargestellte Bild:

Zusammenstellung der für den Dürnbach ermittelten Torrentialitäten nach Mur- oder Feststofffrachten in m ³			
Autor	Transport fähigkeit des Baches	Rückhalt (schadlose Abfuhr)	Fracht am Schwemm- kegel
Hampel			239.000
GZP., Ofner			150.000
Heumader et al.	76.000	76.000	-0-
Takei et al.	180.000	30.000	150.000
Kronfellner-Kraus	173.000	87.000	86.000

Die Zusammenstellung der für den Dürnbach ermittelten Feststofffrachten zeigt, welche große Auffassungsunterschiede sowohl bei der Erhebung des Potentials als auch bei Bewertung der Wirksamkeit der Verbauung bestehen (ICFL 1985, ISEDD 1985). Die Ergebnisse weiter gehender Erhebungen mögen zu einer Klärung beitragen.

Nach den in den Jahren 1983 bis 1985 in Österreich fortgesetzten Katastrophenuntersuchungen ist die Wirkung von Verbauungsmaßnahmen in der Weise zu erkennen, daß die in verbauten Bächen tatsächlich aufgetretenen extremen Feststofffrachten den niedrigeren (K) Werten der jeweiligen Wildbachzone entsprechen. Eine weitergehende Verminderung der Torrentialität oder Wildbachlichkeit ist nicht sicher feststellbar (KRONFELLNER-KRAUS 1986).

Tatsächlich werden durch Verbauungen meistens nur akute Geschiebeherde ausgeschaltet, die einer gesteigerten Wildbacherosion

unterliegen. Diese Maßnahmen sind meistens nur auf kleine Gebietsteile (Bachstrecken) beschränkt. Die übrigen Einzugsgebietsflächen bleiben unverändert und können bei anderen Ereignissen erodiert werden. Es bleibt daher immer ein Restrisiko bestehen. Im Dürnbach wird man auch die Möglichkeit berücksichtigen müssen, daß Murströme die Schlitzsperre zu erheblichen Teilen passieren, wie dies auch an anderen Stellen bereits beobachtet wurde (SCHILCHER 1973). Auch ein Versagen überalteter Verbauungen ist selten auszuschließen (AULITZKY 1970, HOFMANN 1973). Es erscheint daher berechtigt, bei der Beurteilung der Wirksamkeit der Verbauung Vorsicht walten zu lassen. Der Instandhaltung der vorhandenen Verbauungsanlagen und der pflegerischen Bodennutzung im übrigen Einzugsgebiet kommt deshalb stets besondere Bedeutung zu.

In der praktischen Gefahrenzonung wirken sich die gefundenen Differenzen in der Ermittlung der Feststofffrachten allerdings nicht sehr aus. Nach Murablagerungen muß auch die Bildung neuer Erosionsrinnen und neuerlicher Geschiebeumlagerungen bedacht werden (ÜBLAGGER 1975, ZELLER 1972, KRONFELLNER-KRAUS 1984). Die Differenzen auf der einen können sich auf der anderen Seite wieder ausgleichen. Auf die Probleme der Gefahrenzonung selbst kann hier aber nicht weiter eingegangen werden (ÖROK 1986). Die Auswirkungen auf das Verbauungskonzept sollen im folgenden aber eingehender besprochen werden.

1.4.2 Z u r B e m e s s u n g v o n M u r p r o f i l e n

In dem über 25% steilen Grabeninneren sind neben dem Hochwasserabfluß auch die Feststofftransporte zu berücksichtigen. Der Geschiebe- und Feststofftransport kann vor allem bei größeren Geschiebeeinstößen zu sehr voluminösen Murströmen führen. Tatsächlich haben sich die vorhandenen Sperrenabflußsektionen im oberen Bereich als zu klein erwiesen. Als konkrete Beispiele

seien die Abflußsektionen der Gitterrostsperr mit 15 m^2 Profilsfläche und die der sog. Pfeilersperre mit 11 m^2 angeführt, die, wie Spuren zeigten, über beide Flügel hinaus überströmt wurden.

Nimmt man mit Rücksicht auf die Feststoffbeimengungen das Murstromvolumen (HQ_{GS}) mit der zweifachen, geschiefbefrei gemessenen Hochwassermenge ($HQ = 11,6 \text{ m}^3/\text{s}$) an, errechnet sich die Wassergeschwindigkeit (v_{GS}) für die voll überflutete Abflußsektion (F) der Gitterrostsperr (15 m^2) mit:

$$(v_{GS} = HQ_{GS}/F = 2 \cdot HQ/F = 2 \cdot 11,6/15 =) 1,6 \text{ m/s}$$

Diese Murstromgeschwindigkeit (v_{GS}) kommt den von RUF ermittelten Hochwassergeschwindigkeiten und auch nach JAEGGI ermittelten Rechenwerten nahe. Sie entspricht auch in etwa der Wassergeschwindigkeit beim Überfall einer unverlandeten Sperr nach AUTENHEIMER, nach welcher Formel die ursprüngliche Abflußsektion lt. Verbauungsprojekt 1959 berechnet wurde.

Bei der Neubemessung von Sperrabflußsektionen wird man die genannten Gesichtspunkte, größeres Murenvolumen und herabgesetzte Fließgeschwindigkeit, trotz der bestehenden Unsicherheiten in den möglichen Annahmen, wenigstens näherungsweise berücksichtigen (ZELLER 1982). Im Dürnbach würde dies etwa bis zu 50% größeren Abflußsektionen in der Sperrentreppe führen. Diese Vergrößerung kann auch durch entsprechend steilere Flügelanzüge über die engere Abflußsektion hinaus erfolgen, wie dies zum Teil bereits auch geschehen ist (Meßsperr, hm 29,98, Abb. 41).

1.4.3 Z u m V e r b a u u n g s k o n z e p t

Allgemeines

Im Dürnbach ist die Erosion weit fortgeschritten. Der Bach hat einen tiefen V-förmig eingeschnittenen, zum Teil schluchtartigen Graben gebildet. Die Grabenflanken sind insbesondere am Hangfuß übersteilt und über 3 km² in Bewegung geraten. Durch die so entfachten Talzuschübe wird anstehender Fels entfestigt und als leicht erodierbares zerrüttetes Gestein zum Bach geschoben oder gelangt in Form von Steinschlägen, Felsstürzen und Rutschungen in den Bach (ABELE 1974, CLAR 1965, 1971, FÜRLINGER 1972, ZISCHINSKY 1967). Die plötzlichen Materialeinstöße erhöhen die Murenfracht infolge Durchbruchs gestauter Wassermassen (STINY 1910).

Zum Zeitpunkt des Beginnes der Verbauung waren Feststoff- und Geschiebeführung zum Schwemmkegel so groß, daß trotz Sperrenbauten eine 4,5 Hektar große Mulde bereits mit Murmaterialien ausgefüllt war, als diese projektsgemäß zu einem Ablagerungsplatz ausgestaltet werden sollte. Unverbaute Anbrüche vermögen nachhaltig auch bei mittleren Hochwassereignissen in katastrophalem Maße Feststoffmengen zu liefern (KRONFELLNER-KRAUS 1975). Man mußte sich deshalb 1933 zu einer Projektsänderung entschließen. Der Tallauf wurde verlegt und reguliert und Geschieberückhalt und Konsolidierung der Geschiebeherde im Graben beschleunigt. Aggressive Wässer und die besonderen Beanspruchungen der Verbauungswerke durch Gebirgsdrucke bei gleichzeitig fortgesetzten Geschiebeanfall erzwangen vorzeitige Erneuerungen beschädigter Sperren und weitere Ergänzungsmaßnahmen. Eine Verbauungsfortsetzung ist derzeit vor allem zur Konsolidierung noch labiler und neu entstandener Geschiebeherde in der Haupterosionsstrecke als auch zur weitergehenden Geschiebeablagerung am Schwemmkegel erforderlich.

Zur schadlosen Geschiebeablagerung am Schwemmkegel:

Wie die Gegenüberstellung der für den Dürnbach am Schwemmkegel noch für möglich gehaltenen Feststofffrachten zeigt, bestehen nicht nur große Auffassungsunterschiede hinsichtlich des ermittelten Feststoffpotentials, sondern auch hinsichtlich der Wirksamkeit der vorhandenen Verbauungen. Tatsächlich haben sich in der sechzehnjährigen Beobachtungszeit die Schlitzsperre in hm 21,90 als relativ durchlässig und der Schotterfang als relativ klein erwiesen. Die diese Werke passierenden Geschiebemengen kamen dann im unteren flachen Bereich der Tallaufregulierung vor der Mündung in die Salzach zur Ablagerung. Um möglichen Nachteilen vorzubeugen, empfiehlt es sich daher, den Schotterfang von hm 15,26 aufwärts, wie ursprünglich geplant, auszubauen und/oder einen weiteren neuen Schotterfang am unteren Ende des Schwemmkegels vor der Flachstrecke einzuschalten (WEBER 1967, ZOLLINGER 1986).

Zur Konsolidierung der Haupterosionsstrecke:

Diese Strecke ist heute von der sog. Steinersperre (hm 26,5) bis zur großen Blaike (hm 36 bis hm 38) mit etwa 30 Sperren weitgehend abgetrept. Bei dieser Sperrenfolge hat man ein einheitliches durchgehendes Gefälle von über ca 25% angestrebt und realisiert (FDWL 1959-1972). Dies hat den Vorteil, daß man mit relativ einheitlichen Sperrenabständen eine durchgehend gleichartige Abstützung der Hänge erreicht und mit relativ niedrigen Werkshöhen die besonderen Beanspruchungen vermindert. Im Verlaufe der Erhaltungs- und Ergänzungsarbeiten hat man einige beschädigte Sperren an derselben Stelle und in derselben Höhe erneuert, andere zu tief liegende Sperren erhöht oder auf diesen neue Sperren aufgesetzt, oder überhaupt neue Querwerke eingeschaltet. Dadurch sind örtlich auch größere Unterschiede hinsichtlich Sperrenbreite und Gesamtverlandungshöhen entstanden.

Die nunmehr über ein Jahrzehnt durchgeführten Bewegungs- und Beanspruchungsmessungen zeigen, daß die gesamte Sperrentreppe um

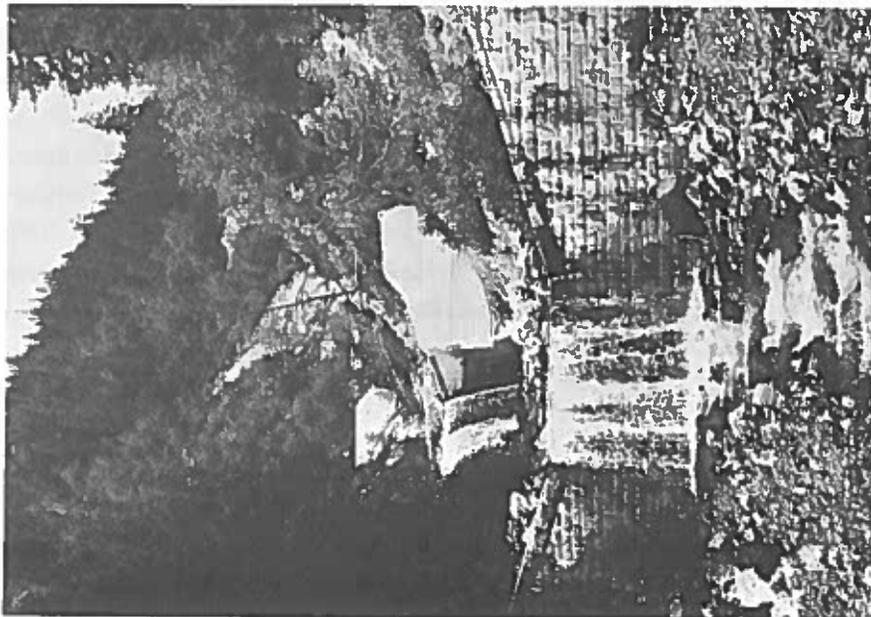


Abb. 39: Verlegung der Bachabflußprofile ober der Steinsperre in hm 32,80 (XVI) durch linksufrige Rutschungsmaterialien



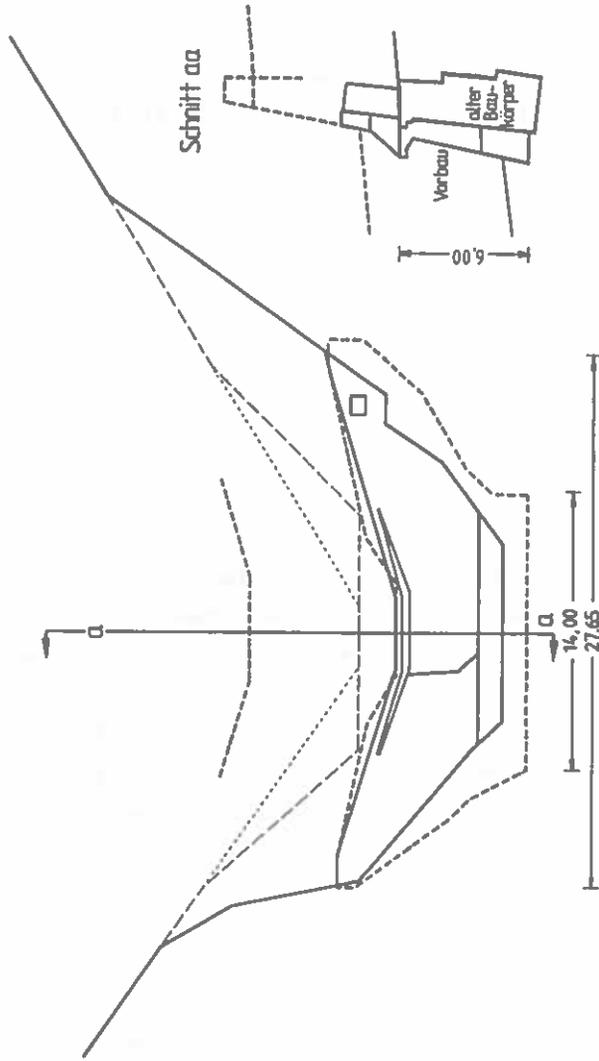
Abb. 40: Bachverlegung im Bereich der "großen Blaike", bei Sperre in hm 36,23

Zentimeter allmählich angehoben und im allgemeinen westwärts verschoben wird. Nur im Bereich der Schlucht und der großen Blaike kommt es zu einer ostwärtigen Bewegung. Die Hangbewegungen sind aber vor allem dort für die Verbauung am schädlichsten, wo die Bachquerprofile noch schluchtartig eng oder die Geschiebeanlandungen hinter den Sperren noch relativ niedrig sind. Dies ist insbesondere im Bereich vor und am Eingang der Schlucht von hm 29 bis hm 30,5 der Fall. Hier sind insbesondere die Unterschiede zwischen Zuschub (Konvergenz) der frei beweglichen Hänge oder Bauwerksglieder gegenüber der Kompression fester durchgehender Querwerke am größten.

In den Engstellen der Schlucht, etwa ab hm 30 aufwärts und ober der Schlucht ab hm 33 und insbesondere im Bereich der großen Blaike von hm 36 bis hm 38 werden die Abflußprofile durch Rutschungsmaterialien verlegt (Abb. 39 und 40). In diesen verengten Profilen ist die Unterwühlung der Hänge noch im Gange. Auch wenn die Talzuschübe und Hangbewegungen wahrscheinlich nicht allein durch Verbauungsmaßnahmen im Bach gänzlich zum Stillstand gebracht werden können, gilt es dennoch in diesem Bereich übermäßige Feststoffeinstöße in den Bach und Blockierungen der Abflußprofile zu verhindern. Dazu ist noch eine weitere Hebung und Verbreiterung der Bachsohle über die bisherige Kronenlinie erforderlich. Die Hebung soll zu diesem Zweck und nach und nach so hoch erfolgen, daß sich die Hänge natürlich abböschern und Hochwässer in der gewünschten Breite und mit verringerter Fließtiefe, also mit verringerten Erosionskräften abfließen können. Für den Bereich der Meßsperre in hm 29,98 würde, unter Berücksichtigung der anzustrebenden Hangböschungen, die neu erforderliche Sperrenhöhe etwa 7-8 m betragen (Abb. 41). Die für die Sohlenhebung benötigte Geschiebemenge ist reichlich vorhanden (siehe Feststoffbilanz, Abschnitt 1.2.2).

Es empfiehlt sich, die Hebung bei den bisher zu stark beanspruchten Sperren (hm 28,90 und hm 29,74) zu beginnen und bachaufwärts fortzusetzen. Die zu ersetzenden Querwerke kann man wie bisher als Basis für entsprechende Erhöhungen verwenden, wenn sie ihrerseits durch entsprechende Erhöhung der talseitigen Sperren

Abb. 41: Profile im Bereich der Messperre in hm 29,98 mit der zur Erlangung natürlicher Hangböschungen erforderlichen "Aufstockungshöhe" der Sperrenstaffelung



Wenn größere Bodenbewegungen zu erwarten sind kommen auch stärker verformbare Stahlsperren in Betracht, die auch bei anderen als zum Bach senkrechten Krafrichtungen in Zusammenhang bleiben. Die Stahlverwendung begünstigt die "offene" Bauweise, also Entleerungssperren, doch kann man solche Querwerke auch schließen. In Zusammenarbeit mit dem Voest Alpine-Werk Zeltweg wurden zwei Bautypen entwickelt und in verschiedenen Variationen, im Verein mit dem Wildbachverbauungsdienst im Dürnbach und anderen Bächen eingesetzt.

Die sog. Gitterrostsperre besteht aus einem mit waagrechten und senkrechten Fachwerkträgern gebildeten Trägerrost, welcher dreiseitig im Boden und den seitlichen Einbindungen gelagert wird. Die dreiseitige Lastabtragung erlaubt bei geringstem Materialaufwand die größte "Offenheit" vergleichbarer Bautypen. Konstruktion und wirtschaftlicher Anwendungsbereich werden durch die Spannweite bestimmt.

Die sog. Reihenkorb Sperre kommt den Anforderungen der Fertigteilbauweise in Stahl näher. Für die berg- und talseitigen Korbwände werden handelsübliche Streckenbögen mit Hutprofil verwendet, die mit ihren Krümmungen eine Zusammendrückbarkeit der Korbreihe (bis etwa $1/10$ der Länge) vorgeben. Die gemeinsamen seitlichen Zwischenwände der aneinandergereihten Körbe sind als Fachwerkträger ausgebildet. Mit einem Bodenrost und mit Gesschiebe vollgefüllt wirkt die Reihenkorb Sperre als Gewichtssperre. Sie kann aber auch direkt im Fels verankert sein, wie zum Beispiel im Hopfgartnerbach in Osttirol. Im Dürnbach wurden die Korbreihen als zusammenpressbare Mittelteile zwischen Betonflügeln eingebaut. Im Hopfgartnerbach besteht die Sperre zur Gänze aus Stahlkörben.

Alle flexiblen Sperren haben den bisherigen Beanspruchungen standgehalten und die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt. Auch die offensten Konstruktionen sind bei Hochwässern natürlich verlandet, vor allem durch Verlegung der Öffnungen mit Wildholz. Im Dürnbach waren die größten Öffnungen etwa $0,5 \text{ m}^2$ und bei der Gitterrostsperre im Kirchbachgraben in Kärnten sogar $4,4 \text{ m}^2$.

Die beim Bau der Stahlsperren ermittelten Material-, Leistungs- und Kostenwerte ermöglichen nunmehr auch genauere Vorkalkulationen und Variantenstudien. Vergleichsweise sind flexible, deformierbare Stahlsperren zwar aufwendiger als konventionelle, auf Erddruck bemessene Konsolidierungssperren, etwa kostengleich mit auf Wasserdruck berechneten Geschiebestausperren aus unbewehrtem Beton oder Mauerwerk, aber kostengünstiger als die gegen Talzuschub notwendigerweise stark armierten Stahlbetonsperren. Deformierbare Stahlsperren sind besonders in steilen Bächen angebracht und wenn Hangbewegungen anders als senkrecht zum Bach gerichtet sind und die Konstruktionen trotz Verschiebungen im Zusammenhang bleiben sollen.

Durch die Verwendung handels- und im Bergbau üblicher Streckenbögen, sowie Vorfertigung wurden Prototypen geschaffen, die bei größeren Katastrophen auch von ungelerten Arbeitskräften schnell eingebaut werden können. Sie fügen sich im verlandeten Zustand auch gut in das Landschaftsbild ein, denn sie sind weniger auffällig als Betonsperren.

1.5

Z U S A M M E N F A S S U N G

Im Dürnbach in Neukirchen am Großvenediger im Oberpinzgau, Salzburg, mit einem 9 km² großen Einzugsgebiet, wurden zwischen 10 und 16 Jahren Niederschläge, Abflüsse und Talzuschübe gemessen, deren Auswirkungen, Erosionen und Sedimentationen untersucht und verbauungstechnische Fragen studiert. Der gegenständliche Bericht befaßt sich insbesondere mit der Wildbacherosion und Feststofffracht sowie mit geotechnischen Messungen als Grundlage für die Verbauungsfortsetzung und mit der Erprobung offener, deformierbarer Wildbachsperren.

Zunächst wird die Schadens- und Verbauungsgeschichte dargestellt und die gegenwärtige Problematik aufgezeigt. Der Bach hat einen tiefen, zum Teil schluchtartigen Graben ausgebildet, indem die beidseitigen Einhänge (3 km^2) in Bewegung geraten sind. Die Verbauung ist zwar bereits weit fortgeschritten, doch sind die Talzuschübe noch nicht gänzlich beruhigt. Nach der 16jährigen Feststoffbilanz betrug die Feststoffspende $180 \text{ m}^3/\text{km}^2$ jährlich. Bei extremen Ereignissen ist mit der Mobilisierung der periodisch angefallenen und im Bachbett verbliebenen Feststoffe (ca. $300 \text{ m}^3/\text{km}^2$ jährlich) sowie mit zusätzlichen Geschiebeeinstößen zu rechnen. Die Ermittlung der im Extremfall im Dürnbach möglichen Feststofffrachten, in der Größenordnung zwischen 90 und 150 tausend Kubikmeter, wird an Hand eines Methodenvergleiches diskutiert. Für die Frage der Einschätzung der Wirksamkeit von Verbauungsanlagen werden auch neue Ergebnisse weitergehender Katastrophenuntersuchungen mit herangezogen.

Der Geschiebetransport ging im Graben zum Teil murstrom- und wanderwellenartig vor sich. Es werden die Auswirkungen für die Bemessung der Sperrenabflußsektionen besprochen. Die Feststoffablagerungen in der Sperrentreppe waren kurzfristig umfangreicher als die Ablagerungen im Stauraum der Entleerungs- oder Schlitzsperre vor dem Grabenausgang. Die verschiedenen Untersuchungen, die Ermittlung des Feststoffpotentials, die Erosion-, Geschiebe-, Geländebewegungs- und Werksbeanspruchungsmessungen liefern Entscheidungshilfen für die Fortsetzung der Verbauung: ergänzende Vorkehrungen für eine weitergehende Geschiebeablagerung am Schwemmkegel, als auch Maßnahmen gegen die anhaltende Wildbacherosion im Grabeninneren. Dort verengen in bestimmten Bereichen aktive Geschiebeherde, Talzuschübe, Rutschungen und Felsstürze noch immer die vorhandenen Durchflußprofile. Um diese Abflußprofile in der erforderlichen Breite zu erhalten und gleichzeitig die natürliche Abböschung der Grabenhänge zu ermöglichen, ist streckenweise noch eine weitergehende Hebung der Bachsohle mit Konsolidierungswerken erforderlich. Die dafür benötigten Querwerke werden von Gebirgsdrücken umso weniger beansprucht, umso mehr sie in den von ihnen zurückgehaltenen Alluvionen und sekundären Hangböschungen fundiert werden können.

In Zusammenarbeit mit dem Voest-Alpine-Werk Zeltweg wurden offene, deformierbare Stahlsperren entwickelt und in verschiedenen Ausführungen im Dürnbach und in anderen Bächen eingesetzt. Konstruktion, Funktion und Bewährung dieser Gitterrost- und Reihenkorbperren werden ausführlich besprochen. Die ermittelten Material-, Leistungs- und Kostenwerte ermöglichen nunmehr auch genauere Kalkulationen für diese neuen Bautypen. Vergleichsweise waren Stahlsperren aufwendiger als konventionelle, auf Erddruck bemessene Konsolidierungssperren, etwa kostengleich zu konventionellen, gegen Wasserdruck berechneten Geschiebestausperren, aber kostengünstiger als die gegen Talzus Schub notwendigerweise stark armierten Stahlbetonsperren.

S U M M A R Y

(THE DÜRN BACH IN OBERPINZGAU DISTRICT AND THE PROBLEMS OF TECHNICAL CONTROL)

In the Dürnbach (Barrenbrook), with a 9 km² sized drainage basin in the community Neukirchen am Großvenediger, Oberpinzgau district, Salzburg province, during 10 to 16 years precipitation and discharge, torrent erosion, bed load transport and sedimentation were measured and control measures were studied. This paper mainly deals with torrent erosion and sediment regime as well as geotechnic investigations as a basis for the continuation of the further torrent control work including tests with open and flexible check dams in particular.

To begin with the brook's history is described in detail regarding damages and hitherto torrent control and the present problems are introduced. The brook eroded a deep ravine partly canyon-like so that both slopes (3 km²) came into movement. The whole torrent control work is indeed far advanced but the valley narrowing by mass creep in rock couldn't yet be brought to a

complete standstill. According to 16 years investigation the specific sediment yield was approx. $180 \text{ m}^3/\text{km}^2$ and year. In exceptional cases one has to connect the mobilization of the masses of debris which periodically came and remained in the brook bed (approx. $300 \text{ m}^3/\text{km}^2$ and year) and other additional masses of sediments (from new landslides and so on). The different methods of assessment of such sediment yields possible in catastrophic cases, in the order of magnitude of 90 to 150 thousand cubic-meters, are discussed and compared in detail. Evaluating such catastrophic sedimentations for the assessment of the effectiveness of control works the results of other investigations of catastrophic events are also taken into consideration.

The bed load transport within the ravine happened partly as debris flows and partly in form of batches. The sedimentation within the stretch of the chain of check dams briefly were greater than in the debris basins below at the outlet of the ravine. The necessary conclusions to calculate the spillways of the check dams for the water and for the debris flows are described. The different investigations, the assessment of the sediment yield as well as the results of the different hydro- and geotechnical measurements deliver fundamentals for plannings of the continuation of the torrent control work, such as: additional debris basins on the alluvial fan as well as measurements against the continuous torrent erosion within the ravine. There, in some stretches of the ravine, active erosion scars at the toe of the oversteepened and/or undercut and therefore creeping slopes deliver not only new masses of debris again and again but also narrow and jam the waterways. In order to keep the brook bed a sufficient size, and at the same time to enable naturally-inclined slopes, a further elevation of the creek's bed is necessary by further raising of some check dams. The mountain pressures on these check dams (caused by the creeping slopes) lessen, the more the check dams can be founded in alluvions retained by themselves or by more gently inclined slopes.

New open and flexible dams were developed in cooperation with the Voest-Alpine-AG plant Zeltweg, Styria, and they were tested

in different forms in Dürnbach and in other brooks. The construction, functions and experiences with the different lattice and row-of-basket dams are discussed in detail. The investigated data concerning material used, working methods and working capacity as well as costs, now allow more exact calculations for these new types of dams. The steel dams were comparably more expensive than conventional check dams calculated against earth pressure, approximately equal to sediment storage dams calculated against water pressure but less expensive than check dams strongly reinforced against mountain pressure.

R É S U M E

(LE DÜRNBAACH DANS LE DISTRICT DE OBERPINZGAU ET LES PROBLEMES TECHNIQUES DE SES OEUVRES DE DEFENSE)

Dans le Dürnbach (torrent sec) à Neukirchen, au pied de la montagne Großvenediger (Oberpinzgau, Salzbourg, Autriche), avec un bassin versant de 9 km², pendant 10 à 16 années on a mesuré les précipitations, le débit d'écoulement et les rétrécissements de vallée, afin d'étudier leurs effets, l'érosion et la sédimentation et de tirer des conclusions pour la construction des défenses. Le présent rapport traite principalement de l'érosion torrentielle et du débit solide, ainsi que des mesurages géotechniques comme base pour continuer les oeuvres de défense et des essais avec les barrages torrentiels ouverts et flexibles.

D'abord nous allons décrire l'histoire des dommages et des défenses et expliquer les problèmes actuels. Le ruisseau a formé un ravin profond, comme une gorge, parce que les pentes des deux côtés (3 km²) se sont mises en mouvement. Bien que les constructions aient fait déjà de grands progrès, les rétrécissements de vallée ne se sont pas encore arrêtés tout à fait. Selon le bilan du charriage pendant 16 années, le débit solide spécifique était

de 180 m³/km² par an. Dans des cas exceptionnels, il faut prévoir la mobilisation des solides périodiquement apportés et restés dans le lit du ruisseau (env. 300 m³/km² par an), ainsi que des matériaux charriés additionnels par des glissements de terrain etc. Nous discutons les possibilités de déterminer le maximum de débit solide possible dans le ruisseau Dürnbach en cas de catastrophe, de l'ordre de 90 à 150 mille mètres cubes, moyennant la comparaison des méthodes. Pour évaluer l'efficacité des correction torrentielles, on cite aussi les nouveaux résultats d'investigations plus amples sur les catastrophes.

Le charriage dans le ravin se faisait en partie comme une coulée de lave et en partie par ondes progressives. On parle des conséquences pour le dimensionnement des sections de cuvettes. Dans certains moments, la sédimentation dans l'échelle de barrages était supérieure que devant la sortie du ravin. Les différentes recherches, la détermination de la torrentialité, le mesurage des efforts par l'érosion, le charriage, les glissements de terrain et par les défenses elles-mêmes fournissent des éléments d'évaluation pour la poursuite des oeuvres de correction: mesures de prévention pour la sédimentation ultérieure de débris au cône d'alluvions, mais aussi mesures contre la continuelle érosion par le torrent à l'intérieur du ravin. Dans ces endroits, les sources actives du débit solide, les rétrécissements de vallée, les glissements et les éboulements de roches réduisent toujours la section restante du chenal. Pour maintenir la largeur nécessaire de ces sections d'écoulement et pour faciliter en même temps le talutage naturel des pentes du ravin, dans certains endroits il faut rehausser davantage le fond du ruisseau par des oeuvres de consolidation. Les ouvrages transversaux qu'il y faut construire, seront sujets à la poussée latérale, d'autant moins qu'ils puissent être fondés dans les alluvions et les pentes secondaires retenues par ces constructions.

En co-opération avec l'usine Voest-Alpine à Zeltweg (Autriche), on a développé des barrages flexibles à claire-voie en acier. De différents modèles de ces barrages ont été installés dans le Dürnbach et dans d'autres torrents. Il a y des rapports

détaillés sur la construction, le fonctionnement et les résultats obtenus avec ces barrages à grilles et à cages multiples. On a déterminé les valeurs de matériel, de performance et du coût qui permettront le calcul plus exact pour ces nouveaux types de construction. Les comparaisons montrent que les barrages en acier sont plus coûteux que les barrages de consolidation conventionnels, dimensionnés pour la poussée du terrain, à peu près au même coût comme les barrages de retenue conventionnels, calculés contre la pression hydraulique, mais moins coûteux que les barrages en béton armé qui doivent être fort renforcés contre le charriage.

1.6

L I T E R A T U R

- ABELE, G.E., 1974: Bergstürze in den Alpen; Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Nr. 25, 230 S.
- AMPFERER, O., 1939: Über einige Formen der Bergzerreißung. Sitz.-Ber., Akad.Wiss. Wien, Math.naturwissen. Kl., Abt. I, 148, 1-14.
- AULITZKY, H., 1970: Der Enterbach (Inzing in Tirol) am 26. Juni 1969, Wildbach- und Lawinenverbau, 34, 31-66.
- 1986/87: Studienblätter zu der Vorlesung "Grundlagen der Wildbach- und Lawinenverbauung", Eigenverlag, Inst. WLV, Univ. für Bodenkultur, Wien.
- CLAR, E., 1965: Über den geologischen Gegensatz von Gestein und Fels, Mitt. Inst. Grundbau und Bodenmechanik, Techn. Hochschule Wien, 6, 41-53.
- 1971: Geologische Grundlagen der Murentätigkeit. Schriftenreihe Raumforschung - Raumplanung 11, Amt Kärntn. Landes-Reg., Klagenfurt.
- DEL-NEGRO, W., 1983: Geologie des Landes Salzburg. Schriftenreihe des Landespressebüros, Nr. 45.

EISBACHER, G.M. & CLAGUE, J.J., 1984: Destructive Mass Movements in High Mountains: Hazard and Management, Geological Survey of Canada, Paper 84-16.

FDWL:V: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Salzburg, Gebietsbauleitung Oberpinzgau: 1947: Ergänzungsprojekt über die Verbauung des Dürnbaches.

- 1959: Generelles Projekt über die Durchführung von vorbeugenden Maßnahmen
- 1972: Kollaudierungsoperat Dürnbach, 1968-1970
- 1976: Ergänzungsprojekt II, Dürnbach
- 1981: Kollaudierungsoperat Dürnbach, 1971-1979

FÜHRLINGER, W.L., 1972: Talzuschub und Wildbachverbauung, Diss. Phil. Fak. Univ. Wien.

GSCHWENDTNER, A., 1970: Bericht über die Sommerstudienreise 1970 in Bad-Gastein - Böckstein - Niedersill - Neukirchen/Großvenediger. Wildbach- und Lawinenverbau, Sonderheft 1970.

Haiden, A., 1935: Bauerfahrungen über die Wildbachverbauung im Mittelpinzgau, Wasserwirtschaft und Technik, Wien 1/2 und 4/7.

HAMPEL, R., 1977: Geschiebewirtschaft in Wildbächen. Wildbach- und Lawinenverbau, 41/1, 3-34.

- 1980: Die Murenfracht von Katastrophenhochwässern, Wildbach- und Lawinenverbau 44/2, 71-102.

HÄRTEL, O. & P. WINTER, 1934: Wildbach- und Lawinenverbauung; Wien und Leipzig.

HEUMADER, H., et al. 1982: Hazard zone maps "Dürnbach". In: Takei und Aulitzky, eds: The report of Japanese Austrian joint research, "forecast of disaster-zone in mountainous regions", 1980-1981, Kyoto Univ., Sab. Eros, Control Research Bull. no. 1, 35-43.

HOFFMANN, L., 1969: Geröll und Geschiebe, Wildbach- und Lawinenverbau, 35/2, 65-75.

HOFMANN, F., 1973: Wildbachsperrren aus Holz, Stahlbetonbalken und Drahtkörbe unter besonderer Berücksichtigung des Holzschutzes. In: Kolloquium über Wildbachsperrren, Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. 102, 273-292.

- 1972: Die Hochwasserkatastrophen im Oberpinzgau in den Jahren 1970 und 1971; Wildbach- und Lawinenverbau, Sonderheft 1972.

HZB: Hydrographisches Zentralbüro Wien, Jahrbücher

- ICFL, 1985: Proceedings of IVth International Conference and Field Workshop on Landslides, 23.-31. August 1985, the Japan Landslide Society, Tokyo.
- IKEYA, H., 1979: Introduction to Sabo Works, Japan Sabo Society, Tokyo.
- ISED, 1985: Proceedings Intern. Symp. on Erosion, Debris Flow and Disaster Prevention, Japan Sabo Soc., 2.-5. September 1985, Tsukuba, Japan.
- JÄGGI, M., 1984: Bestimmung der Feststofftransportkapazität in Steilgerinnen, Internat. Symposium Interpraevent in Villach, Tagungspublikation, Band 1, 113-121.
- JEGLITSCH, F., & H. JELEM & W. KILLIAN & G. KRONFELLNER-KRAUS & I. NEUWINGER & R. STERN, 1975: Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Trattenbach, Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Heft 112.
- KELLERHALS, R. & D.I. BRAY, 1971: Sampling procedures for coarse fluvial sediments. Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 97. No. HY8, August, 1165-1180.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1970: Über offene Wildbachsperrren. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst., Wien, 88, 7-76.
- 1974: Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Talzuschub im besonderen. In: 100 Jahre Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 309-342.
 - 1975: Zur Geschiebebilanzierung, Internationales Symposium Interpraevent, Vol. 1, 49-61.
 - 1980 a: Forstliche und technische Maßnahmen unter extremen Bedingungen, IUFRO-Div.1-Congress, Thessaloniki - Athen, 245-257.
 - 1980 b: Neue Untersuchungen in Wildbächen - Der Talzuschub in Abhängigkeit von Niederschlägen, Intern. Symp. Interpraevent 1980, Vol. 1, 179-192.
 - 1982: Über den Geschiebe- und Feststofftransport in Wildbächen, Österr. Wasserwirtschaft, 34, 12-21.
 - 1984: Extreme Feststofffrachten und Grabenbildungen von Wildbächen, Internat. Symp. Interpraevent, Villach, Österreich, Vol. 2, 109-118.
 - 1985: Measurements and Control of Deep-seated Landslides (mass movements) in Austria; Proceedings ICFL; Tokyo, 93-98.
 - 1986: Neue Ergebnisse und Erfahrungen zur quantitativen Einschätzung von Wildbächen; XVIII. IUFRO-Congress in Ljubljana, Jugoslawien, Div.1, Vol.1, 165-177.

- KRONFELLNER-KRAUS, G. & I. NEUWINGER & G. RUF & H. SCHAFFHAUSER, 1982: Exkursionsführer für den Dürnbach. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst., Heft 144, 229-241.
- LAHNSTEINER, J., 1980: Oberpinzgau vom Krimml bis Kaprun, Selbstverlag, A. und M. Lahnsteiner, Hollersbach, Salzburg (3. Aufl.).
- NEUWINGER, I., 1980: Erwärmung, Wasserrückhalt und Erosionsbereitschaft subalpiner Böden. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, Heft 129, 113-144.
- NOBILIS, F., 1984/86: Die Hochwasserabflußverhältnisse an der oberen Salzach. Ms. 9 S.
- OFNER, G., 1977: Schadenursachen Talzuschub. Wildbach- und Lawinenverbau, 41/1, 39-42.
- ÖROK, 1986: Raumordnung und Naturgefahren, Österreichische Raumordnungskonferenz, Schriftenreihe Nr. 50, 134 S.
- PITSCHMANN, H. & H. REISIGL & H.M. SCHIECHTL & R. STERN, 1974: Karte der aktuellen Vegetation von Tirol 1:100.000, 4. Teil: Blatt 8, "Hohe Tauern und Pinzgau". Documents de Cartographie Ecologique, Vol. XIV, 17-32, Grenoble.
- RENEUVE, P., 1955: L'evolution de la technique de correction torrentielle, Revue Forestière Française, Nancy, 689-693.
- SCHAFFHAUSER, H., 1979: Beregnungsversuche auf Schipisten. Informationsdienst der Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 179. Folge in: Allgem. Forstzeitung.
- SCHILCHER, CH., 1973: Erfahrungsbericht über die Schlitzsperre im Litzbach in der Gemeinde Silbertal, Bez. Bludenz; In: Koll. über Wildbachsperrren, Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, Heft 102, 293-305.
- SEMRAD, E., 1952: Bericht über die Instandsetzungsarbeiten an der Geschiebestausperre I (Pokorny-Sperre) im Dürnbach (hm 21,54) in der Gemeinde Neukirchen am Großvenediger. Zeitschrift des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung Österreichs, Heft 2.
- STINY, J., 1910: Die Muren. Univ. Verlag Wagner, Innsbruck.
- 1931: Die Geolog. Grundlagen der Verbauung der Geschieberherde in Gewässern, Springer-Verlag, Wien.
 - 1941: Unsere Täler wachsen zu Geol. und Bauwesen, 13, 71-79.
 - 1952: Talzuschub und Wildbachverbauung, Geologie und Bauwesen 19, 135-137.
- STRELE, G., 1950: Grundriß der Wildbachverbauung, 2. Auflage, Springer-Verlag, Wien.

- TAKEI et al. 1982: The limitation of hazard zones on the alluvial fan of Dürnbach; In: Takei and Aulitzky eds.: The report of Japanese - Austrian joint research, "forecast of disaster zones in mountainous regions" 1980-1981, Kyoto Univ., Research Bull. no. 1, 26-34.
- ÜBLAGGER, G., 1975: Gefahrenzonenseminar in Flachau, Salzburg.
- VAN-DINE, D.F., 1985: Debris flows and debris torrents in the Southern Canadian Cordillera. Ca. Geotechn. J., Vol. 22. 44-68.
- VISCHER, D. & A. HUBER, 1979: Wasserbau, Hydrologische Grundlagen, Elemente des Wasserbaues, Nutz- und Schutzbauten an Binnengewässern, 2. Verb. Aufl. Berlin - Heidelberg - New York.
- WEBER, A., 1964: Wildbachverbauung. Abschnitt XIII, 483-528, In: Taschenbuch Landwirtschaftl. Wasserbau, hrsg. von UHLEN, Stuttgart.
- Weber, A., 1967: Die Zwischenakkumulation von Wildbachgeschiebe in Ablagerungsplätzen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Wien, 393-399.
- WILLOMITZER, A., 1948-1958: Techn. Bericht zum Verbauungsprojekt Triebenbach, sowie Ausführungsnachweise.
- ZELLER, J., 1972: Die Schwierigkeit einer technisch korrekten Festlegung der Wildbachgefahrenzonen; In: 100 Jahre Hochschule für Bodenkultur in Wien, Vol. 4/2, 169-186.
- 1982: Einige Hinweise zur Geschiebeführung von Wildbächen. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, Heft 144, 125-138.
- ZISCHINSKY, U., 1969: Über Bergzerreißung und Talzus Schub, Geol. Rundschau 58, 974-983.
- ZOLLINGER, F., 1986: Form und Volumen von Geschiebeablagerungsplätzen. Wasser, Energie und Luft, 78. Jhg., Heft 7/8, 145-150.

2. BÖDEN UND VEGETATION IM
OBEREN EINZUGSGEBIET DES
DÜRNBACHES IM OBERPINZGAU,
SALZBURG, UND IHR EINFLUSS
AUF DEN WASSERRÜCKHALT

Von Irmentraud Neuwinger

- 2.1 Arbeitsvorgang, Methodik
und Fragestellung
- 2.2 Die Verteilung der Boden-
und Vegetationseinheiten
im Relief des Einzugsge-
bietes
- 2.2.1 Relief- und Gesteinsfaktoren als Ursache für die
Bildung der Boden- und Vegetationseinheiten
- 2.2.2 Klimatische Ursachen der Bodenbildung
- 2.2.3 Wirtschaftliche Ursachen der Bodenbildung
- 2.3 Zum Wasserhaushalt der
Böden
- 2.3.1 Wasserrückhalt von Podsolen und Pseudogleyen als
Ursache für das Abflußgeschehen im Einzugsgebiet
- 2.3.2 Speicherung pflanzenverfügbaren Wassers bei Pod-
solen und Pseudogleyen
- 2.4 Bioelementvorrat
- 2.5 Diskussion der Ergebnisse
- 2.5.1 Die Bodenkartierung
- 2.5.2 Untersuchungen zum Wasserhaushalt des Einzugs-
gebietes
- 2.5.3 Eignung der Kartierungseinheiten für Aufforstungen
- 2.6 Zusammenfassung
Summary
Resumé
- 2.7 Literatur
- 2.8 Beilagen

2. BÖDEN UND VEGETATION
IM OBEREN EINZUGSGEBIET DES
DÜRNACHES IM OBERPINZGAU,
SALZBURG, UND IHR EINFLUSS AUF
DEN WASSERRÜCKHALT

von
Irmentraud Neuwinger

Technische Mitarbeit:
Gerhard Heiss, Paula Hörting

2.1 ARBEITSVORGANG, METHODIK
UND FRAGESTELLUNG

In den Jahren 1974 und 1975 wurden im oberen Einzugsgebiet des Dürnbaches vom Bereich der Steineralm bis zur Geigenscharte Untersuchungen für eine kombinierte Boden- und Vegetationskarte gemacht und 1980/81 ergänzt.

Die Geländearbeiten begannen mit der Aufnahme von Böden und Vegetation in den durch das Relief vorgezeichneten Einheiten. Je Geländeeinheit wurden mehrere Sondierungen mit dem Bohrstock vorgenommen und dann für jede Bodeneinheit mindestens zwei Profile angelegt. Von diesen Profilen wurden dann horizontweise lose und in natürlicher Lagerung die Proben für die Laboruntersuchungen entnommen.

Die Laboruntersuchungen bestanden aus den Ermittlungen der Kennwerte des Wasserhaushaltes nach SCHLICHTING und BLUME (1966), ergänzt nach CZELL (1967) und NEUWINGER (1980 und 1982); ferner aus Körnungsanalysen durch kombinierte Sieb- und Pipettmethoden, Kohlenstoffbestimmung aus organischer Substanz über den Glühverlust, Bestimmung von N, P, K, Ca im nassen Aufschluß (NEUWINGER und SCHINNER 1980).

2.2 DIE VERTEILUNG DER BODEN- UND VEGETATIONSEINHEITEN IM RELIEF DES EINZUGSGEBIETES

Im oberen Einzugsgebiet des Dürnbaches gehören die Böden vom Bachgrund bis zu den begrenzenden Kämmen vorwiegend der Podsolserie an, die an den Wasserläufen und ihren Quellgebieten in hydromorphe Serien übergeht.

In tieferliegenden südlich exponierten Waldgebieten sind auf flachgründigem Verwitterungsmaterial Übergänge von Podsolen zu sauren Braunerden festzustellen, die durchwegs von Hang- und Tagwasserstau überprägt sind.

Die Karte zeigt die Verteilung der Podsolserien im Gelände. Die Ursachen der Aufgliederung dieser Boden- und Vegetationseinheiten liegen in erster Linie im Aufbau und in der Zusammensetzung der Gesteine; weitere Ursachen der Formenvielfalt sind die früh begonnenen Nutzungen des Gebietes durch Almwirtschaft und Bergbau, die den zunehmenden Waldrückgang einleiteten.

2.2.1 R e l i e f - u n d G e s t e i n s - f a k t o r e n a l s U r s a c h e f ü r d i e B i l d u n g d e r B o d e n - u n d V e g e t a t i o n s e i n h e i t e n

Nach FÜRLINGER (im gleichen Band) ist im Gebiet des Dürnbaches ein starker Talzuschub zu beobachten, der am linken Einhang durch Zerklüftungen und Bergzerreißung, am rechten Einhang durch hangparallele Abrisse der Gesteinsschichten und vermutlich auch durch Sackung glazial geformter Schuttmassen verursacht wird.

Diese geomorphologischen Unterschiede bewirkten die charakteristische Ausbildung des Reliefs und seiner Boden- und Vegetationseinheiten und beeinflussten vor allem die Wasserführung:

Auf der rechten Talseite begünstigen die hangparallelen Gesteinsschichten und die fest verkeilten Schuttmassen der Kare den anhaltenden Stau der Schmelz- und Niederschlagswässer und somit die Entstehung von Stagnogleyen, Anmooren und Mooren mit hydro-morphen Vegetationseinheiten in flachen Geländeabschnitten. Auf stärker geneigten Flächen bildeten sich infolge der steten, kleinräumigen Rutschungen bei Bodenwasserüberschuß mittel- bis tiefgründige Pseudogleykolluvien unter grasreichen Zwergstrauchheiden.

Der linke Einhang des Baches ist durch tief zerklüfteten Fels geprägt: hier wird die Wassersickerung wenig behindert, sodaß tiefgründige Böden der Podsolserie unter dichten, moos- und flechtenreichen Zwerstrauchheiden entstehen konnten. Nur in einigen Rinnen und mit Verwitterungsmaterial gefüllten Klüften dominieren auch hier die Staunässeböden.

Die Profile der meisten Podsole zeigen stockwerkartige Überlagerungen, die durch tiefreichende Rutschungen großer Bodenschollen zustande kamen. Diese Rutschungen sind vermutlich darauf zurück-

zuführen, daß es im Abstand von längeren Zeiträumen wiederholt zu Wasserübersättigung der feinsandigen schluffigen Mineralhorizonte kam, wenn Starkniederschläge oder Schmelzwässer Feuchteüberschuß verursachten, siehe auch RUF im gleichen Band und KRONFELLNER-KRAUS et al. (1982). Eine weitere Ursache der Bodenstörung sind Murlawinen, die in dem überaus steilen Gelände im Spätfrühling abgehen und ihre Bahn mit feinsandig-schluffigem Material überziehen; diese, das Podsolprofil unterbrechenden Lagen, die auf Rutschungen oder Murlawinen zurückgehen, wurden in den Profilen (Bilder 1-7) mit dem Buchstaben M gekennzeichnet, nach einem Vorschlag der deutschen ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE (1982).

Die Mächtigkeit der zwischen den M-Lagen befindlichen Horizonte läßt den Schluß zu, daß die Ereignisse in großen Zeitabständen stattfanden.

Die Verschiedenartigkeit der Bodenbildung auf beiden Bacheinhängen ist nach den vorliegenden Untersuchungen auf die beschriebenen geomorphologischen Verhältnisse und nicht auf die Körnung des Ausgangsmaterials zurückzuführen, denn es konnte bei allen vorkommenden Bodentypen eine breite Streuung im Bereich schluffig-lehmiger Sande und lehmiger Schluffe festgestellt werden, siehe die Bilder 8, 9. Nach FÜRLINGER (1971) gehören die Gesteine durchwegs der Masse der "Steinkogelschiefer" an, einer Serie von Granatphylliten, Granatquarziten und Quarziten. Dieser Komplex liegt schüsselförmig auf Quarzphyllit, der im Norden und Süden zutage tritt. Am Taubenstein, im unteren Bereich des Einzugsgebietes stehen kleine Marmorzüge an. Die Böden des kartierten Gebietes im oberen Bacheinzugsbereich stehen also auf sauer verwitternden Gesteinen an, welche die Podsolierung begünstigen.

2.2.2 Klimatische Ursachen der Bodenbildung

Die Podsolierung der Böden ist nicht nur auf das sauer verwitternde Ausgangsgestein, sondern auch für das kühlfeuchte Klima der subalpinen Region zurückzuführen. Böden der Podsolserie sind bis in die Kambereiche über 2000 m ü.M. festzustellen, die Hangexposition bedingt jedoch große Verschiedenheiten bezüglich Gründigkeit und Ausbildung der Humushorizonte. In den sonnseitig exponierten Lagen von Südwest über Süd bis Ost wurden vorwiegend flachgründige braunerdeartige Humushorizonte von Podsolkolluvien gefunden, in welche oft Reste ehemaliger Bleichhorizonte eingeschlossen waren, in den Lagen von Nordwest über Nord nach Nordost fanden sich ab 1700 m ü.M. Böden der Podsolserie mit deutlichen organischen Auflagehorizonten. Es fand sich eine konsequente Deckung dieser Podsole mit dichten, moos- und flechtenreichen Zwergstrauchheiden, in den Südlagen (Südwest bis Südost) dagegen fehlte der Moos- und Flechtenunterwuchs, die Zwergsträucher bildeten einen lockeren Verband mit Gräsern und Kräutern (siehe die Pflanzenaufnahmen bei den Bildern 1-7). Die Ursache dieser Expositionsabhängigkeit, die ab etwa 1800 m ü.M. deutlich wird, dürfte die Schneeverfrachtung durch langanhaltende Bewindung aus den Nordlagen sein, wie dies auch im Ötztal und in den Hohen Tauern beobachtet wurde (NEUWINGER 1987, und im Druck): Eisenhumuspodsole unter moos- und flechtenreichen Zwergstrauchheiden fanden sich in den kühlen, schneearmen Nordlagen im Luv der Hauptwinde, lockere, grasreiche Zwergstrauchheiden über Podsolkolluvien in den warmen sonnseitigen Lagen mit langanhaltender Schneedecke, welche beim Abschmelzen starke Durchfeuchtung der Böden und oberflächliche Rutschungen kleiner Areale verursacht (NEUWINGER & CZELL 1959, NEUWINGER 1970, 1972, 1980, SCHIECHTL und NEUWINGER 1980).

2.2.3 W i r t s c h a f t l i c h e U r s a c h e n d e r B o d e n b i l d u n g

Der Zirbenmischwald, der die Klimaxform der alpinen Podsolbereiche darstellt, war im Gebiet nur bis etwa 1800 m ü.M. zu finden, Reste von Podsolprofilen, wie E- und B_s-Horizonte in Kolluvien jedoch bis über 2000 m. Auch im flachgeneigten Gelände der Unterburg-Hochalm fanden sich in der Umgebung felsiger Rundbuckel und glazialer Karreste neben Anmoorgleyen immer wieder pseudovergleyte Podsolreste. Auf anstehenden Felsköpfen in unmittelbarer Nachbarschaft dieser Anmoorgleye und Pseudogley-Podsole waren tiefgründige Auflagedecken von Podsolrankern - oft über einen Meter Mächtigkeit - festzustellen. Obwohl auf den Weideflächen sehr oft die Auflagehorizonte gestört und damit die Podsolierungsprozesse unterbrochen wurden, sind die verbleibenden Reste eindeutig ehemaligen Podsolen zugehörig, die eine früher weiter reichende Verbreitung der Zirbenwälder wahrscheinlich machen. Auf Grund dieser Bodenprofile kann angenommen werden, daß Zirbenbestände bis an die runden Kuppen des Stein- und Speikkogels sowie zu den flachen Graten des Frühmessers und Geigenkammes hinaufgezogen sind, denn überall dort fanden sich Reste von ockerfarbenen B_s- und B_h-Horizonten und Auswaschungslagen.

Der Waldrückzug dürfte, wie in anderen Gebieten auch, auf eine Verknüpfung klimatischer und wirtschaftlicher Ursachen zurückzuführen sein: vielleicht ist es neben der Almwirtschaft auch der im oberen Pinzgau sicher schon im frühen Mittelalter betriebene Bergbau, dem große Waldbestände zum Opfer gefallen sind.

Nach der Entwaldung haben wahrscheinlich die Klimaverschlechterung zu Beginn der Neuzeit und die im nun baumfreien Bereich allmählich um sich greifende Vernässung das Aufkommen von Jungwuchs verhindert. Ein genauer Zeitraum läßt sich aus den vorhan-

2.3.1 W a s s e r r ü c k h a l t v o n P o d s o l e n u n d P s e u d o g l e y e n a l s U r s a c h e f ü r d a s A b f l u ß g e s c h e h e n i m E i n z u g s g e b i e t

In den Bildern 10 A, B sind die Kennwerte "maximale" und "minimale Wasserkapazität" und die daraus errechnete Feldkapazität der Auflagehorizonte von 5 Podsolprofilen (O_{fh}) und der Humushorizonte (A_h) von 5 Pseudogleyprofilen dargestellt.

Als "maximale Wasserkapazität" wird der Wassergehalt der Böden bei sehr niedrigen Saugspannungen (4-10 hPa) angenommen; es sind bei diesem Wert auch große Poren bis zu 1000 μm Weite mit Wasser gefüllt, das in den Poren von 1000-60 μm dem schnell dränenden, in den Poren von 60-10 μm dem langsam dränenden Sickerwasser angehört. In den Poren von 10 μm steht bei einer Saugspannungsamplitude von 330 hPa bis $15 \cdot 10^5$ Pa (konventionelle Werte) den Pflanzen das sogenannte "Haftwasser" meist mehrere Wochen nach der Schneeschmelze oder einem ausgiebigen Dauerregen zur Verfügung. Sein unterer Grenzwert ist die "minimale Wasserkapazität" bei 10 hPa Saugspannung, sein oberer Wert die Saugspannung bei $15 \cdot 10^5$ Pa dem "permanenten Welkepunkt". Die "Feldkapazität" ist der Mittelwert von maximaler und minimaler Wasserkapazität; sie stellt sich kurz nach einem Niederschlag ein und hält etwa 3-4 Tage an. Der errechnete Wert liegt bei 170 hPa Saugspannung, der empirisch gefundene, der von der Bodeneigenschaften und dem unteren Wasserspiegel abhängt, zwischen 150 und 200 hPa. Die "Maximalkapazität" liegt bei den Podsol-Humuskörpern hier zwischen 71 und 83 Volumprozenten, bei den dichter gelagerten Humushorizonten der Pseudogleye und der Pseudogley-Podsolkolluvien zwischen 66 und 78 Volumprozenten. Für die minimale Wasserkapazität wurden nahezu gleiche Werte für beide Bodengruppen gefunden: 58-72 Vol% bei den Podsolen, 57-69 Vol% bei den Pseudogleyen; auch die Feldkapazität zeigte nur geringe Unterschiede. Da aus der Differenz zwischen Feldkapazität und maximaler Was-

serkapazität der "minimale Wasserrückhalt" oder die "Minimalretention" errechnet wird, ergab sich eine etwas höhere Rate für diesen Kennwert bei der Podsolgruppe: 6-7 mm (=Liter pro m²) für je 10 cm Horizonttiefe bei den Podsolen gegenüber 3-4 (5) mm bei Pseudogleygruppe. Die Podsole können also in ihren Humushorizonten je 10 cm Horizonttiefe 2-3 mm mehr Niederschläge aufnehmen als die Pseudogleye. Da die Podsole im allgemeinen sehr mächtige Auflagehorizonte mit hoher Porosität besitzen, ist der Unterschied bezüglich des Wasserrückhaltes beachtlich, wie aus den Bildern 1-7 hervorgeht.

Die Erodierbarkeit konnte mit Hilfe der Fließgrenzwert-Bestimmung im Labor ermittelt werden.

Die Fließgrenze ist jener Wassergehalt in Volumsprozenten, bei welchem der Boden vom plastischen Zustand in den breiigen übergeht und zu fließen beginnt. Obwohl die Methodik der Bestimmung den natürlichen Bedingungen nicht zu entsprechen scheint - der Boden wird gesiebt und wiederholt geknetet - sind die gefundenen Werte für extreme Bedingungen anwendbar: bei Viehtritt, Felsdruck etc., überall dann, wenn das Druckpotential des Bodenwassers verändert wird.

Die Fließgrenzwerte wurden bei Podsole im Bereich der maximalen Wasserkapazität und der Feldkapazität gefunden; in den Auflagen wurde der Breizustand erst bei völliger Wassersättigung erreicht, in den Mineralhorizonten entsprach die Wasseraufnahme der Feldkapazität. M-Lagen in Podsolen wurden durch eine sehr niedere Fließgrenze charakterisiert, sie lag im Bereich der minimalen Wasserkapazität. Dieser Wert wurde auch bei den Pseudogleyen und Podsolokolluvien gefunden und zwar durchwegs im gesamten Profil.

Die im Labor ermittelten Werte konnten daher als Erklärung für die unterschiedlichen Bodenbewegungen in den Podsol- und Pseudogley-Arealen dienen: oberflächliche Rutschungen kleinen Ausmaßes bei den Pseudogleyen und Podsolokolluvien, tiefer greifende Schollenbewegungen in den Podsolbereichen.

2.3.2 Speicherung pflanzen- verfügbaren Wassers bei Podsolen und Pseudogleyen

Wie bereits beschrieben, befindet sich das pflanzenverfügbare "Haftwasser" in Hohlräumen, deren Durchmesser zwischen 10 und $0,2 \mu\text{m}$ liegt. In Poren mit dem Durchmesser $0,2 \mu\text{m}$ wird das Wasser im allgemeinen mit Saugspannungen über $15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ gehalten und ist in den meisten Fällen nicht mehr pflanzenverfügbar. Der Wassergehalt der Böden bei diesem "permanenten Welkepunkt" ist von ihrem Kolloidgehalt, der Summe von Ton- und Humuskolloiden abhängig.

Aus vielen Untersuchungen an subalpinen Böden (NEUWINGER 1975, 1980) wurden Richtwerte für den Wassergehalt bei $15 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ Saugspannung ermittelt: in A-Horizonten von Podsolkolluvien rund 5 Vol%, in O_{fh} -Horizonten von Podsolen rund 15 Vol%. Überträgt man diese Richtwerte auf die in den Bildern 1-7 dargestellten Profile, dann erhält man bei den Pseudogleyen und Pseudogley-Podsolkolluvien oft weitaus höhere Raten für den Raum an pflanzenverfügbarem Haftwasser in den Wurzelhorizonten als bei den Podsolen.

Dieser Haftwasserraum ist in den oberen Humushorizonten der Pseudogleye bis zu einer Tiefe von 10 cm mehr als doppelt so groß wie in den Auflagen der Podsole, auch höher als in den oberen Humushorizonten der Pseudogley-Podsolkolluvien und Podsolkolluvien; in den Mineralhorizonten nimmt jedoch der Haftwasserraum der Podsole sprunghaft zu und für das gesamte Solum berechnet sich die Podsole auch bezüglich der Haftwasserspeicherung den Pseudogleyen überlegen. Außer den bodenspezifischen Speichereigenschaften wurden noch standortbedingte Unterschiede der aktuellen Feuchte beobachtet, die auf die Frühjahrsschneelage und die austrocknende Windwirkung während der Vegetationszeit zurückzuführen sind.

Es konnte festgestellt werden, daß Podsolkolluvien und Pseudogleye während der Vegetationszeit stets frisch bis feucht bleiben, windexponierte Eisenhumuspodsole unter Flechtenheiden jedoch stark austrocknen können; diese Trockenheit der Böden beginnt oft schon im Frühjahr, da die geringe Schneedecke nur wenig Feuchte bringt. Nach trockenem Herbstwetter gehen diese Standorte mit sehr geringen Wasservorräten in den Winter. Im Frühjahr kann das Schmelzwasser der dünnen Schneedecke dieses Defizit nicht ausgleichen, die Böden weisen daher schon zu Beginn der Vegetationszeit Saugspannungen auf, die für frischgesetzte Pflanzen nicht nur wachstumshemmend, sondern tödlich wirken können.

Eisenhumuspodsole sind daher für Aufforstungen wegen ihrer zeitweiligen Wasserarmut für Frühsommernaufforstungen nicht geeignet. Die Anmoorgleye sind wegen des Wasserüberschusses im Frühsommer wenig geeignet. Allenfalls könnten Windschutz- und Entwässerungsmaßnahmen für diese Areale geplant werden.

2.4

B I O E L E M E N T V O R R A T

Aus den Bildern 11 und 12 A, B ist die Verteilung der Stickstoff-, Phosphor-, Kali und Kalziumvorräte im Profilverlauf eines Eisenpodsols und eines pseudovergleyten Podsolkolluviums zu entnehmen.

Die Bilder 11, 12 C zeigen das C:N-Verhältnis in den Hauptwurzelschichten dieser beiden Böden. Diese verhältnismäßig einfachen Untersuchungen können für das Anschätzen der Ernährungsbedingungen für Forstpflanzen in den verschiedenen Arealen des Bacheinzugsgebietes verwendet werden.

Stickstoff und Phosphor sind in den Humushorizonten vorwiegend organisch gebunden und werden durch die Tätigkeit von Mikroorganismen des Bodens für die höhere Pflanze verfügbar. Je höher die biologische Aktivität der Böden ist, desto höher ist auch die Mineralisierungsrate der N- und P-Anteile im Boden.

Die biotische Aktivität ist in einfachster Weise am C:N-Verhältnis anzuschätzen: Niedere C:N-Werte werden im allgemeinen in biotisch tätigen Böden mit hohen Mineralisierungsraten organisch gebundener N- und P-Vorräte gefunden; hohe Zahlen, d.h. weite C:N-Verhältnisse weisen auf geringe Mineralisierungsraten. Die Bilder 11 B, C zeigen die geringen N- und P-Vorräte der kolluvialen Böden, aber auch das enge C:N-Verhältnis, das auf hohe Mineralisierungsraten schließen läßt. Die Podsole weisen hohe N- und P-Vorräte aber auch weite C:N-Verhältnisse auf, es sind daher nur geringe Mineralisierungsraten in den biotisch wenig tätigen Böden zu erwarten (Bild 12 B, C). Kali, das dritte der untersuchten Bioelemente, hat hohe Vorräte in den Mineralhorizonten; es wird erfahrungsgemäß in humosen, sauren Böden sehr leicht ausgewaschen und in schluffig lehmigen Böden bei Austrocknung an Glimmer fixiert; in beiden Fällen ist die Pflanzenverfügbarkeit trotz hoher Vorräte gering. Bei ständiger Durchfeuchtung jedoch gelangen im allgemeinen ausreichende Mengen aus den Mineralteilchen in die Bodenlösung. Für die frischen und feuchten humosen Mineralhorizonte der Kolluvialböden ist daher kein Kalimangel zu befürchten, in den Auflagen der Podsole kann er jedoch durch Auswaschung und in den Mineralhorizonten der windexponierten Böden durch Austrocknung akut werden.

Kalzium, das vierte der untersuchten Bioelemente wurde in sehr geringen Mengen in den Wurzelhorizonten gefunden, nur in den untersten Mineralhorizonten und in einigen kolluvialen Böden konnten mäßige Mengen festgestellt werden.

Aus diesen Untersuchungen und Überlegungen kann geschlossen werden, daß die Böden der Podsolserie trotz hoher Vorräte an Bioelementen geringere Nährstoffverfügbarkeit aufweisen als die Böden der Kolluvien und Pseudogleye.

Für Aufforstungen ist jedoch zu empfehlen, die Pflanzungen so durchzuführen, daß die relativ hohen Vorräte der oberen Humushorizonte mit ihren Mikroorganismen den Pflanzen erhalten bleiben. Die Auflagen sollen daher nicht weggeklappt und entfernt, sondern in das Pflanzloch eingearbeitet werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die pseudovergleyten Podsolkolluvien hinsichtlich der Wasser- und Bioelementverfügbarkeit in den oberen Humushorizonten für die Aufforstung besser geeignet sind als die Böden der Podsolserie.

2.5

D I S K U S S I O N D E R E R G E B N I S S E

2.5.1 Die Bodenkartierung

Die Aufnahme der Böden im Einzugsgebiet des Dürnbaches wurde mit den gleichen Methoden durchgeführt wie in den Tiroler Zentralalpen, im Gailtal und in den Hohen Tauern: Unter Berücksichtigung des Reliefs und der Vegetation wurden Kartierungseinheiten aufgenommen, deren ökologische Aussagen für verschiedene Zwecke anwendbar sind.

Im Falle notwendiger Meliorierungen weist die Karte Areale für Entwässerungsmaßnahmen, für Wind- und Schneeschutzbauten und solche mit günstigen Weide- oder Aufforstungsbedingungen aus.

Bei guter Kenntnis der terrestrischen Verhältnisse ist es möglich, die Kartierungseinheiten mittels der verschiedenen Grautöne eines Schwarz-Weiß-Luftbildes abzugrenzen. An einem Beispiel aus den Hohen Tauern konnte gezeigt werden, daß Farbaufnahmen im Infrarotbereich diese Abgrenzungen noch deutlicher herausheben (NEUWINGER in Vorbereitung).

2.5.2 Untersuchungen zum Wasserhaushalt des Einzugsgebietes

Es wurden die Kennwerte des Wasserhaushaltes ermittelt, die eine Vorstellung über den Gesamttraum der einzelnen Porengrößenklassen der Bodentypen geben. Die Humushorizonte der Podsolserie sind durch den hohen Grobporenanteil des Sickerwasserraumes gekennzeichnet, in den humosen Horizonten der Kolluvien und Pseudogleye dominieren die Mittelporen des Haftwasserraumes.

Bezogen auf das gesamte Solum weisen jedoch die reifen Podsole unter dichten Zwergstrauchheiden die höchste Speicherfähigkeit auf. Der geringere Sickerwasserraum der Pseudogleye und Kolluvien, die vorwiegend am rechten Bacheinhang verbreitet sind, bewirkt höheren Oberflächenabfluß während der Schneeschmelze oder nach sommerlichen Starkregen.

Für die Berechnung des Abflußgeschehens ist neben den Porenräumen auch noch die bodenspezifische Wasserleitfähigkeit zu berücksichtigen; einige Testversuche hatten ergeben, daß hier gefundene Werte eine gute Übereinstimmung mit Versuchsergebnisse aus den Tiroler Zentralalpen zeigten: Die Größenordnung der Wasserbewegung liegt in den Sickerwasserräumen bei $m \cdot h^{-1}$, in den Haftwasserräumen bei cm oder $mm \cdot d^{-1}$ (NEUWINGER 1987). Auf die

vorliegenden Verhältnisse angewendet, bedeutet dies, daß am linken Einhang des Dürnbaches sehr viel Niederschlagswasser - über 100 mm - sofort auch bei Feldsättigung aufgenommen und mit einer Geschwindigkeit von Metern pro Stunde in die Tiefe geleitet werden kann, wo es infolge des besonderen Gesteinsaufbaues in Klüften versickert.

Am rechten Einhang zeigt die Karte das Vorherrschen von Pseudogleyen und Pseudogley-Podsolkolluvien, deren dicht gelagerte Humuskörper eine geringere Minimalretention aufweisen als die der Podsole; bei hohem Wasserangebot ist daher hier ein größerer oberflächennaher Abfluß zu erwarten als auf dem linken Bacheinhang.

Im Sommer 1980 wurden von SCHAFFHAUSER Berechnungsversuche durchgeführt, deren Ergebnisse diese, auf den Bodeneigenschaften beruhende Theorie bestätigen (SCHAFFHAUSER 1982).

2.5.3 E i g n u n g d e r K a r t i e r u n g s e i n h e i t e n f ü r A u f f o r s t u n g e n

Auf Grund der Haftwasserspeicherung und der Einschätzung der biotischen Aktivität in den oberen Humushorizonten kann angenommen werden, daß sich die Böden der Pseudogleyserie am besten für Aufforstungen eignen.

Die oben genannten Untersuchungen wurden bereits 1974/75 vorgenommen, zu einer Zeit, als die Pflanzungen im Bereich der Rechteggshütte gerade abgeschlossen waren. Einige Jahre später wurden im Bereich der Podsole auf dem linken Einhang des Baches große Ausfälle festgestellt, während die Pseudogleyareale am rechten

Einhang eine geringere Pflanzensterblichkeit aufwiesen.

Diese Beobachtungen stimmten gut mit Aufforstungsergebnissen in Tiroler Gebieten überein; es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß die sommerfeuchten, biotisch aktiven Böden der sonnseitigen Lagen im Schatten der Hauptwinde gute Aufforstungsbedingungen bieten, falls die Schneehöhe und -andauer in mittleren Bereichen bleiben.

2.6

Z U S A M M E N F A S S U N G

Im Einzugsgebiet des Dürnbaches sind zwei große Bodenserien vertreten, deren Entstehung durch den Gesteinsaufbau erklärt werden kann, die aber durch klimatische und wirtschaftliche Faktoren, wie Wald- und Weidewirtschaft beeinflußt wurden.

Die eine Serie umfaßt Eisen- und Eisenhumuspodsole sowie wenig veränderte Podsolkolluvien ohne Staunässeinfluß unter meist dichten, moos- und flechtenreichen Zwergstrauchheiden; sie dominiert auf dem stark zerklüfteten linken Bacheinhang. Die mächtigen Auflagedecken dieser Böden und die Zerklüftung des Gesteins sorgen für hohe Aufnahme- und Versickerungsraten des Niederschlags. Oft beobachtete Stockwerkprofile in diesem Areal lassen auf Bewegungen von Schollen des Oberbodens infolge Wasserübersättigung schließen.

Die zweite Bodenserie umfaßt eine hydromorphe Reihe von Gleyen und Pseudogleyen unter Mooren, Weiden und schüttereren vergrasteten Zwerstrauchheiden; sie befindet sich vorwiegend auf dem rechten Bacheinhang, wo hangparallele Gesteinsschichten und fest ver-

keilter Glazialschutt die Wasserversickerung hemmen. Unter dem Einfluß von Wasserstau kam es vermutlich in sehr kurzen Zeitabständen zu kleinräumigen Oberflächenrutschungen, weshalb sich auf diesen Flächen mineralreiche Humushorizonte ohne nennenswerte Auflagen gebildet haben.

Da sich unter den gestörten Oberflächenhorizonten im gesamten Bereich bis zu den begrenzenden Kammlinien Waldbodenreste finden, ist anzunehmen, daß die Vernässungsareale vor dem Waldrückgang kleiner waren. Neben dieser Vernässung unterlagen die ursprünglichen Waldböden, vermutlich Eisenpodsole, nach der Entwaldung auch einem stärkeren Windeinfluß, der die Bildung flachgründiger Eisenhumuspodsole im Luv und die Entstehung von Kolluvien in schmelzwasserreichen Leelagen begünstigte.

Die mineralreichen Humushorizonte der Pseudogleyserie weisen zwar eine geringere Wasser-Retention auf als die Auflagehorizonte der Podsolserie, sodaß bei hohem Wasserangebot am rechten Einhang verstärkter Oberflächenabfluß zu erwarten ist, ihre Speicherfähigkeit bezüglich Wasser und verfügbare Bioelemente läßt sie jedoch als günstige Aufforstungsareale erscheinen.

Die stark vernästen Stellen sollten ebenso wie die windexponierten Eisenhumuspodsole ausgespart oder mit Drainage beziehungsweise Windschutzbauten versehen werden.

S U M M A R Y

(SOILS AND VEGETATION IN THE UPPER DRAINAGE BASIN OF DÜRNACH IN OBERPINZGAU, SALZBURG, AND THEIR INFLUENCE ON WATER RETENTION)

In the drainage basin of the Dürnbach (Barren Brook) two large soil series are represented, the origin of which can be explained by the rock structure but which have been influenced also by climatic and economic factors such as wood culture and pasture farming.

The one of these series comprises iron and iron-humus podzols as well as little modified podzol colluvions not influenced by waterlogging, generally below dense dwarf-shrub heaths rich in moss and lichen; it is prevailing on the deeply fissured left brook slope. The mighty covering couches of these soils and the fissures of the rock ensure the high absorption and seepage rates of the precipitation. The stratification profiles remembering the floors of a building frequently observed in this area is caused by the clod movements owing to water oversaturation in the higher layers of the soil.

The second soil series comprises a hydromorphous row of gleys and pseudogleys under swamps, pastures, and scarcely grass-covered dwarf-shrub heaths; it is prevailingly situated at the right brook slope where rock layers parallel to the slope and strongly wedged glacial debris are hindering the water seepage. Under the influence of the water retention, circumscribed surface landslides probably have occurred by very short intervals of time, and for this reason, in these areas humus levels very rich in minerals without significant covering layers have been formed.

As under the perturbed levels of the higher soil layers in the whole area up to the limiting crest lines there are rests of forest soil, it may be assumed that prior to the wood reduction

the wet areas have been smaller. Along with this wetting, the former forest soils, probably iron podzols, after the deforestation have been more exposed also to the influence of wind and this has favoured the formation of flat iron-humus podzols at the loof and of colluvions at the melt-water soaked lee sides.

Though the water retention of the humus levels, very rich in minerals, on the pseudogley series is lower than that of the horizons covering the podzol series, meaning that in periods of abundant precipitation an increased surface runoff is to be expected at the right slope, nevertheless their storage capacity of water and of the available bio-elements makes that they are favorable soils for reforestation.

The plots showing a very high humidity, the same as the ferruginous humus podzols at the windward side, however, should be spared or improved by drainage or by wind-protecting works, respectively.

R E S U M E

(SOLS ET VEGETATION DANS LA PARTIE HAUTE DU BASSIN VERSANT DU TORRENT DÜRNBAACH DANS LE DISTRICT DE OBERPINZGAU, SALZBOURG ET LEUR INFLUENCE SUR LA RETENTION D L'EAU)

Dans le bassin versant du ruisseau Dürnbach, deux grandes séries de sol sont représentées dont l'origine peut s'expliquer par la structure des roches, mais qui ont été sujettes aussi à des facteurs climatiques et économiques, tel que les exploitations forestière et de pâturage.

L'une de ces séries comprend les podzols ferrugineux et ferrohumiques, ainsi que les colluvions de podzol peu modifiées, non influées par la saturation d'eau, généralement sous de

denses landes à arbustes nains, riches en mousse et lichen; elle prédomine sur la pente gauche fortement fracturée de la rivière. Les puissantes couches couvrantes de ces sols et la fracturation des roches sont la cause de hauts taux d'absorption et d'écoulement de la précipitation. Dans cette zone, on a souvent observé des profils montrant une stratification en forme d'étages et qui doivent être dus à des mouvements de mottes dans la couche supérieure du sol à cause de la sursaturation en eau.

La deuxième série de sol comprend une suite hydromorphe de gleys et de pseudogleys, situés au-dessous de marécages, de pâturages et de landes à arbustes nains, peu herbeuses; elle prédomine sur la pente droite de la rivière, où les couches rocheuses parallèles à la pente et les débris glaciaires fortement coincés empêchent l'écoulement des eaux. Sous l'action de la retenue de l'eau, des glissements superficiels circonscrits se sont produits probablement par intervalles de temps assez courts, de sorte que dans cette zone se sont formés des niveaux humiques riches en minéraux qui n'ont pas une couverture importante.

Puisqu'il y a des restes de sol forestier sous les niveaux disloqués de la couche supérieure du sol dans toute la zone jusqu'aux lignes limitantes des crêtes, on peut supposer qu'avant la réduction des bois, les zones humides étaient moins étendues. A part cette humidification, les anciens sols forestiers, probablement des podzols ferrugineux, après le déboisement sont sujets aussi à l'action plus forte du vent qui favorise du côté vent la formation de podzols ferrohumiques peu profonds et du côté sous le vent, riche en eau de fonte, le développement de colluvions.

Bien que la capacité de retenir l'eau des niveaux humiques riches en minéraux sur les séries du pseudogley soit inférieure à celle des horizons couvrant les séries du podzol, de façon que dans les périodes de copieuses précipitations il faut prévoir un écoulement augmenté sur la surface de la pente droite, toutefois, grâce à leur grande capacité d'accumuler l'eau et les

bio-éléments disponibles, ils sont un terrain favorable pour la réforestation.

Néanmoins, les lieux trop humides, le même que les podzols humiques ferrugineux exposés au vent, devraient être omis ou bien assainis par des travaux de drainage respectivement par des oeuvres de protection contre a le vent.

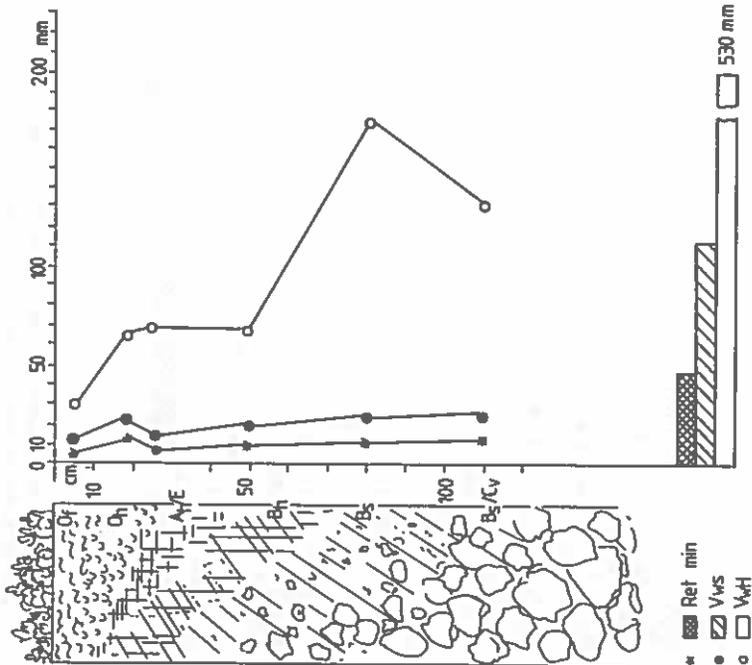
2.7

L I T E R A T U R

- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE, 1982: Bodenkundliche Kartieranleitungen, 3. Aufl., Schweizerbartische Verlagsbuchhandl., Stuttgart.
- CZELL, A., 1967: Beitrag zum Wasserhaushalt subalpiner Böden, Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Mariabrunn, 75, 315-332.
- FÜRLINGER, W. L., 1971: Der Dürnbach, Oberpinzgau, Salzburg. Geologische Beschreibung des Einzugsgebietes mit besonderer Berücksichtigung der Hangbewegung, Hektographiertes Manuskript. Geologisches Institut, Universität Wien und Institut für Boden- und Felsmechanik, Universität Karlsruhe.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., & I. NEUWINGER & G. RUF & H. SCHAFFHAUSER 1982: Exkursionsführer für den Dürnbach. Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst., Wien, 144, 229-241.
- LAHNSTEINER, J., 1956: Der Oberpinzgau von Kriml bis Kaprun. Selbstverlag Hollersbach, Salzburg, Salzburger Druckerei und Verlag.
- MUNSELL COLOR COMP., 1954: Soil Color Charts.
- NEUWINGER, I., 1970: Böden der subalpinen und alpinen Stufe in den Tiroler Alpen. Mitt. Ostalp.-din.Ges. f. Vegetkde. 11, 135-150.
- 1972: Standortsuntersuchungen am Sonnberg im Sellrainer Obertal, Tirol. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 96, 177-207.

- NEUWINGER, I. 1975: Erosionszonen im Einzugsgebiet des Trattenbaches nach boden- und vegetationskundlichen Merkmalen. Über die Einschätzung von Wildbächen, Der Trattenbach. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 112, 53-58.
- 1980: Erwärmung, Wasserrückhalt und Erosionsbereitschaft subalpiner Böden. Beiträge zur subalpinen Waldforschung 2, Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 129, 113-144.
 - 1982: Bioelementversorgung, Wasserspeicherung und Erodierbarkeit gestörter Waldböden. Forstökologisch-bodenkundliche Untersuchungen im mittleren Stubaital bei Neustift, Tirol. Informationsdienst der Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 211.
 - 1987: Bodenökologische Untersuchungen im Gebiet Obergurgler Zirbenwald-Hohe Muth. Veröff. der Österr. MaB-Programmes, Akademie der Wissenschaften, Wien, Bd. 10, 173-190.
 - in Vorbereitung: Ökologische Kennzeichnung von Boden-Relief-Serien längs eines Höhengradienten im Gebiet des Tauernbaches am Großglockner. Veröff. d. Österr. MaB-Hochgebirgsprogrammes Hohe Tauern, Akademie der Wissenschaften, Wien.
- NEUWINGER, I. & A. CZELL, 1959: Standortsuntersuchungen in subalpinen Aufforstungsgebieten. Forstwiss. Cbl. 78, 327-273.
- NEUWINGER, I. & F. SCHINNER, 1980: The Influence of Compound Fertilizer and Cupric Sulfate on the Growth and the Bioelement Content of Cembra Pine Seedlings (*Pinus Cembra*). Plant and Soil 57, 257-270.
- REISIGL, F.A., 1786: Topographisch-historische Beschreibung des Oberpinzgau im Erzstifte Salzburg. Salzburg, Waisenhausbuchhandlung, 116 S, 1 Kupferstichtafel.
- SCHAFFHAUSER, H., 1982: Untersuchungen über das Abflußverhalten verschieden bewirtschafteter Versuchsflächen. Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung. Mitt. der Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 144, 85-102.
- SCHIECHTL, H.M. & I. NEUWINGER, 1980: Die Regeneration von Vegetation und Boden nach Auflassung der Beweidung und Bodenstreunutzung in zentralalpinen Aufforstungsgebieten. Beiträge zur subalpinen Waldforschung 2, Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 129, 63-80.
- SCHLICHTING, E. & H.P. BLUME, 1966: Bodenkundliches Praktikum. Paul Porey, Hamburg, Berlin.

Bodenprofile und Planzenaufnahmen	Bild 1 bis 7
Korngrößengruppierung	Bild 8 und 9
Wasserrückhalt	Bild 10
Bioelementvorrat	Bild 11 und 12
Übersicht des Bodenprofilnetzes	Bild 13



Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	14	6	18
<i>Loiseleuria procumbens</i>	4	2	2
<i>Vaccinium uliginosum</i>	2	3	3
<i>Vaccinium myrtillus</i>	-	-	+
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	-	-	+
<i>Alectoria ochroleuca</i>	3	2	2
<i>Cetraria islandica</i>	2	2	2
<i>Cetraria nivalis</i>	-	1	1
<i>Cladonia rangiferia</i>	2	-	1
<i>Cladonia silvatica</i>	2	-	1

Bild 1: Eisernusspodsol, schematisiert nach den Profilen 14, 6, 18
Berechnung der Kernwerte: Mittel aus 18 Proben

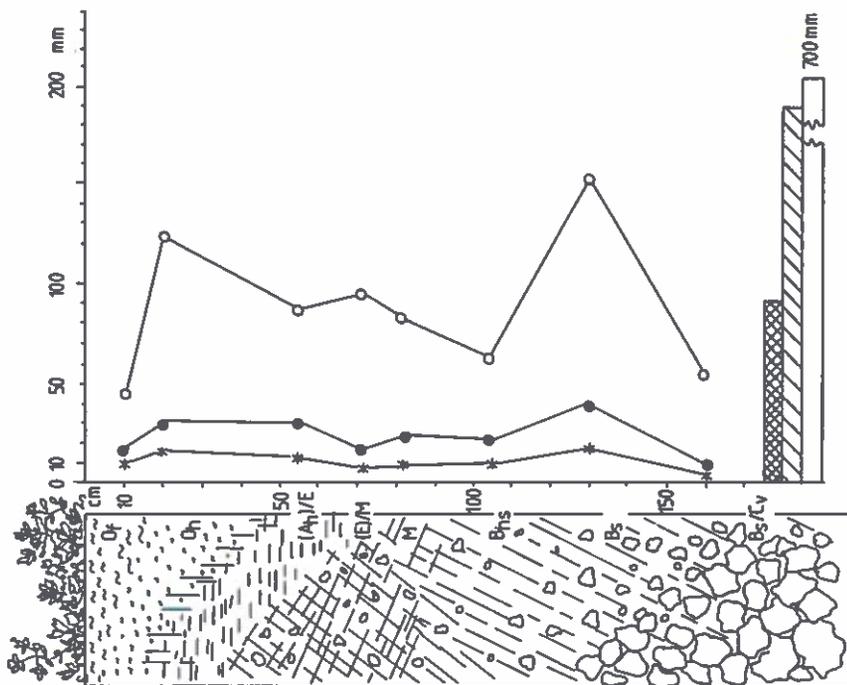


Bild 2: Eiseroosol, schematisiert nach den Profilen 21, 23, 1, 26, 5, 19, 7
Berechnung der Kennwerte: Mittel aus 42 Proben

Horizont	cm	pH-Bereich	Farbe Munsell
Of	2 - 20	3,1 - 3,6	5 YR 2/1, 2/2, 3/1, 3/2; 7,5 YR 2/1, 2/2, 3/1
Oh	10 - 40	3,2 - 3,7	5 YR 2/1, 2/2, 3/1; 7,5 YR 2/1, 2/2; 10 YR 2/2
(Ah ₁)/E	5 - 25	3,2 - 4,0	5 YR 3/1; 10 YR 3/1, 4/1, 6/1
M	10 - 30	3,4 - 4,2	7,5 YR 4/6, 5/4, 7/1; 10 YR 5/3, 6/2
(E ₁)/M	5 - 10	3,2 - 3,4	10 YR 3/2, 6/2
B _{hs}	5 - 15	3,8 - 4,2	5 YR 3/2; 7,5 YR 3/3
B _s	8 - 40	4,2 - 4,8	5 YR 2/1, 3/3, 4/4; 10 YR 5/6
B _s /C _v	10 - 80	4,8 - 5,0	10 YR 5/6; 2 Y 5/6

Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	21	23	1	26	5	19	7
Rhododendron ferrugineum	3	2	3	3	2	1	2
Vaccinium myrtillus	3	3	2	2	3	3	3
Vaccinium uliginosum	1	1	+	1	+	2	+
Calluna vulgaris	+	+	-	-	-	1	-
Juniperus nana	1	+	+	-	-	-	-
Deschampsia flexuosa	2	1	2	-	3	2	2
Calamagrostis villosa	-	2	-	-	-	-	1
Dryopteris sp.	+	+	+	+	-	-	+
Blechnum spicant	-	-	-	-	-	-	-
Lycopodium alpinum	-	-	-	-	-	-	+
Hylocomium splendens	1	-	3	2	2	2	-
Sphagnum girgensohnii	-	-	2	-	-	-	-
Dicranum scoparium	+	+	+	-	-	+	1
Polytrichum sp.	+	+	-	-	-	+	1
Cetraria islandica	1	-	-	-	+	+	-

Horizont	cm	pH-Bereich	Farbe Munsell
(Oh)/Ah	8 - 15	3,8 - 4,5	10 YR 3/2
(E)/M	25 - 40	4,2 - 4,3	10 YR 2/4, 3/4
Ebegr	2 - 5	4,0 - 4,2	10 YR 4/1, 5/1, 2/2 *
B _h	5 - 8	4,0 - 4,5	10 YR 2/2
B _s	25 - 40	3,7 - 4,0	5 YR 3/4; 7,5 YR 4/4
B _s /C _v	20 - 25	4,5 - 4,7	10 YR 5/6

*) nur bei Profil 4

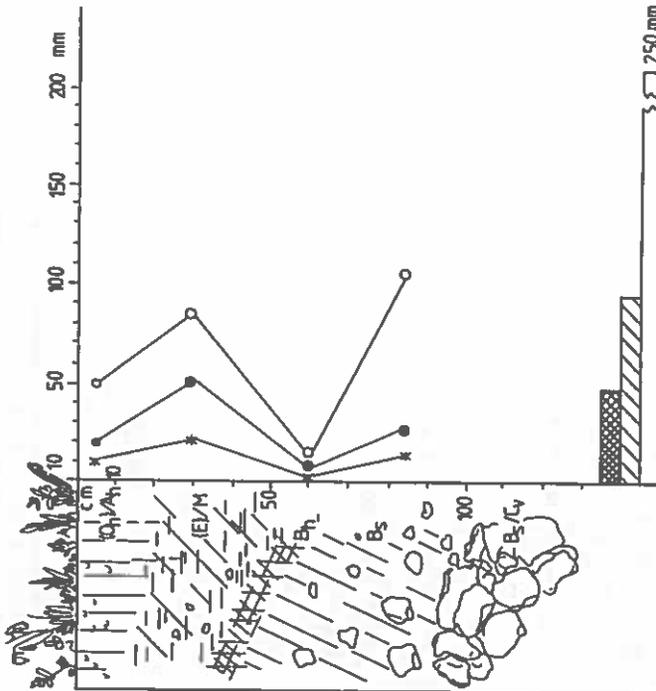
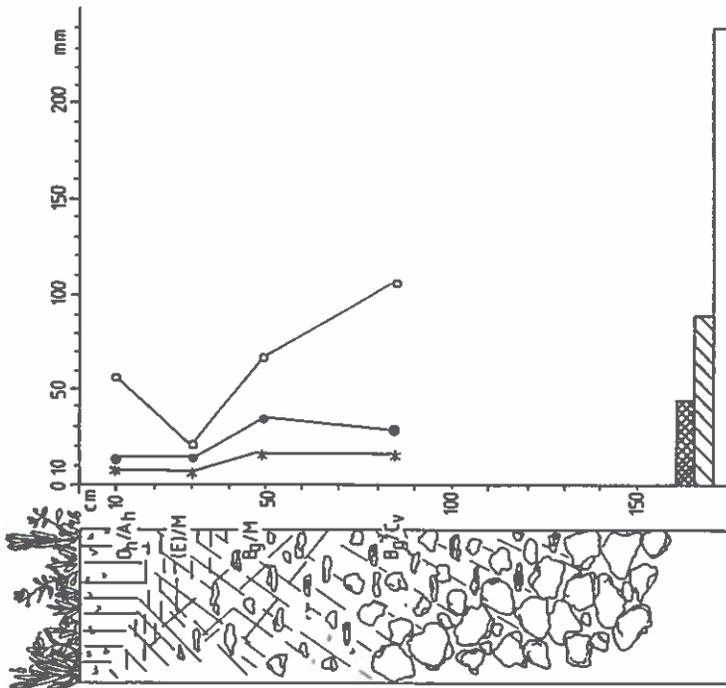


Bild 3: Podsolkolluvium, schematisiert nach den Profilen 20a, 13, 4
Berechnung der Kernwerte: Mittel aus 18 Proben

Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	20a	13	4
<i>Calluna vulgaris</i>	2	-	3
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1	+	2
<i>Vaccinium vitis idaea</i>	+	+	1
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1	+	-
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	+	+	1
<i>Juniperus nana</i>	+	-	1
<i>Nardus stricta</i>	2	4	+
<i>Anthoanthum odoratum</i>	+	1	-
<i>Deschampsia flexuosa</i>	-	1	2
<i>Calamagrostis villosa</i>	-	-	1
<i>Luzula pilosa</i>	-	-	1
<i>Rubus idaeus</i>	-	-	1
<i>Silene inflata</i>	-	-	1
<i>Campanula barbata</i>	+	+	+
<i>Arnica montana</i>	+	+	1
<i>Solidago virgo aurea</i>	-	-	+
<i>Homogyne alpina</i>	-	+	+
<i>Potentilla erecta</i>	+	+	+
<i>Cetraria islandica</i>	1	-	-



Horizont	cm	pH-Bereich	Farbe Munsell
Oh/Ah	5 - 20	3,4 - 4,0	5 YR 3/1; 10 YR 2/2, 3/2
(E)/M	8 - 12	3,4 - 4,3	5 YR 3/1; 10 YR 6/1, 4/2
Bg/M	8 - 25	4,0 - 4,3	7,5 YR 3/4, 4/4; 10 YR 4/2, 4/4
Bg/Cv	20 - 50	4,2 - 4,8	10 YR 3/3, 5/6; 2,5 Y 4/4, 5/4

Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	Profile			
	8	12	17	10 22
Rhododendron ferrugineum	1	1	+	+
Vaccinium myrtillus	1	+	+	2 1
Vaccinium vitis idaea	1	-	-	1 -
Calluna vulgaris	2	-	+	1 -
Nardus stricta	3	4	1	4 3
Festuca sp.	+	2	-	-
Deschampsia caespitosa	-	-	3	-
Anthoxanthum odoratum	+	1	1	2 -
Silene inflata	+	+	-	+
Campanula barbata	+	+	-	+
Ligusticum mutellina	-	+	-	+
Homogyne alpina	+	+	-	+
Alchemilla sp.	-	-	-	1 -

Bild 4: Pseudogley-Podsolokulluvien, schematisiert nach den Profilen 8, 12, 17, 10, 22
Berechnung der Kernwerte: Mittel aus 30 Proben

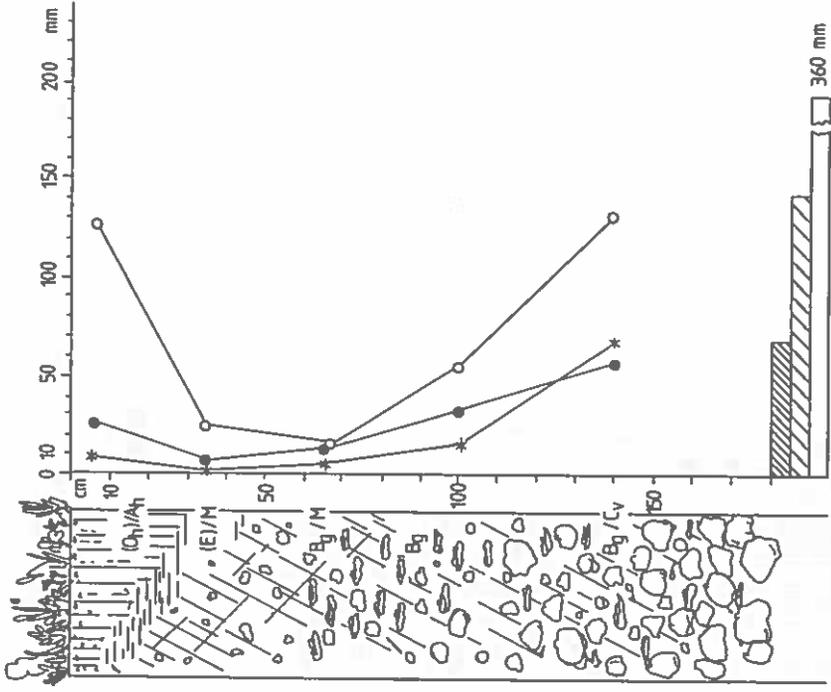


Bild 5: Pseudogley-Kolluvien, schematisiert nach den Profilen 2, 9, 15, 25
Berechnung der Kennwerte: aus 24 Proben

Horizont	cm	pH-Bereich	Farbe Munsell
(Oh)/Ah	5 - 30	3,7 - 4,1	5 YR 2/2; 10 YR 2/1, 2/2
(E)/M	3 - 15	3,9 - 4,3	10 YR 3/1; 2,5 Y 5/2
Bg/M	15 - 25	3,9 - 4,3	10 YR 4/4; 2,5 Y 5/2
Bg	20 - 30	3,9 - 4,2	10 YR 3/2, 5/6; 2,5 Y 5/2
Bg/Cv	70 - 80	4,2 - 4,4	5 Y 4/3

Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	2	9	15	25
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+	1	*	1
<i>Vaccinium uliginosum</i>	-	-	1	1
<i>Calluna vulgaris</i>	+	+	-	2
<i>Beschampsia flexuosa</i>	3	-	-	-
<i>Beschampsia caespitosa</i>	+	3	-	-
<i>Phleum alpinum</i>	1	+	-	-
<i>Nardus stricta</i>	3	3	4	1
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1	-	+	1
<i>Luzula sudetica</i>	1	-	+	-
<i>Carex fusca</i>	-	-	+	1
<i>Trichophorum caespitosum</i>	-	-	-	2
<i>Silene inflata</i>	2	1	-	-
<i>Rumex acetosella</i>	+	+	-	-
<i>Ranunculus montanus</i>	1	+	-	-
<i>Hypericum silvestris</i>	1	+	-	-
<i>Alchemilla sp.</i>	+	+	-	-
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	1	+	+	-
<i>Ligusticum mutellina</i>	+	+	-	-
<i>Aconitum napellus</i>	+	+	-	-
<i>Campanula barbata</i>	1	+	-	-
<i>Phyteuma betonicifolium</i>	+	+	-	-
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	+	+	-	-
<i>Arnica montana</i>	+	+	-	-
<i>Crepis aurea</i>	+	+	1	+

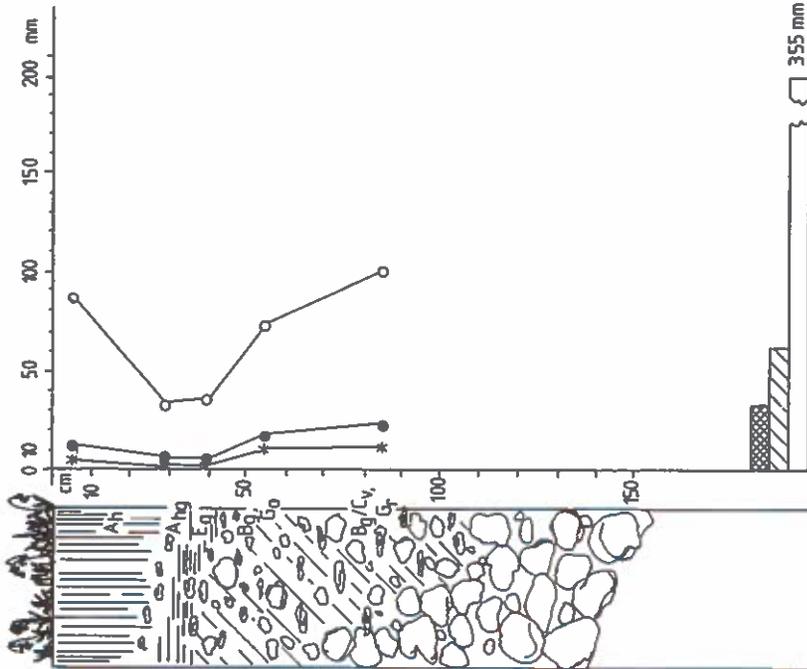


Bild 6: Stagnogleye im Wechsel mit Anmooren und Niedermooren, schematisiert nach den Profilen 11, 27, 24 - Berechnung der Kennwerte aus 18 Proben

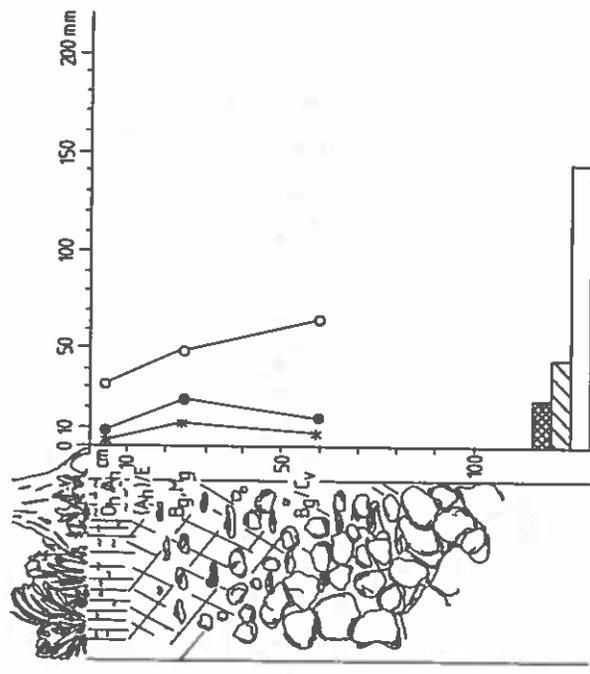
Horizont	cm	pH-Bereich	Farbe Munsell
A _h	8 - 20	3,8 - 4,0	7.5 YR 2/1; 10 YR 2/1, 2/2
A _{hg}	5 - 10	3,9 - 5,0	7.5 YR 2/1
E _g	8 - 12	3,8 - 3,9	10 YR 2/3, 4/1
B _g , G ₀	15 - 30	4,2 - 4,5	5 YR 3/4, 4/6; 7.5 YR 4/4
G _b /G _v , G _r	20 - 40	4,3 - 4,7	10 YR 3/3, 4/6; 2.5 Y 5/3, 6/2

Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	11	27	24
<i>Nardus stricta</i>	4	4	3
<i>Deschampsia caespitosa</i>	2	-	-
<i>Eriophorum</i>	+	1	2
<i>Trichophorum caespitosum</i>	-	+	2
<i>Carex fusca</i>	1	1	1
<i>Carex frigida</i>	-	-	+
<i>Carex leporina</i>	+	+	+
<i>Caltha palustris</i>	1	1	1
<i>Ranunculus aconitifolius</i>	-	-	+
<i>Soldanella alpina</i>	+	+	+

Horizont	cm	pH-Bereich	Farbe Munsell
Oh/Ah	8 - 30	3,4 - 3,7	5 YR 3/2; 10 YR 2/1, 4/2
(Ah)/E	2 - 12	3,4 - 3,7	5 YR 3/1 *
Bg,Mg	20 - 30	3,7 - 5,0	7.5 YR 4/4, 5/6; 10YR 4/2
Bg/Cv	40 - 50	4,4 - 5,2	2.5 AR 5/4

*) nur bei Profil 3



Pflanzenaufnahmen, Juli/August 1974/75, 1980/81:

	28	16	3
Rhododendron ferrugineum	-	+	2
Vaccinium myrtillus	-	3	1
Vaccinium vitis idaea	-	2	1
Calluna vulgaris	-	+	2
Rubus idaeus	1	-	-
Potentilla erecta	-	-	+
Oxalis acetosella	1	-	+
Impatiens parviflora	2	-	-
Melampyrum silvaticum	-	+	+
Salix glutinosa	2	-	-
Leontodon helveticum	-	-	+
Nardus stricta	-	-	1
Deschampsia flexuosa	-	1	2
Luzula pilosa	-	+	+
Blechnum spicant	-	-	+
Dryopteris oreopteris	3	-	+
Hylacomium splendens	-	2	1
Pleurozium schreberei	-	1	-
Polytrichum sp.	+	-	+

Bild 7: Pseudogley-Braunerden im Fichten-Mischwald, schematisiert nach den Profilen 28, 16, 3; Berechnung der Kennwerte aus 18 Proben.

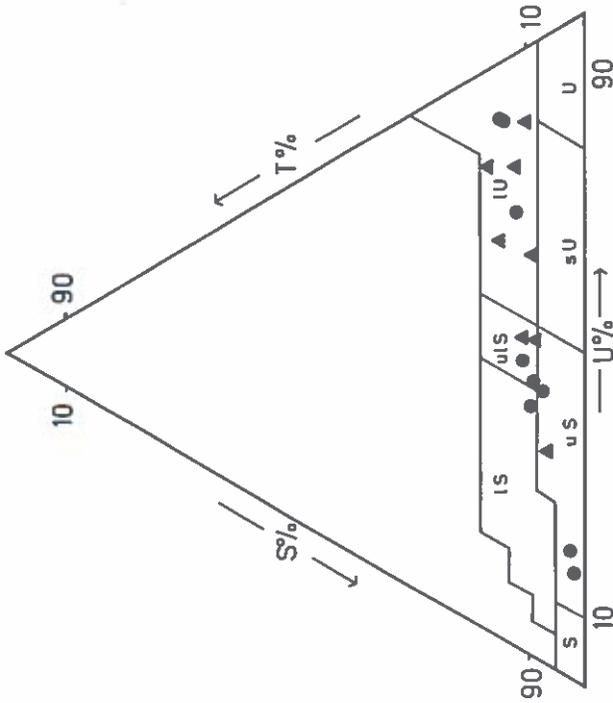


Bild 8: Korngrößengruppierung der Mineralhorizonte von Pseudogleyen, Pseudogley-Podsolkolluvien (Punkte) und Podsolen (Dreiecke), vom rechten Bacheinhang
 Profile: 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 22, 24, 27
 Berechnung: eine Signatur-Mittelwert von 6 Proben

Korngrößenbezeichnung:
 S, s = Sand, sandig; U, u = Schluff, schluffig;
 T, t = Ton, tonig; l = Lehmig

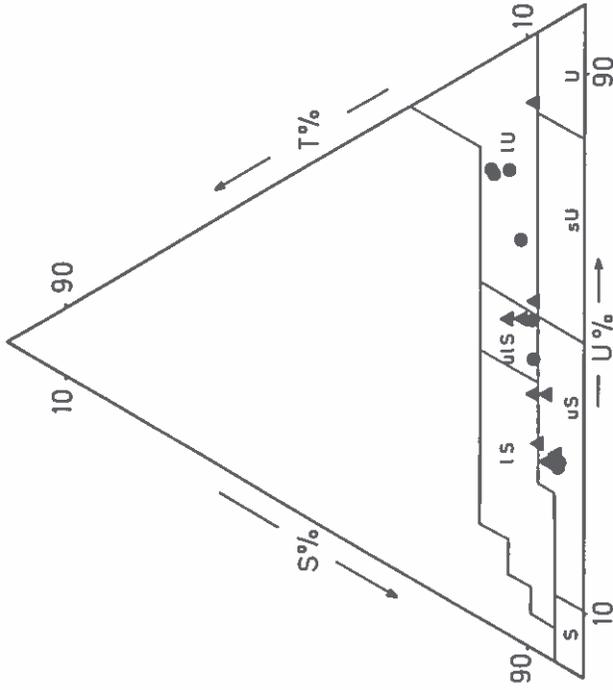


Bild 9: Korngrößengruppierung der Mineralhorizonte von Pseudogley-Podsolkolluvien (Punkte) und Podsolen (Dreiecke) vom linken Bacheinhang
 Profile: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 17, 21, 23
 Berechnung und Korngrößenzeichnung siehe Bild

Bild 10: Kennwerte des Boden-Wasserhaushaltes in Volumsprozenten von je 5 Podsolen und 5 Pseudogleyen, berechnet bis 50 cm Bodentiefe
 Podsolprofile: 5, 6, 7, 19, 21
 Pseudogley-Profile: 2, 8, 9, 10, 22

$W_{K_{max}}$ = maximale Wasserkapazität

FK = Feldkapazität

$W_{K_{min}}$ = minimale Wasserkapazität

Ret_{min} = Minimalretention

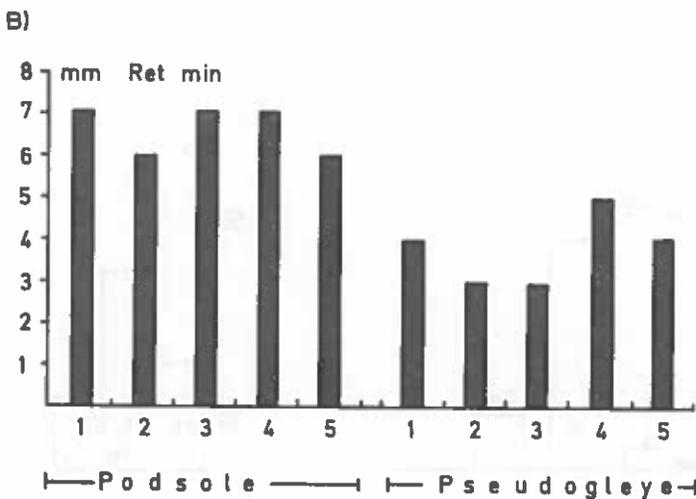
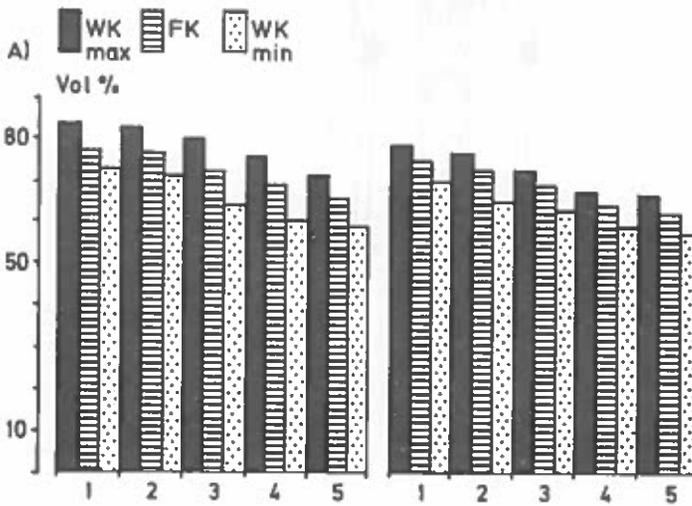


Bild 11: Verteilung der Gesamtmengen von N, P, K, Ca im Hauptwurzelraum eines Pseudogley-Podsolkolluviums bis 50 cm Bodentiefe

Legende zu A), B), C) siehe Bild 12

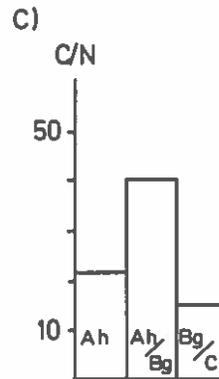
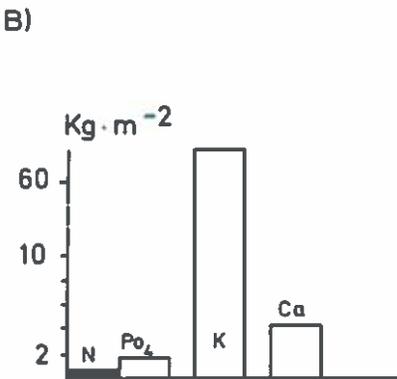
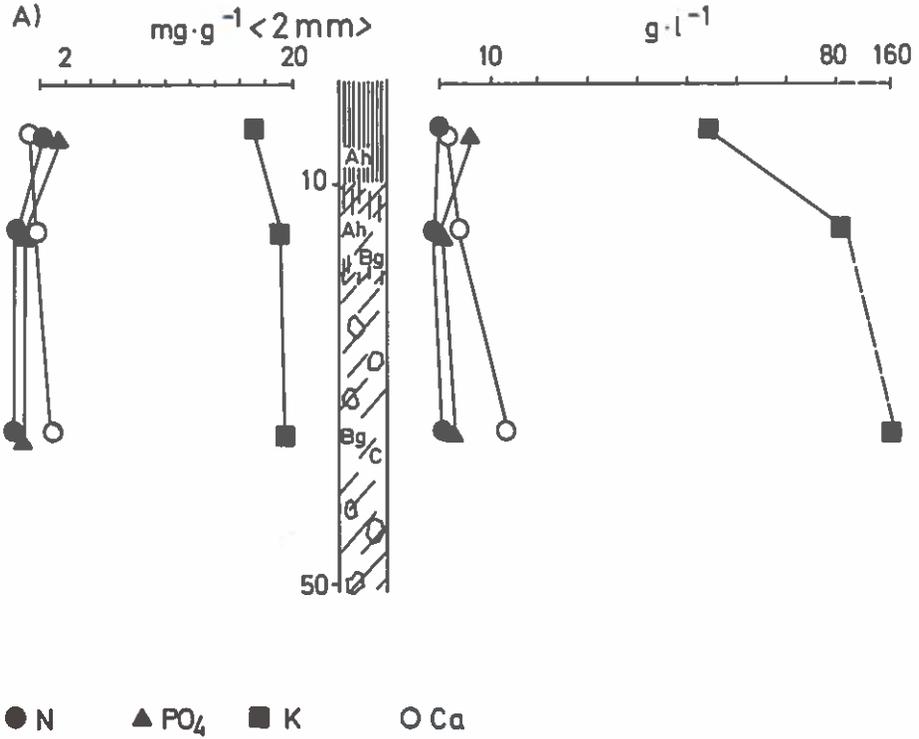


Bild 12: Verteilung der Gesamtmengen von N, P, K, Ca im Hauptwurzelraum eines Eisenpodsols bis 50 cm Bodentiefe

A) linke Seite: Bioelemente in $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, bezogen auf Trockensubstanz, $< 2 \text{ mm } \varnothing$

rechte Seite: Bioelemente, $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, im Horizontvolumen

B) Summe der Bioelemente in $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, im Hauptwurzelraum bis 50 cm Tiefe

C) C:N-Verhältnis in den Bodenhorizonten

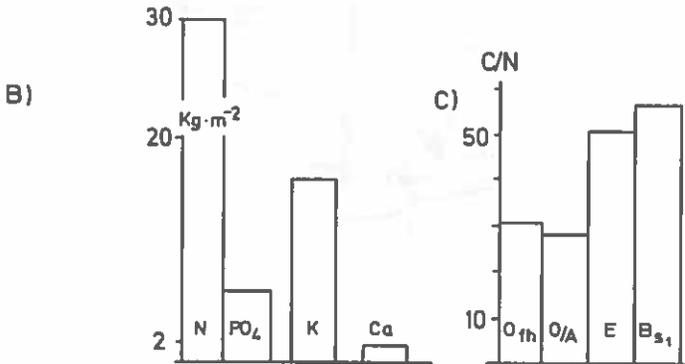
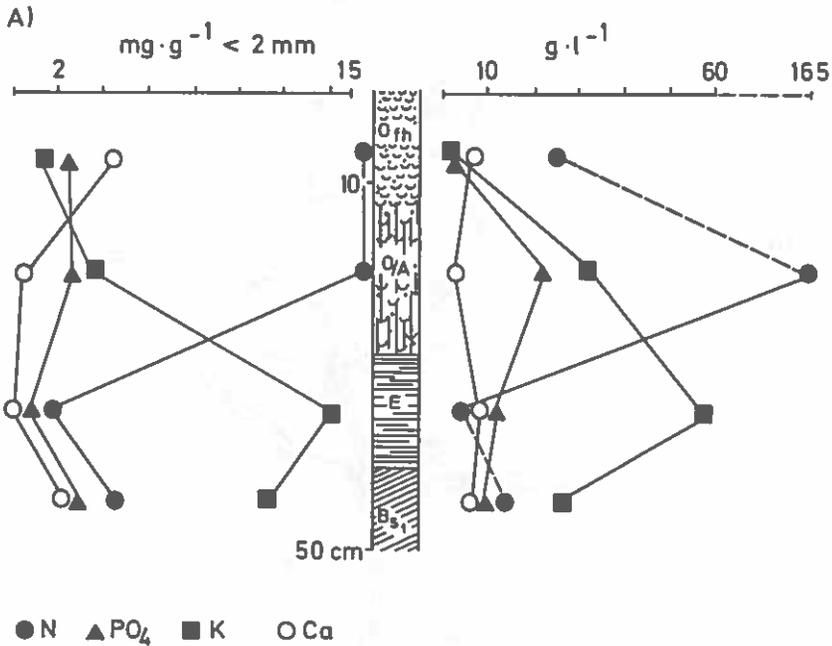
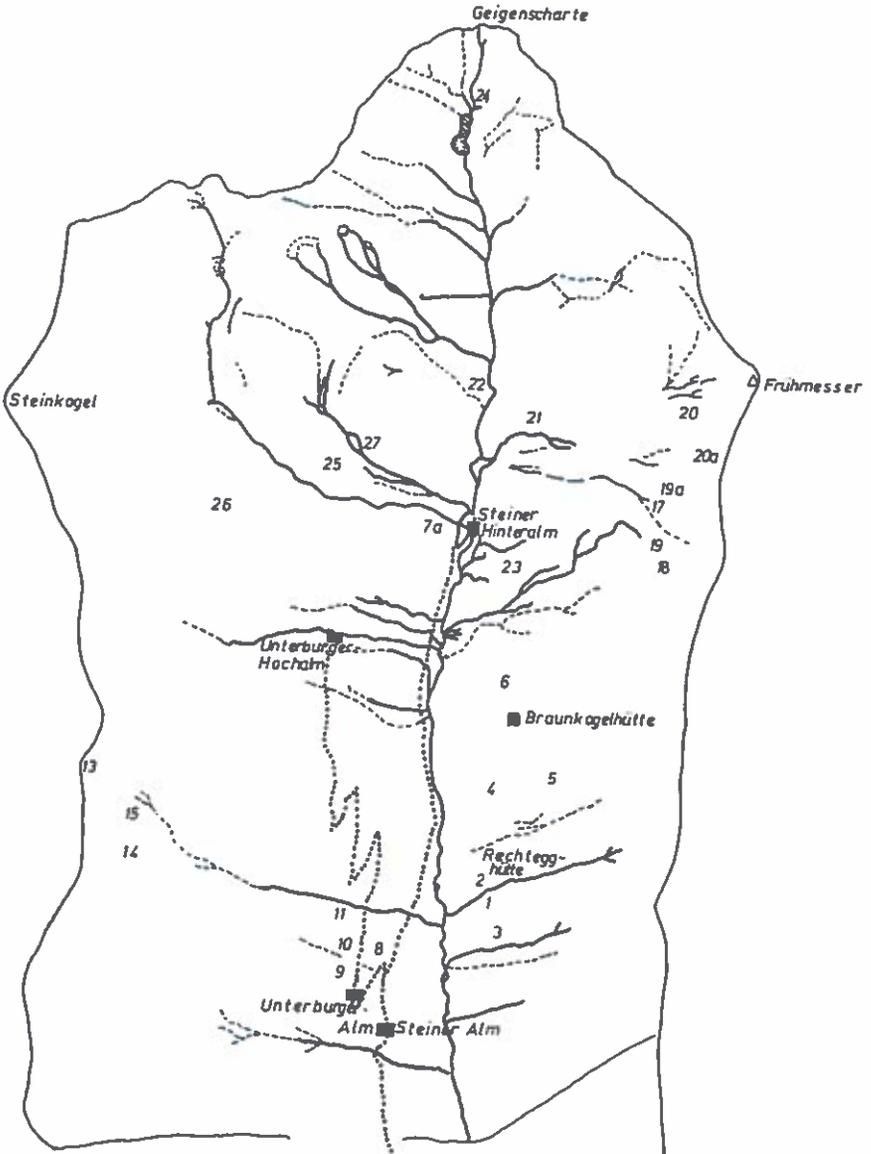


Bild 13: Bodenprofilnetz im oberen Einzugsgebiet des Dürnbaches. Die Profile 16 (Umgebung der Steinerkapelle) und 28 (Umgebung der Sperre) befinden sich im Bachmittellauf. Gepunktete Linie: Fahrstraße



3. BERECHNUNGSVERSUCHE IM EIN-
ZUGSGEBIET DES DÜRN BACHES

Von Horst Schaffhauser

- 3.1 Einleitung und Fragestellung
- 3.2 Versuchsdurchführung
- 3.3 Besprechung der Ergebnisse
- 3.4 Zusammenfassung
Summary
Resumé
- 3.5 Literatur
- 3.6 Beilagen

3. BERECHNUNGSVERSUCHE IM EINZUGSGEBIET DES DÜRNBACHES

von
Horst Schaffhauser

3.1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Der Erosionsforschung ist am Institut IX für Wildbachkunde an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien ein eigenes Forschungsprogramm (KRONFELLNER-KRAUS 1969) gewidmet, in dessen Rahmen auf verschieden bewirtschafteten Testflächen (100 m²) Berechnungsversuche durchgeführt werden. Vorarbeiten, die dieses Thema unmittelbar berühren, wie z. B. die Wasserhaushaltsuntersuchungen in subalpinen Böden (CZELL 1972) und die kartographische Erfassung erosionsgefährdeter Zonen durch pedologische und vegetationskundliche Aufnahmen (NEUWINGER 1969) wurden schon von der Außenstelle für subalpine Waldforschung in Innsbruck geleistet. Die Fragestellung bezieht sich auf das Abflußverhalten verschieden bewirtschafteter Testflächen nach künstlich niedergebrachten Katastrophenniederschlägen. Die dazu notwendige Niederschlagsmenge wurde durch eine Berechnungsanlage mit einer Maximalintensität von 100 mm h⁻¹ erzeugt. Ähnlich konstruierte Anlagen wurden bereits von mehreren Autoren wie KARL &

TOLDRIAN 1973, JEDLITSCHKA 1976 und SCHWARZ 1980 mit Erfolg eingesetzt. Die Versuchsflächen hatten ein Ausmaß von 4 x 25 m, wobei deren Längsseiten senkrecht zur Isohypse zu liegen kamen. Die Abflußmessungen erfolgten in kalibrierten Glas-fiberwannen.

3.2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Auswahl der Versuchsflächen erfolgte aufgrund der bodenkundlichen Kartierung (NEUWINGER 1980). Insgesamt wurden 25 Beregnungsversuche in 5 Gruppen entsprechend der Boden- und Vegetationsart bzw. Vegetationsdichte durchgeführt. Die erste Gruppe bildeten 3 Weideflächen auf pseudovergleyten Bodenserien, bei hangparalleler Gesteinslagerung mit unterschiedlichem Bedekungsgrad von *Rhododendron ferrugineum* (20% - 50% - 90%). Die zweite Gruppe umfaßt mehrere Steilhänge (35°-38° Neigung) auf mittel- bis tiefgründiger podsoliger Braunerde. Gruppe 3 beinhaltet Kahlschlagflächen (10°), die Gruppe 4 Waldflächen (20°) und schließlich die Gruppe 5 mehrere unbeweidete Schwemmkegelareale (4°-5°). (Zusammenfassung der Ergebnisse siehe Tabelle 1 und Diagramm 1).

Versuchsgruppe I, "Weideflächen", 1700 m ü.M
(siehe Abb. 1-3)

Beginnend mit 47,6% Abfluß bei neunzigprozentigem Pflanzenanteil (Abflußkurve 3) über 59,9% Abfluß bei 50% Alpenrosenanteil (Kurve 2) wurde schließlich bei 20% Alpenrosenanteil ein Abflußwert von 63,1% (Kurve 1) erreicht. Mit Abnahme des prozentuellen Anteiles von *Rhododendron ferrugineum* nimmt der Abfluß eindeutig zu.

Versuchsgruppe II, "Steilhangflächen"

(siehe Abb. 4)

Die Abflußergebnisse auf den Steilhängen (35° - 38°) schwankten zwischen 12% bis 14%. Die Hangneigung war kein entscheidender Faktor für eine Beschleunigung des Abflußverhaltens, sondern Einzelparameter wie Bodentyp und Vegetation waren ausschlaggebend (Abflußkurve 4).

Versuchsgruppe III, "Schlagflächen", 1400 m ü.M.

(siehe Abb. 5)

Die starke Vermoosung verzögerte sowohl den Abflußbeginn (nach 21 Minuten) als auch den Zeitraum des Einsetzens des konstanten Abflusses. Andererseits erstreckte sich durch den Einfluß der Pseudovergleyung des Bodens die Nachlaufphase auf 58 Minuten. 33% des Gesamtniederschlages kamen zum Abfluß (Kurve 5).

Versuchsgruppe IV, "Waldflächen", 1100 m ü.M.

Es konnte kein Oberflächenabfluß festgestellt werden. In einer Entfernung von 25 m wurde ein sporadischer, oberflächennaher Wasseraustritt im Böschungsabschnitt des Dürnbachfahrweges beobachtet.

Versuchsgruppe V, "unbeweidete Schwemmkegelflächen", 850 m ü.M.

Auf diesem extrem flachen Beregnungsfeld (4° - 5°) mit seiner flachgründigen Humusaufgabe auf Wildbachalluvionen setzte der Abfluß bereits nach 8 Minuten ein. Die Nachlaufphase endete nach 12 Minuten. Überraschend war das Ergebnis des Gesamtabflusses mit 58,9% (Kurve 6).

Erosionsversuch am linken Einhang unterhalb der Steineralm
1600 m ü. M. (siehe Bild 6)

Weiters wurde der Versuch unternommen, ob durch eine Niederschlagsmenge von 100 l/h/m^2 Massenbewegungen ausgelöst werden können. Auf einem 38° steilen Unterhang, der durch den Dürnbach seitlich unterschritten worden war, ereigneten sich nach 52minütiger Beregnung im oberen Bereich der Testfläche ein Muschelanbruch. Bis zu diesem Zeitpunkt war kein Oberflächenabfluß zu beobachten. An einer aufgeschlossenen Grenzfläche zwischen Hangschutt, vermischt mit fluvialem Material und sandig-lehmigen Moränenmaterial trat ein oberflächennaher Abfluß auf (siehe Abb. 7). Das Volumen der Mure betrug ca. 5 m^3 .

3.3

B E S P R E C H U N G D E R E R G E B N I S S E

In eindeutiger Weise nimmt mit Abnahme des prozentuellen Anteil von *Rhododendron ferrugineum* auf den Weideflächen der Abfluß zu. Die Versuche auf den Steilhängen erbrachten den Nachweis, daß eine Zunahme der Steilheit der Hänge keinen Einfluß auf das Abflußverhalten ausübte, sondern daß standortspezifische Faktoren (Bodentyp und Vegetation) die Hauptkriterien darstellten. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch beim Vergleich von Waldweiden - (Blößen-) und Kahlschlagflächen. Auf den Waldflächen konnte kein Oberflächenabfluß beobachtet werden. Für die Schwemmkegellagen mit ihren hohen Abflußwerten (55%) waren wiederum standortspezifische Faktoren (geringes Retentionsvermögen) maßgebend. Während Jungschuttbildungen, auf Grund unstabiler Talflanken, im Dürnbachtal (Mittellauf) überwiegen, sind Altschuttherde noch vereinzelt in Form von Terrassenresten (sandig-lehmiges Moränenmaterial) vorhanden. Innerhalb eines derartigen Altschuttherdes wurde durch einen Beregnungsversuch nach 52 Minuten ein hydraulischer Grundbruch (Muschalanbruch) mit einer Ablagerungskubatur von ca. 5 m^3 ausgelöst.

Dieser Bericht gibt Auskunft über die Abflußergebnisse von Beregnungsversuchen (100 l/h/m^2) auf kleinen Abflußparzellen (100 m^2) im Mustereinzugsgebiet Dürnbach.

Es wird das Abflußverhalten verschieden bewirtschafteter Testflächen (Weide - Wald - Kahlschlag) sowohl mit gleichen, als auch mit unterschiedlichen Standortbedingungen, wie Boden, Vegetation und Hangneigung, gegenübergestellt. Diese experimentell gewonnenen Abflußwerte können in weiterer Folge als Entscheidungshilfen bei der Gefahrenzonenplanung, weiters als Grundlage zur Erklärung von Erosionserscheinungen, in der Frage des Massentransportes und für gebietshydrologische Untersuchungen herangezogen werden.

S U M M A R Y

(ARTIFICIAL RAINFALL TESTS IN THE DÜRNBAACH DRAINAGE BASIN)

This report informes about the research results of rain tests (intensity 100 l/h/m^2) on small runoff plots (100 m^2) in the experimental watershed "Dürnbach".

The runoff conditions of different cultivated areas (pastures - forests - complete deforestation) have been compared not only between adequates but also different sites as soil, vegetation and inclination of slopes. This experimental run off measurements enable to separate danger areas, the calculation of mass transport and further erosion and bedload measurements.

R E S U M E

(ESSAIS DE PLUIE ARTIFICIELLE DANS LE BASSIN VERSANT DU TORRENT DÜRNBAACH)

Le présent rapport informe des résultats de recherches avec des essais pluviométriques (intensité 100 l/h/m²) sur de petits lots d'écoulement (100 m²) dans le bassin versant expérimental du ruisseau Dürnbach. Les conditions d'écoulement de terrains à différents régimes de culture (pâturages - forêt - déboisement) ont été comparées avec des endroits en partie similaires, en partie différents quant au sol, à la végétation et à l'inclinaison de la pente. Ces mesurages d'écoulement permettent d'identifier les zones de danger et de calculer le transport de débris, l'érosion et le charriage de sédiments.

3.5

L I T E R A T U R

- CZELL, A., 1972: Wasserhaushaltsuntersuchungen in subalpinen Böden. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, 98/1972.
- JEDLITSCHKA, M., 1976: Der Einfluß der mechanischen Bodenverdichtung auf Wasserabfluß im Flysch. Österr. Wasserwirtschaft, Jg. 28, 3/4, 1976.
- KARL, J. & H. TOLDRIAN, 1973: Eine transportable Berechnungsanlage für Messungen von Oberflächenabfluß und Bodenabtrag. Wasser und Boden Nr. 25, H. 3.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1969: Versuchs- und Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Wildbach- und Lawinenverbauung. Allg. Forstzeitung, Jg. 80, Folge 4, 69-72.
- NEUWINGER, I., 1969: Gefahrenzonen der Erosion in den Alpentälern. Ein Beitrag zur Erosionskontrolle. Allg. Forstzeitung, Jg. 80, Folge 5, 81-85.
- SCHWARZ, O. (1980): Bodenabtrag im Wald. Allg. Forst- und Jagdzeitung, Jg. 159, H. 9.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Ergebnisse der Berechnungsversuche im Dürnbach

Versuchsfelder	Bodentyp	Vegetation	Hangneigung	Abflußbeginn	Einsetzen d. konst. Abflusses	Nachlaufdauer	Abflußintensität mm/h
Gruppe I: Weideflächen (1700 m ü.M.)	flachgründige, pseudovertgleyte Bodenserien, Glazialschutt auf hangparalleler Gesteinslagerung	90% Rhododendron 50% den-dron 20% ferrugineum	200-250	12' 6' 3'	24' 10'30" 9'	30' 28' 13'	47,6 59,9 63,1
Gruppe II: Beweidete Steilhangflächen (1700 m)	mittel- bis tiefgr. podsolige Braunerde	Rhododendron 40% den-ferrugineum	350-380	4'	23'	11'	12,2
Gruppe III: Schlagflächen (1400 m)	pseudovertgleyte Braunerden	stark vermoost	100-150	21'	33'	58'	33,0
Gruppe IV: Waldflächen (1100 m)	flachgründige Humusauflage + pods. Braunerde auf Hangschutt	teilweise vermoost	200-250	sporadischer, oberflächennaher Wasserausritt im Böschungsanschnitt des Dürnbachfahweges in einer Entfernung von 25 m von der Testfläche			
Gruppe V: Unbeweidete Schwemmel-gelände (850 m)	flachgründiger Humus auf Alluvionen (Lehmige Sande)	Wiese	40-50	8'	21'	12'	58,9

DIAGRAMM 1:
Versuchsreihe "Dürnbach"

Versuchsgruppe I:

Weideflächen (1700 m, 200-250 Neigung)

Kurve 1 = Weide 20% Rhodod. ferrug.

Kurve 2 = Weide 50% Rhodod. ferrug.

Kurve 3 = Weide 90% Rhodod. ferrug.

Versuchsgruppe II:

Steilhangflächen (1700 m, 350-380 Neigung)

Kurve 4 = Steilhang 40% Rhodod. ferrug.

Versuchsgruppe III:

Schlagflächen (1400 m, 100)

Kurve 5 = Kahlschlag, vermoost

Versuchsgruppe IV:

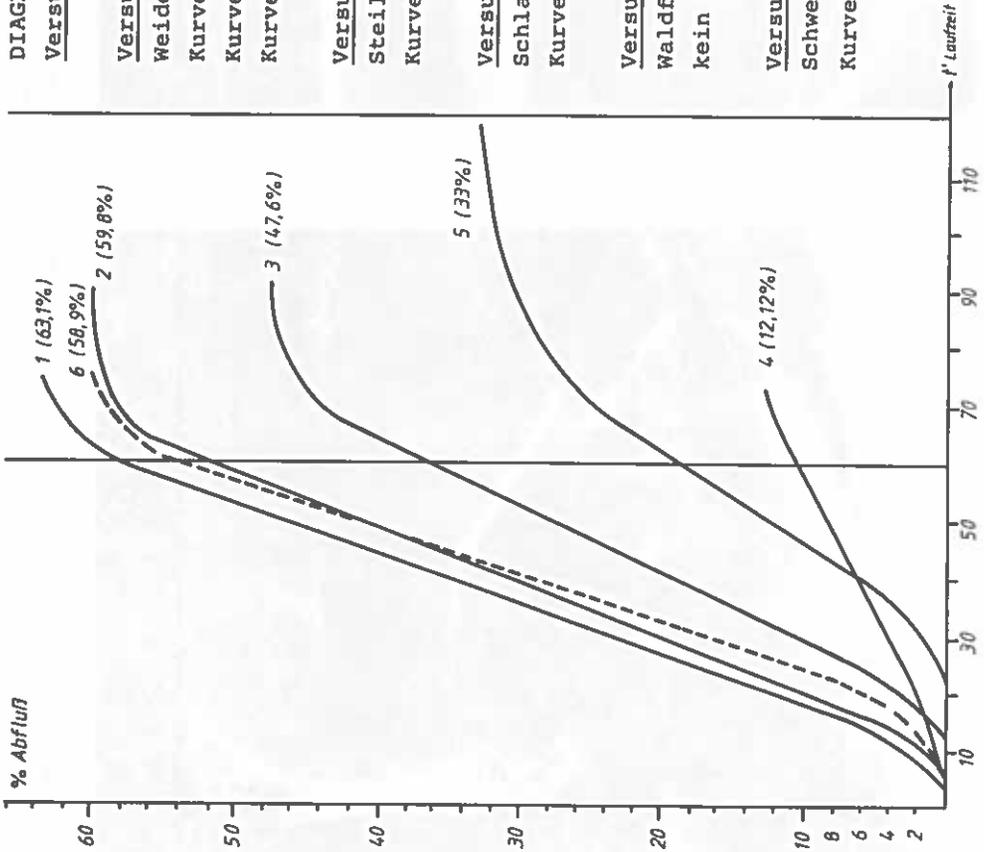
Waldflächen (1100 m, 200-250)

kein Oberflächenabfluß

Versuchsgruppe V:

Schwemmkegelflächen (850 m, 40-50)

Kurve 6 = unbeweidetes Areal mit Graswuchs



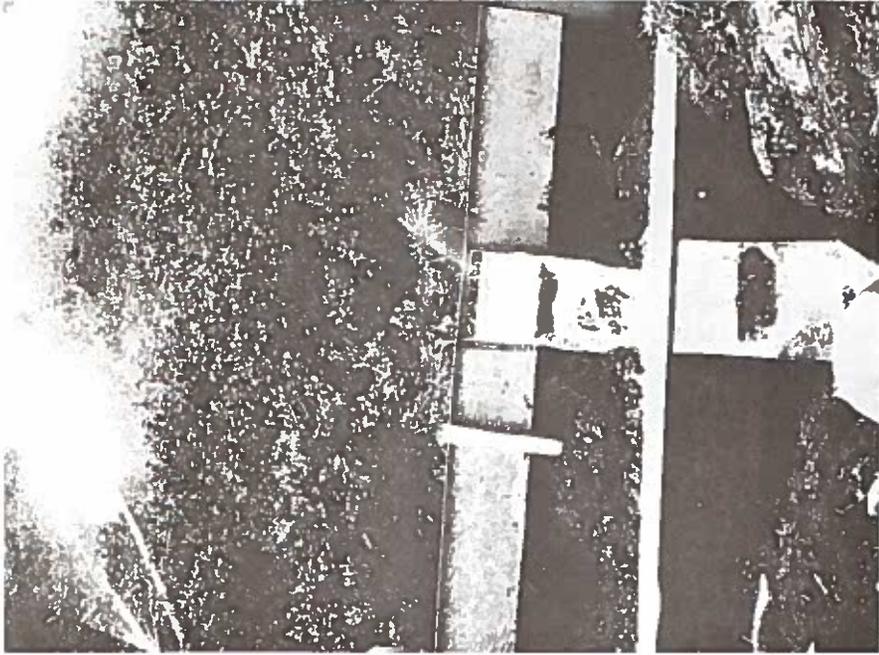


Abb. 2: Weide mit 50 % Anteil von Rhododendron ferrugineum

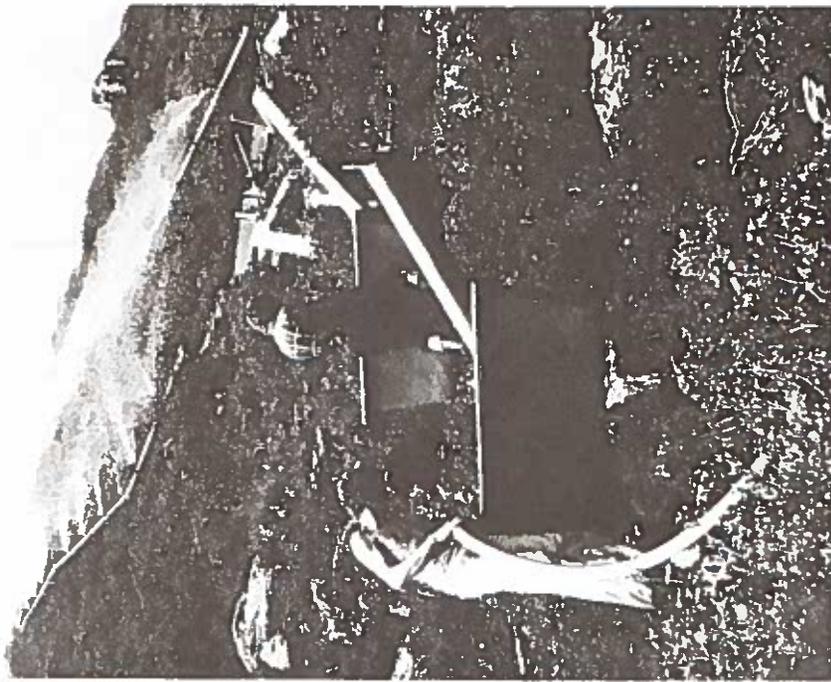


Abb. 1: Weide mit 90% Anteil von Rhododendron ferrugineum

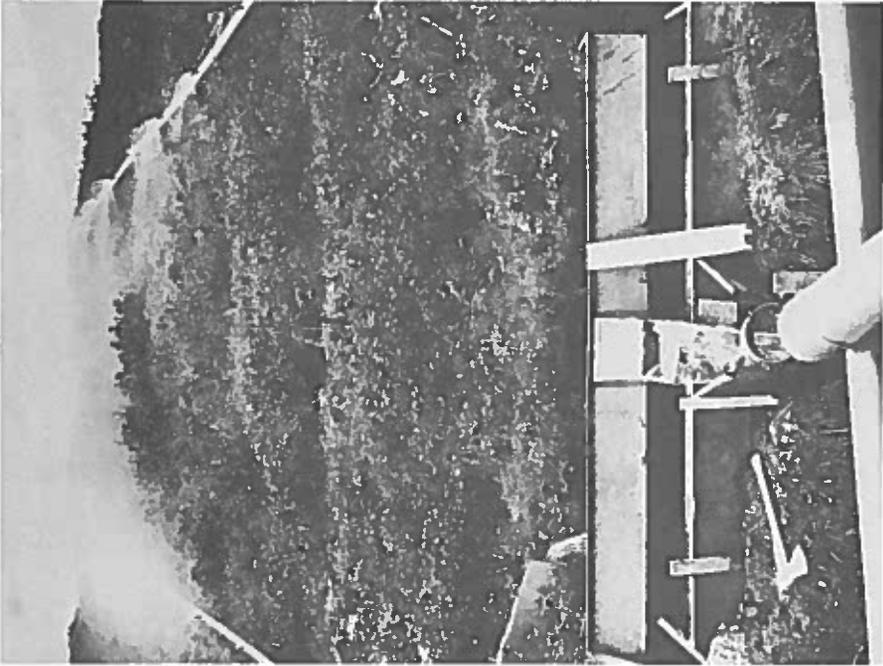


Abb. 3: Weide mit 20% Anteil von Rhododendron ferrugineum

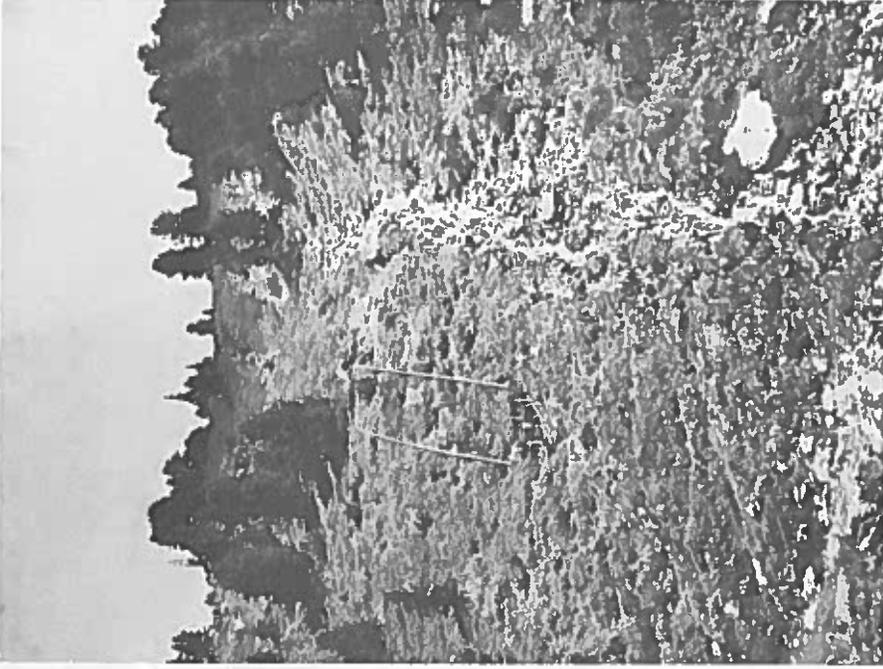


Abb. 4: Steilhang (350-380) mit 40% Anteil von Rhododendron ferrugineum



Abb. 5: Schlagfläche im Feuchtwald



Abb. 6: Testfläche an der Basis einer instabilen Talflanke (linksufrig) im Dürnbachtal bachthal im Übergangsbereich vom Oberlauf zum Mittellauf



Abb. 7: Ausmaß des Muschelansturmes; oberflächennaher Wasseraustritt entlang eines Stauhinterlages (lehmnige Moränensande)

4. HOCHWASSERBESTIMMUNG UND
EINFLUSSFAKTOREN IM
DÜRNBACH AUFGRUND VON
MESSUNGEN

Von Gerhard Ruf

4.1 Einleitung

4.2 Methoden

4.3 Vorläufige Ergebnisse

4.3.1 Häufigkeitsverteilung der Hochwässer

4.3.2 Einflußgrößen auf Hochwässer

4.3.2.1 Die Niederschlagsverteilung

4.3.2.2 Abflußanteile auf Teilflächen

4.3.2.3 Fließzeiten

4.4 Durchflußprofile für Hoch-
wasser und Geschiebetrieb

4.4.1 Durchflußmenge des Wassers

4.4.2 Geschiebetrieb und Fließgeschwindigkeit

4.4.3 Abflußvorgang und Abflußstörung

4.5 Zusammenfassung

Summary

Resumé

4.6 Literatur

4.7 Verwendete Formeln und
Berechnungen

4.7.1 Gebietsparameter

4.7.2 HW-Bemessungsverfahren

4.7.3 Geschiebetrieb und Durchflußgeschwindigkeit

4. HOCHWASSERBESTIMMUNG UND
EINFLUSSFAKTOREN IM
DÜRN BACH AUFGRUND VON
MESSUNGEN

von
Gerhard Ruf

Technische Mitarbeit:
Franz Platzer und Kurt Weissenbeck

4.1 EINLEITUNG

Die zur Abschätzung von Hochwässern in kleinen Einzugsgebieten des Gebirges zur Verfügung stehenden Verfahren liefern sehr unterschiedliche Werte und werden allgemein als mangelhaft empfunden. Dies bedeutet große Unsicherheiten bei der Bemessung von Verbaumaßnahmen, Regelgerinnen und Gefahrenzonen. Im Dürnbach als einem repräsentativen Einzugsgebiet für eine Reihe von Salzachzuflüssen der Region werden deshalb seit 1969 vom Institut für Wildbachkunde der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Untersuchungen durchgeführt, die sowohl wirklichkeitsnahe Hochwasserwerte als auch Einblick in die Zusammenhänge bei der Entstehung von Hochwässern liefern sollen. Über die bisher vorliegenden Ergebnisse wird berichtet (weitere Analysen von gemessenen Hochwasserganglinien sind zu einem späteren Zeitpunkt geplant).

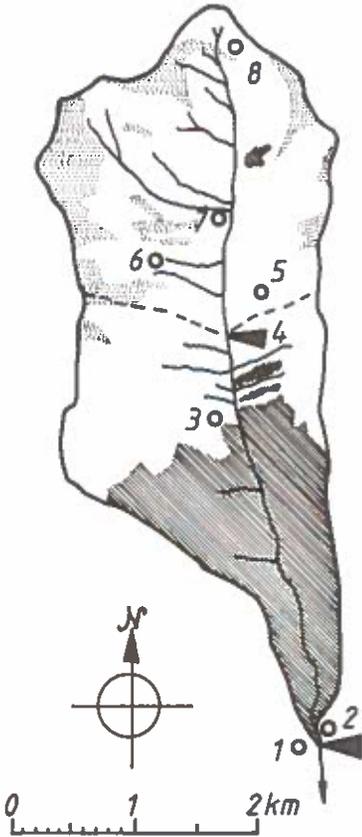
M E T H O D E N

Eine Verbesserung der Kenntnisse über Hochwässer im Dürnbach wird auf zwei Wegen angestrebt: dem statistischen, der durch Extrapolation der Häufigkeitsverteilung der gemessenen Werte Hochwasserspitzen bestimmter Wahrscheinlichkeiten liefert, und einem analytischen, der anhand von gemessenen Einflußgrößen Zusammenhänge bei der Hochwasserentstehung erkennbar machen soll. Dazu werden folgende Messungen betrieben.

An zwei Stationen wird der D u r c h f l u ß registriert, wovon sich eine (in der Kompetenz des hydrographischen Dienstes) am Übertritt des Dürnbaches vom Graben auf den Schwemmkegel befindet (Station "Sanglbrücke", Abb. 3) und die Abflüsse von einer zu 30% bewaldeten Einzugsgebietsfläche von 9,0 km² erfaßt, und die zweite in der Almregion (Station "Steineralm", Abb. 2), welche die Abflüsse von einer praktisch waldfreien Fläche von 4,3 km² mißt. Die baulichen Entwürfe zu diesen Durchflußstationen standen am Anfang einer Entwicklung, die - ausgehend von ähnlichen Gestaltungen, wie sie in Flüssen gebräuchlich sind - anhand der Erfahrungen schließlich zu einer Bautype führte, die den Bedingungen in Wildbächen mit schwerem Geschiebetrieb besser gerecht wird (RUF 1981). Demgemäß bestehen trotz Umbauten noch gewisse Mängel, die vor allem den Niederwasserbereich in der Talstation und die Eichkurven betreffen, deren Unsicherheit aber soweit begrenzt werden konnte, daß die Größenordnung der Meßwerte nicht wesentlich beeinträchtigt sein dürfte.

Zur Erfassung der G e b i e t s n i e d e r s c h l ä g e besteht ein Meßnetz von 3 Registriergeräten, wovon eine beheizte Station ganzjährig mißt, ferner einem Tagesniederschlagsmesser und drei Sammlern (Abb. 1). Alle Geräte sind mit Windschutz ausgestattet. Zusätzlich wird auch die Temperatur und die Schneehöhe erfaßt.

Abb. 1: Netz der dauernden hydrologischen Meßstationen im Dürnbach



- | | | |
|---|--------------------|-------------------------------|
| 1 | Wieshof: | Niederschlag (Tagessummen) |
| | | Schnee (Höhe, Neuschneehöhe) |
| | | Temperatur (Ganglinie) |
| | | Luftfeuchte (Ganglinie) |
| 2 | Sanglbrücke: | Durchfluß (Ganglinie) |
| | | Niederschlag (Ganglinie) |
| 3 | Steineralm: | Niederschlag (Ganglinie) |
| | | Niederschlag (period. Summen) |
| 4 | Steineralm: | Durchfluß (Ganglinie) |
| 5 | Braunkogelhütte: | Niederschlag (period. Summen) |
| 6 | Untenburg-Hochalm: | Niederschlag (period. Summen) |
| 7 | Steiner-Hinteralm: | Niederschlag (Ganglinie) |
| | | Schnee (Höhe, Wasserwert) |
| 8 | Geigenscharte: | Niederschlag (period. Summen) |
| | | Schnee (Höhe, Wasserwert) |

Wald

Ödland



Abb. 2: Abflußstation Steineralm (oberes Teilgebiet)

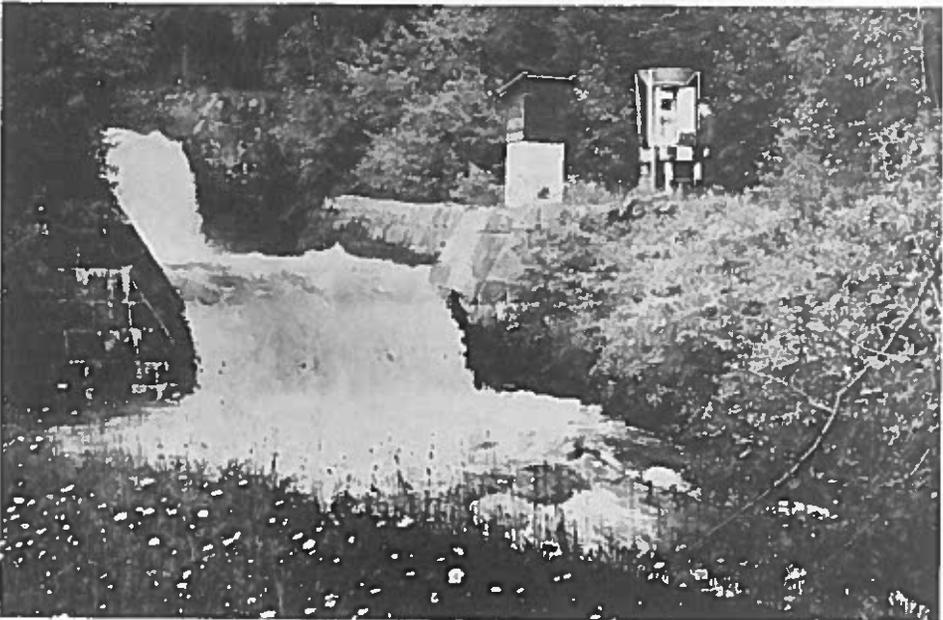


Abb. 3: Abflußstation Sanglbrücke (Gesamtgebiet)

Abb. 4 a und b: Oberes Einzugsgebiet

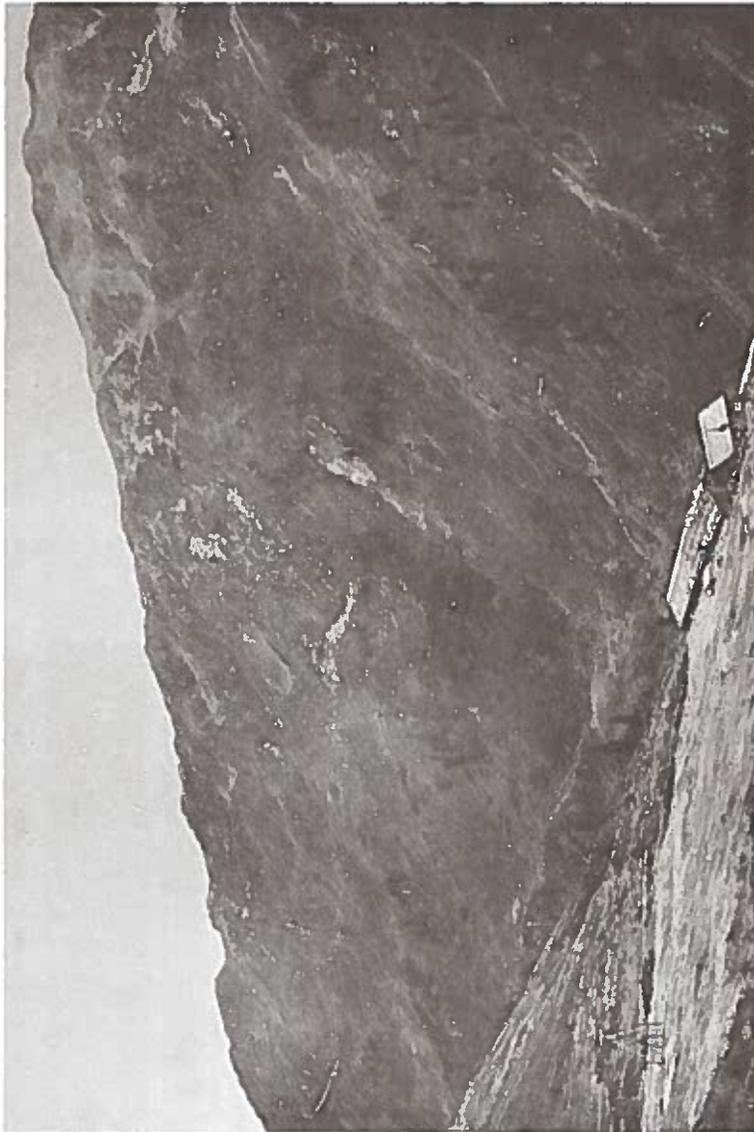


Abb. 4 a: W-Hang (Podsol-Serien); höhere Niederschläge, aber höhere Speicherfähigkeit und geringe Gerinnedichte



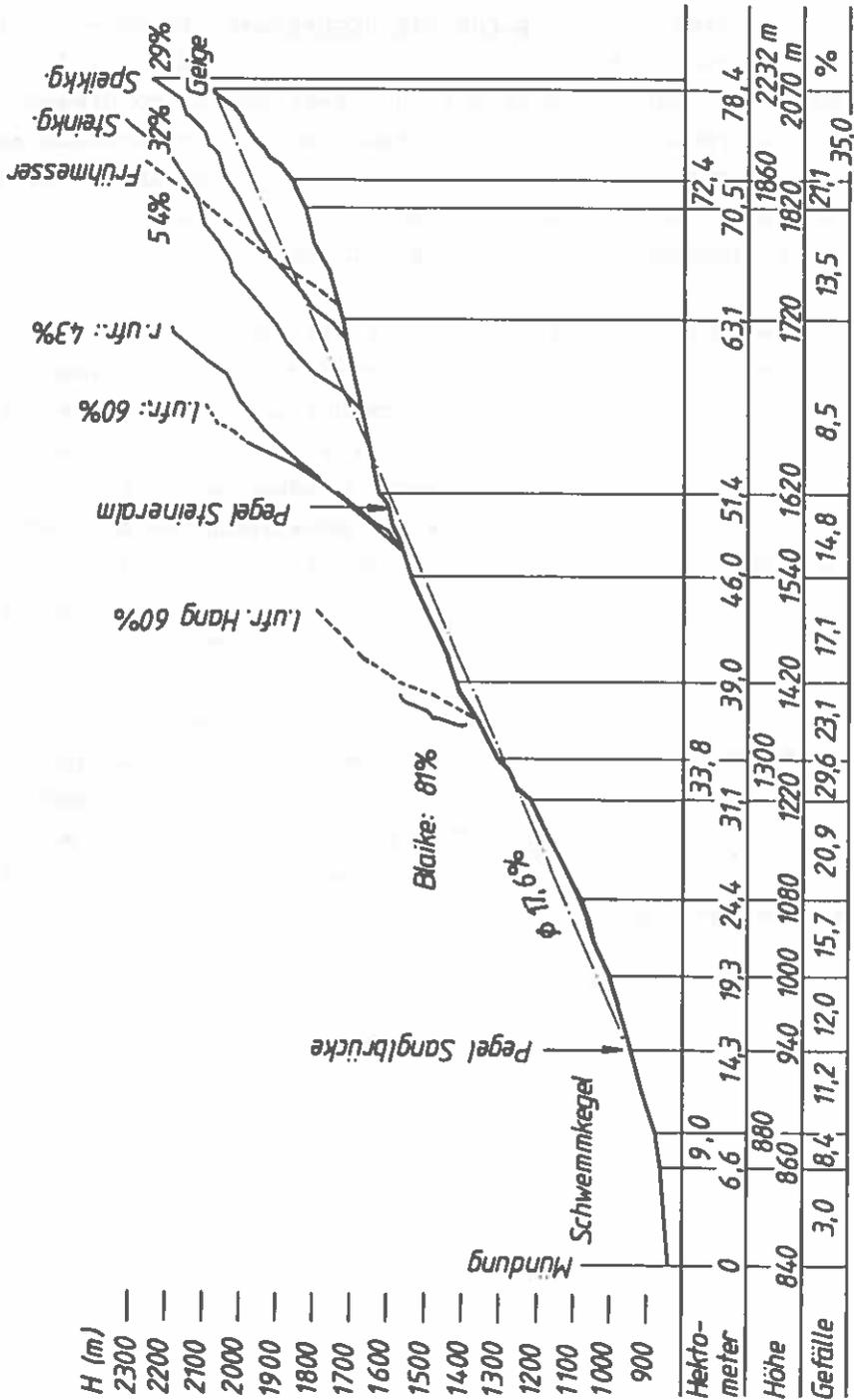
Abb. 4 b: O-Hang (Pseudogley-Böden); geringere Niederschläge,
aber höherer Abflussanteil und höhere Gerinnedichte



Abb. 5: Große Blaike im Mittellauf (Schluchtstrecke, hm 36-38)
vom Gegenhang

Abb. 6:

LÄNGENPROFIL
2, 5 fach überhöht



Als weiterer Parameter für die Hochwasserbildung wird die unterschiedliche Reaktion von Teilflächen auf Niederschläge bestimmt, und zwar wurden zu diesem Zweck von H. SCHAFFHAUSER (in diesem Band) Berechnungsversuche auf 100 m² großen Abflußparzellen durchgeführt. Als Anhalt zu deren Gebietsverteilung wurde die Bodenkartierung von I. NEUWINGER (in diesem Band) herangezogen.

Da Zweifel an der Gültigkeit der gebräuchlichen Fließformeln (MANNING-STRICKLER, KIRPICH) für die Verhältnisse in steilen Wildbachgerinnen berechtigt erscheinen, wurden Meßserien der Fließgeschwindigkeit über längere Gerinneabschnitte in verschiedenen Wildbächen mit Salz als Tracer begonnen (Abb. 7-9). Die aus den Schwerpunkten der registrierten Salzwolken gewonnenen mittleren Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Wasserführungen sollen eine Extrapolation auf hohe Abflüsse bzw. einen Bezug auf Gerinneparameter gestatten.

Für die Dauer des Winters 1983/84 wurde von R. STERN und J. PLATTNER, einem Team der Außenstelle für subalpine Waldforschung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, im Kammbereich des Einzugsgebietes ein Windgeber betrieben und nach Windweg und -richtung ausgewertet, um einen Anhalt für die Schneeverfrachtung zu beschaffen.



Abb. 7: Fließzeitmessung; Herstellen der Tracerlösung zur Einspeisung



Abb. 8: Fließzeitmessung; Meßausrüstung zum Registrieren der elektrischen Leitfähigkeit



Abb. 9: Fließzeitmessung in der verbauten Strecke (hm 25,5);
Meßplatte zur Korngrößenermittlung im Vordergrund

4.3.1 H ä u f i g k e i t s v e r t e i l u n g d e r H o c h w ä s s e r

Für die Erstellung von extrapolierbaren Häufigkeitsverteilungen werden allgemein Meßreihen über mindestens 20 Jahre als nötig erachtet (LINSLEY, KOHLER, PAULHUS 1975; KURATORIUM FÜR WASSER UND KULTURBAUWESEN 1976). DYCK (1980) nennt als Grenze eine Extrapolation bis zur 2- bis 3fachen Länge der Meßperiode. Von der Station "Sanglbrücke" liegt nun eine Meßreihe von 16 Jahren, von der Station "Steineralm" eine solche von 11 Jahren vor. Aus Tabellen für die Zuverlässigkeit von Extrapolationen von Hochwasserspitzen (LINSLEY, KOHLER, PAULHUS 1975; DRACOS 1980) ergibt sich, daß damit für die Station "Sanglbrücke" ein 50jähriger Spitzendurchfluß abgeschätzt werden kann, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% innerhalb eines Streubereiches $\pm 25\%$ liegt, und für die Station "Steineralm" mit gleicher Sicherheit das 25jährliche Hochwasser. Allgemein ergibt eine zu kurze Meßreihe die Gefahr einer Überschätzung seltener Ereignisse (DYCK 1980).

Fügt sich nun eine Meßreihe so gut in die theoretische Verteilungskurve wie die Werte der Stationen im Dürnbach in die 1. Extremwertverteilung, die sog. Gumbelverteilung (die Pearson-III-Verteilung paßt nicht), so wird man unter Bedacht der erwähnten Einschränkungen auch die Extrapolation auf die 100jährliche Hochwasserspitze beachten (Tab. 1, 2; Abb. 10 und 11). Dazu ermutigen auch die Kurvenlagen der noch kürzeren Datenreihen zu früheren Zeitpunkten sowie die Tatsache, daß ein einzelnes sehr großes Hochwasser keine Änderung bedeuten würde, da ein solcher Wert als sog. "Ausreißer" ("off-control data") mit einer zu vermutenden Wahrscheinlichkeit weit außerhalb der gemessenen Perio-

Tab. 1: Jahreshöchst durchflüsse der Station Sanglbrücke 1969-1984, Parameter und Ergebnisse der 1. Extremwertverteilung (Gumbelverteilung)

Rang	Datum	Durchfluß m ³ /s
1	25.06.1975	11,59
2	31.07.1977	10,96
3	30.09.1983	10,02
4	06.08.1981	8,64
5	26.06.1979	7,97
6	10.07.1974	7,50
7	25.07.1970	6,99
8	18.07.1978	6,99
9	14.06.1980	6,46
10	26.07.1982	6,27
11	21.05.1984	4,88
12	05.05. und 16.08.1973	4,77
13	16.08.1972	4,73
14	21.08.1976	4,55
15	29.07.1969	4,34
16	10.05.1971	3,25

$$Q_T = y \cdot 1/\mathcal{L} + u$$

$$y = -\ln(-\ln \Phi)$$

$$\Phi = 1 - 1/T$$

$$N = 16$$

$$\bar{Y}_N = 0,5157$$

$$\epsilon_N = 1,0316$$

$$s = 2,410$$

$$\mathcal{L} = 0,428$$

$$u = 5,633$$

$$x = 6,838$$

$$Q_T = y \cdot 2,336 + 5,633$$

$$Q_{2,33} = 6,98 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{10} = 10,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{30} = 13,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = 14,75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 16,38 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tab. 2: Jahreshöchst durchflüsse der Station Steineralm 1972, 1974 - 1976, 1978-1981, 1983-1985, Parameter und Ergebnisse der 1. Extremwertverteilung (Gumbelverteilung)

Rang	Datum	Durchfluß m ³ /s
1	30.09.1983	9,60
2	26.06.1979	7,59
3	06.08.1981	7,49
4	18.07.1978	7,40
5	25.06.1975	6,72
6	04.08.1980	5,34
7	06.08.1985	3,89
8	10.07.1974	3,58
9	16.08.1972	2,88
10	21.05.1984	2,80
11	21.08.1976	1,90

$$N = 11$$

$$\bar{Y}_N = 0,4996$$

$$N = 0,9676$$

$$s = 2,4026$$

$$\mathcal{L} = 0,4027$$

$$u = 4,1404$$

$$x = 5,3809$$

$$Q_T = y \cdot 2,483 + 4,14$$

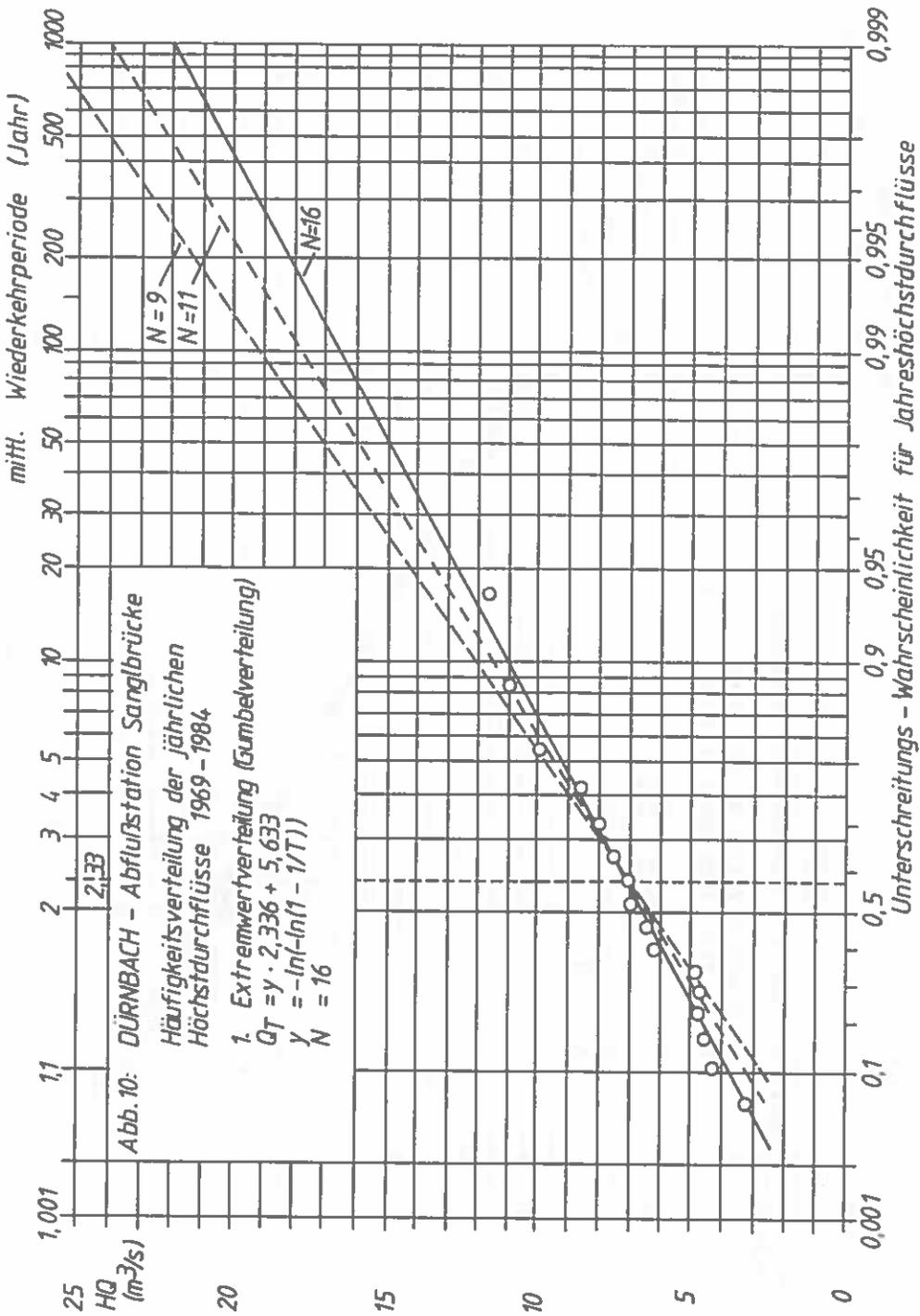
$$Q_{2,33} = 5,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

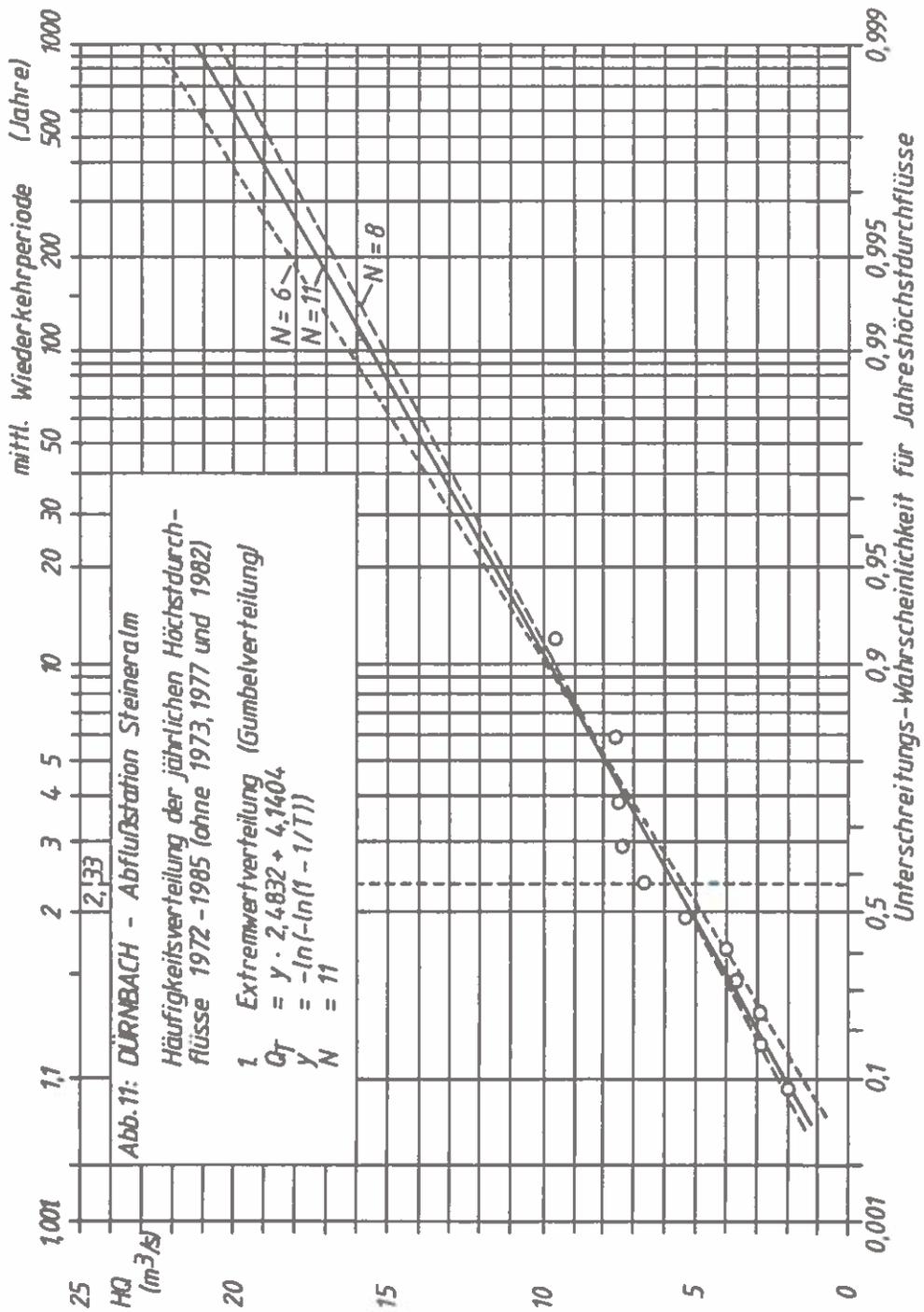
$$Q_{10} = 9,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{30} = 12,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{50} = 13,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 15,56 \text{ m}^3/\text{s}$$





denlänge vorschriftsgemäß eliminiert werden müßte (VEN TE CHOW 1964; DYCK 1980). Und schließlich stellt die auch noch so kurze Häufigkeitsverteilung aus gemessenen Abflußwerten zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch immer die am besten gesicherte Unterlage für den Dürnbach dar. Es ergeben sich daraus die Werte:

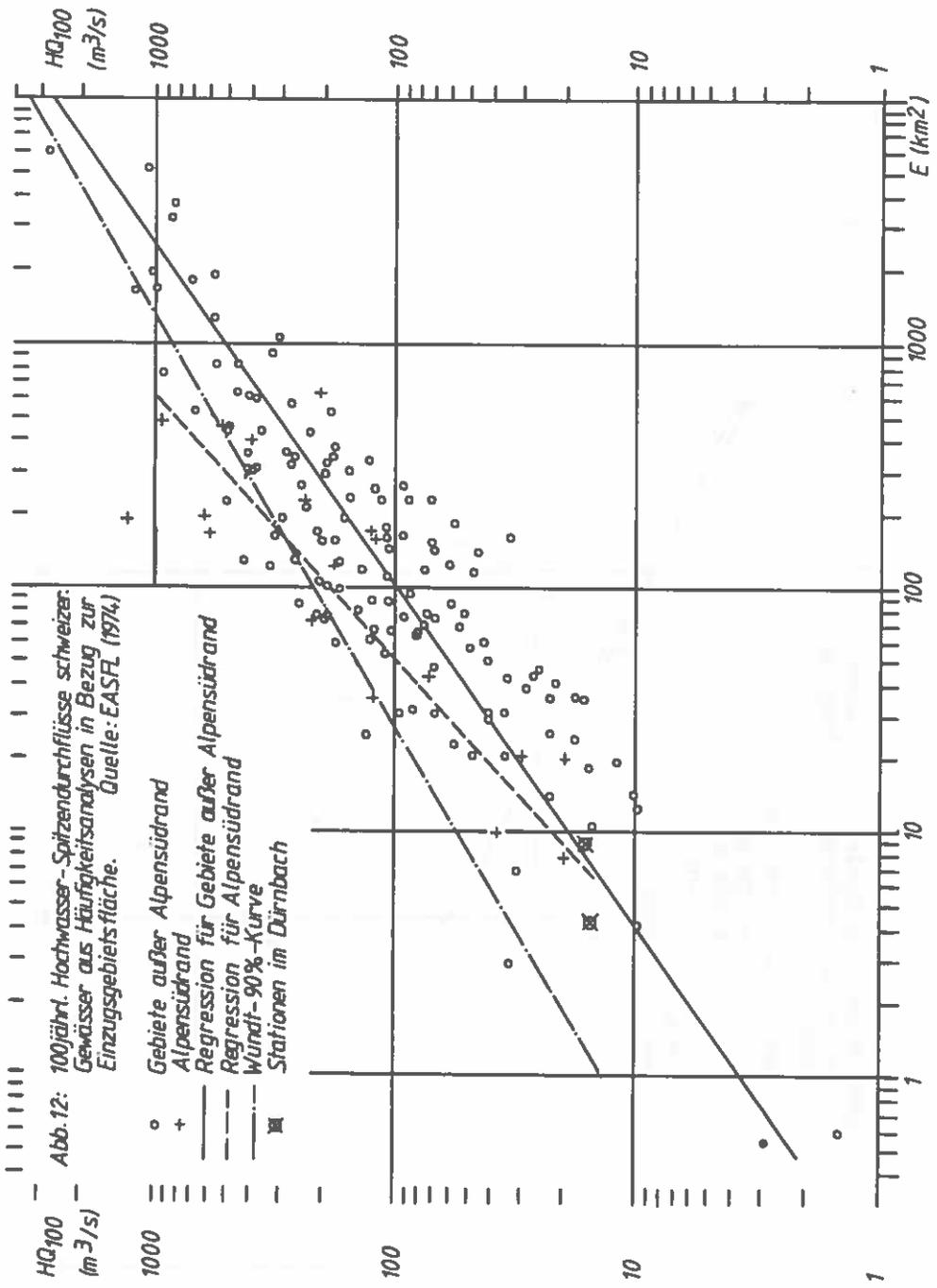
$HQ_{100} \approx 16,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (Sanglbrücke) und $HQ_{100} \approx 15,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Steineralm).

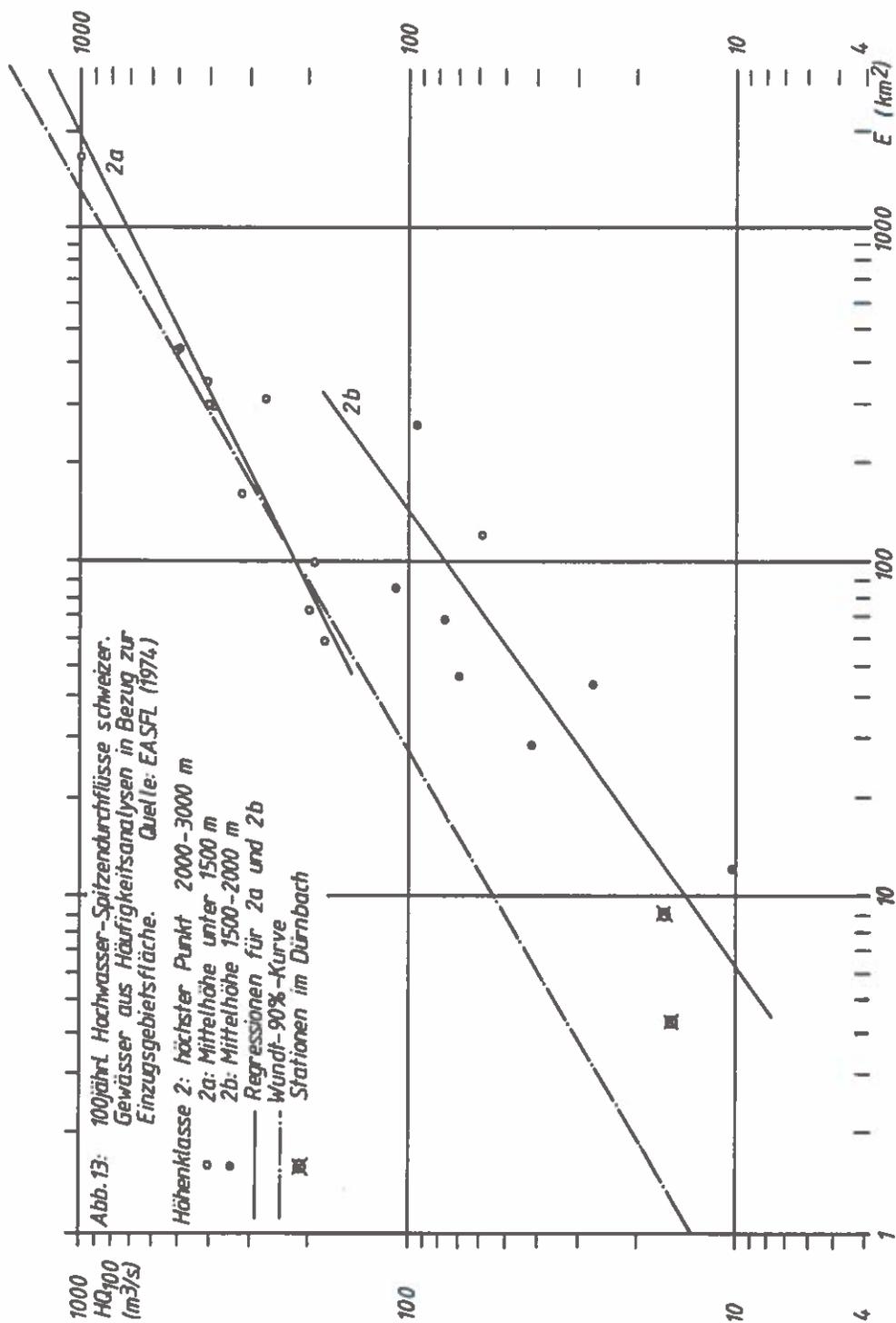
Ein Vergleich mit Bemessungswerten aus den für Wildbäche gebräuchlichen Verfahren (Rechengänge siehe Kapitel 4.7.2) läßt sie allerdings sehr niedrig erscheinen (Tab. 3).

Tab. 3: Hochwasserspitzendurchflüsse unbestimmter Wahrscheinlichkeit für den Dürnbach nach gebräuchlichen Bemessungsmethoden im Vergleich mit HQ_{100} aus Häufigkeitsverteilung

Methode	Formelergebnisse		HQ ₁₀₀ aus Frequenzanalyse in % der Formelergebnisse	
	Sanglbrücke	Steineralm	Sanglbrücke	Steineralm
	m ³ /s	m ³ /s	%	%
Wundt 90%	51,6	33,1	32	47
Rationalmethode	37,1	27,5	44	57
Hofbauer	99,0	87,0	17	18
Hampel	36,1	18,9	45	82
Hampel/Müller	34,0	21,1	48	74
Müller	88,1	64,0	19	24
Hoffmann L.	27,4	18,6	60	84
Kürsteiner	45,8	30,6	36	51
Kresnik	75,0	51,8	22	30

Verwendet man aber Verfahren, die aus Frequenzanalysen (d.h. Extrapolation aus gemessenen Werten mit eindeutig definierter Wahrscheinlichkeit) hervorgegangen sind, sieht der Vergleich anders aus. Das Verfahren von SYDLER & ZOLLINGER (1983), das aus 90 Hochwasser-Häufigkeitsverteilungen schweizerischer und österreichischer Kleineinzugsgebiete entwickelt wurde und bei dem aus unbeeinflussbaren Gebietsmerkmalen die Parameter der Gumbelverteilung bestimmt werden, liefert für das Profil Sanglbrücke eine mit den Meßdaten nahezu identische Verteilung. Für das Profil Steineralm ergibt sich sogar eine etwas niedrigere Verteilung, doch muß angenommen werden, daß sich das Verfahren für Einzugsgebiete bis ins Tal des Vorfluters besser eignet als für alpine und subalpine Teilflächen. Ein ähnliches Bild zeigt der Vergleich mit den Spendenlinien des Hydrographischen Dienstes, sowie mit dem im oberen Salzachtal ermittelten Verhältnis von HQ_{10}/HQ_{100} , worüber von NOBILIS (in diesem Band) ausführlich berichtet wird. Noch ein weiterer Vergleich wurde durchgeführt: in der viel beachteten Veröffentlichung des EIDGENÖSSISCHEN AMTES FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU (1974) sind nicht nur dem Titel entsprechend die größten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern, sondern auch die viel aussagekräftigeren Hochwasserfrequenzkurven aus langen Meßreihen für 238 Pegelstellen publiziert, denen gesicherte Werte mit definierter Wahrscheinlichkeit entnommen werden können. Die Auslese der kleinen Einzugsgebiete ohne Kraftwerkseinfluß und mit einem Seeanteil unter 3% lieferte 134 HQ_{100} - Werte. Diese wurden - sowohl insgesamt, als auch in Höhenstufen - mit der Einzugsgebietsgröße korreliert, und es zeigt sich, daß die für den Dürnbach errechneten Werte nahe der Regressionsgeraden, zum Teil sogar darüber liegen (Abb. 12 und 13).





Tab. 4: Vergleich von Spitzendurchflüssen verschiedener Wahrscheinlichkeit für den Dürnbach aus Verfahren auf der Basis von Frequenzanalysen

	Sanglbrücke: m ³ /s			Steineralm: m ³ /s		
	HQ10	HQ50	HQ100	HQ10	HQ50	HQ100
Häufigkeitsverteilung aus Messungen	10,9	14,8	16,4	9,7	13,8	15,6
Verfahren von Sydler & Zollinger	10,8	15,1	16,9	7,7	10,8	12,1
Regression schweiz. HQ100 insgesamt			17,8			10,5
wie vor, jedoch Höhenklasse 2 b allein (sh. Abb. 13)			13,1			7,6

Das heißt also, daß die für den Dürnbach ermittelten Werte von HQ100 \cong 16,4 m³/s (Sanglbrücke) bzw. 15,6 m³/s (Steineralm) durchaus entsprechen. Warum aber dann die großen Unterschiede zu den Schätzformeln der Tab. 3 ? Dafür kommen zwei Ursachen in Betracht:

1. Den Schätzformeln liegen teilweise Werte zugrunde, die aus Hochwasserspuren zurückgerechnet wurden, mit möglicherweise überschätzten Profilen (Ablagerungen, Stau und Wellenspuren) und mittels der Strickler-Formel, die für rauhe Wildbachgerinne und schweren Geschiebetrieb sicher zu hohe Geschwindigkeiten liefert.
2. Die Häufigkeitsverteilung extrapoliert die Verhältnisse von kleineren Hochwässern mit relativ regelmäßigen Fließ- und Transportzuständen und relativ geringem Geschiebeanteil auf die seltenen Ereignisse. Geschiebeanteil und stoßweiser Abfluß infolge Rutschungen und Verklausungen sind daher zu gering berücksichtigt.

4.3.2.1 Die Niederschlagsverteilung

Das obere Salzachtal bei Neukirchen ist durch die inneralpine Lage gegen die vorherrschende Niederschlagsrichtung NW mäßig abgeschirmt, sodaß in Niederschlagskarten der Talboden als schmale Insel mit Jahressummen um 1000 mm erscheint, während südlich davon gegen den Alpenhauptkamm ein sehr steiler Anstieg (Stauzone), auf der Abdachung der Kitzbüheler Alpen nördlich davon, auf der Leeseite, über die sich das Einzugsgebiet des Dürnbaches erstreckt, ein mäßiger Anstieg der Niederschlagsmengen mit Isothyeten entlang der Höhenschichten vermutet wird. Mit Hilfe von Regressionen zwischen den Meßwerten der im Einzugsgebiet verteilten Stationen in Seehöhen von 940 m bis 2010 m war es möglich, die kleinräumige Niederschlagsverteilung innerhalb dieses Anstieges zu ermitteln.

Aus Monatssummen, bei Korrelationskoeffizienten zwischen $r = 0,91$ und $r = 0,99$ (mit einer Ausnahme $r = 0,71$), ergab sich eine Verteilung für langfristige Niederschlagssummen, die keineswegs nur den Höhenschichten entspricht, sondern das Einzugsgebiet wieder in einen Luvhang (Westhang) und einen Leehang (Osthang) mit sehr unterschiedlichem Anstieg teilt, wobei der Gipfel des Frühmessers (2233 m) im Mittel 200% der Niederschläge der Talstation empfängt, während zum Beispiel die Umgebung des gegenüberliegenden Gipfels (Steinkogel, 2299 m) nur 120% erhält (Abb. 14). Daraus ist erkennbar, daß nicht die Seehöhe selbst sondern vielmehr orographisch bedingte Stauzonen Ursache für Niederschlagsgradienten darstellen. Da diese Verteilung teilweise jener der Bodenserien ähnelt, ergibt sich daraus eine Bestätigung für die Niederschlagsmenge als Teilursache der Podsolierung, die bei NEUWINGER (in diesem Band) ausführlich diskutiert wird. Der Gebietsniederschlag ergibt sich aus den Meßwerten der Talstation mit dem Faktor 1,35 (nach Flächen gemittelt). Die Verteilung der Niederschlagsmengen bei Einzelereignissen stützt sich auf Regressionen mit Koeffizienten von 0,88 und 0,70 von nur 3 Stationen. Da sich aber im Bereich der Gradientenlinien ein ähnliches Bild wie bei den langfristigen Niederschlagssummen zeigt, wurde das Verteilungsmuster analog dazu ergänzt. Der An-

Abb. 14: Verteilung der langfristigen Niederschlagssummen;
Höhenschichtlinien und Isohyeten

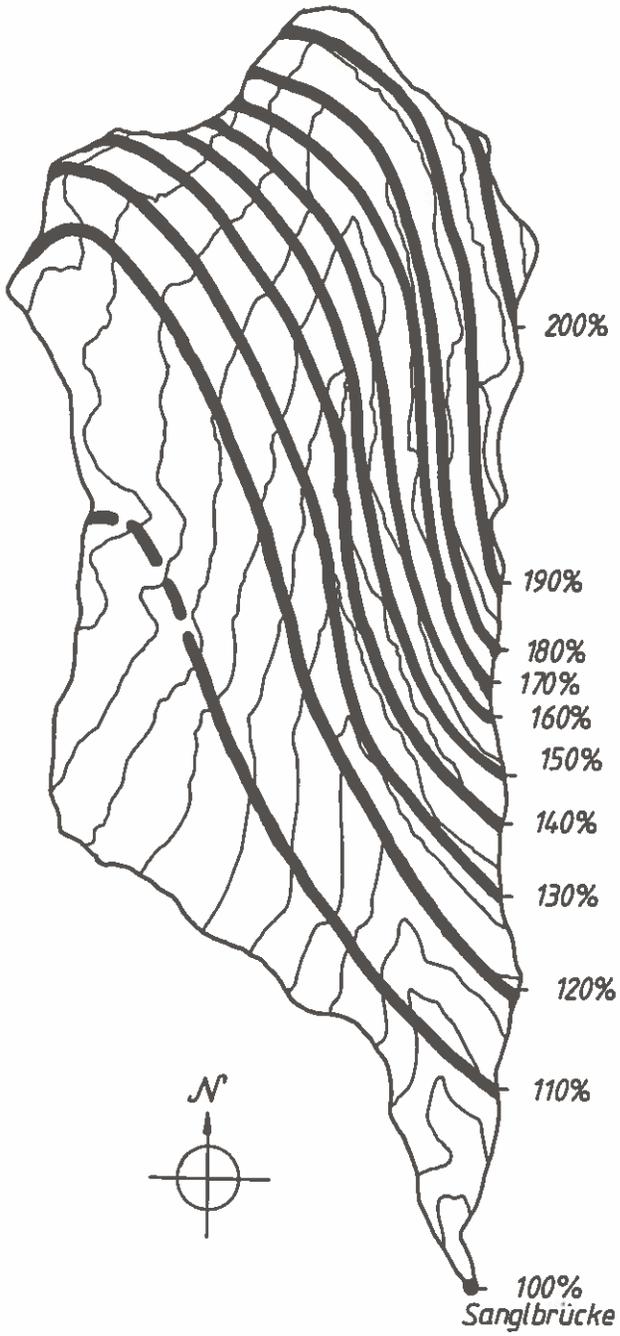
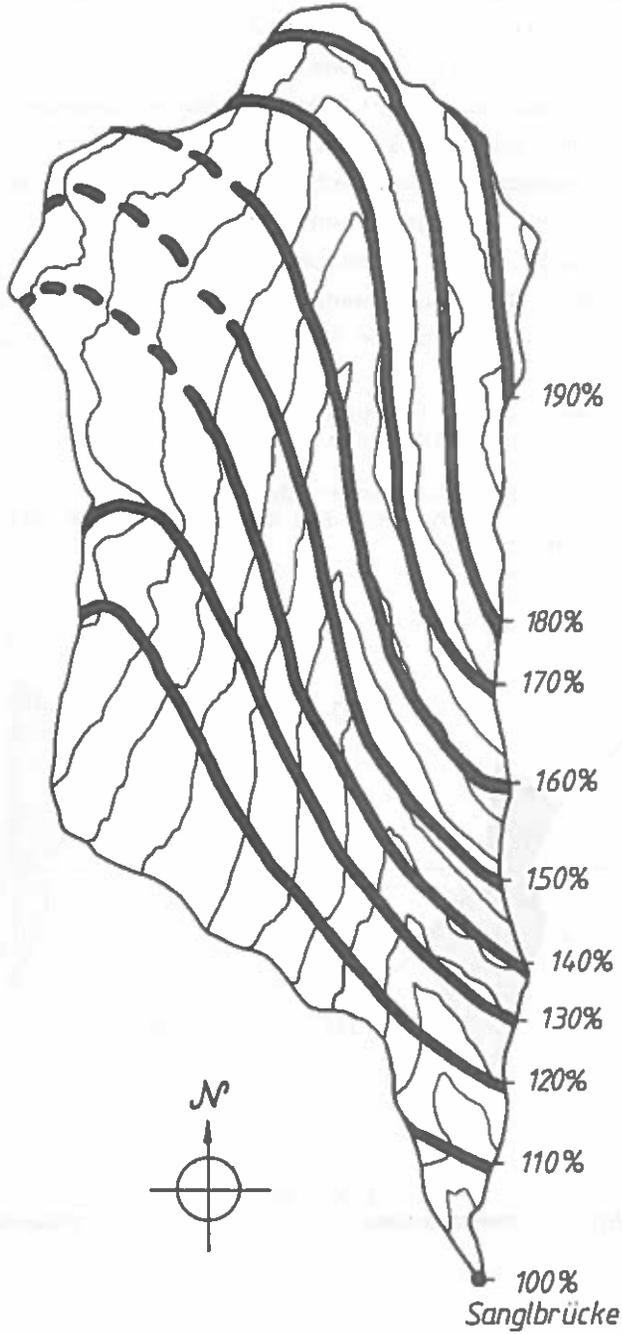


Abb. 15: Verteilung der Niederschlagssummen bei Einzelereignissen

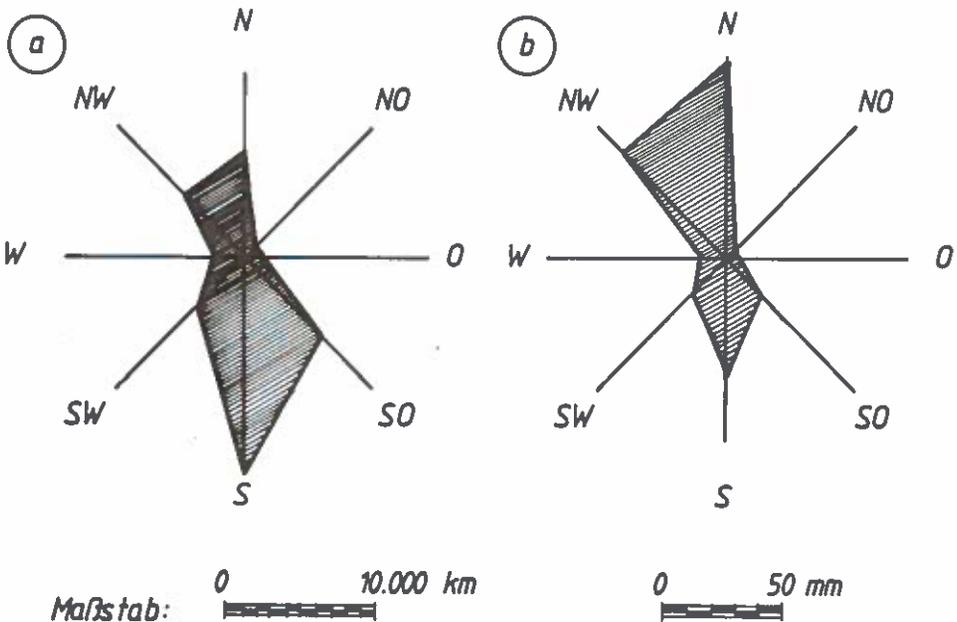
Höhenschichtlinien und Isohyeten



stieg der Niederschlagsmengen gegen den Frühmessergipfel erscheint dabei etwas gleichmäßiger (Abb. 15). Nun lieferte die Windmessung der Tiroler Gruppe (STERN 1985) im Kammbereich des Einzugsgebietes (Geige 2080 m) über eine Winterperiode (1983/84) aber gegenteilige Ergebnisse: ein Überwiegen des Windweges aus Süd und Südost. Eine überschlägige Auswertung, wobei die Niederschlagsmengen der Meßperiode proportional zu den Windwegen auf die an den entsprechenden Niederschlagstagen aufgetretenen Windrichtungen aufgeteilt wurden, ergab aber bereits eine Umkehrung: überwiegend Niederschläge bei Wind aus Nord und Nordwest (Abb. 16). Diese Zuordnung entspricht nur einer groben Näherung, überdies wurde eine unterschiedliche Tagesabgrenzung nicht berücksichtigt. Es kann daher ein noch stärkeres Überwiegen der Niederschläge aus Nord und Nordwest vermutet werden.

Abb. 16 a: Windweg, in Summen nach Richtungen im Winter 1983/84 (nach STERN 1985)

b: Niederschlagshöhe der gleichen Periode, nach Windrichtungen an den entsprechenden Niederschlagstagen aufgeteilt



Regressionen mit Werten der Niederschlagsdauer, der mittleren Intensität und der maximalen Intensität über 30 Minuten von Einzelereignissen zeigen, daß der Anstieg der Niederschlagsmengen hauptsächlich durch einen Anstieg der Intensität, viel weniger durch längere Regendauer verursacht wird.

Tab. 5: Niederschlagsmerkmale an den registrierenden Stationen in % der Werte der Basisstation

	Sangl- brücke	Steiner- alm	Steiner- Hinter- alm
Niederschlagssummen läng. Perioden	100%	120,4%	144,3%
Niederschlagshöhe/Einzelereignis	100%	142,8%	159,5%
Niederschlagsdauer/Einzelereignis	100%	108,9%	114,7%
Mittlere Intensität/Einzelereignis	100%	126,9%	168,8%
Maximale Intensität/30 Minuten	100%	134,1%	185,1%

Örtlich unterschiedlich ist aber nicht nur die Niederschlagssumme eines Ereignisses, sondern auch dessen zeitlicher Verlauf. In Abb. 17 wurde versucht, die drei Dimensionen Niederschlagsmenge, Teilfläche und Zeit anhand des Ereignisses vom 30. September 1983 als Beispiel darzustellen. Durch die zeitliche Verschiebung des Niederschlagshöhepunktes um die ungefähre Fließzeit zwischen den Abflußstationen ergibt sich im Tal ein steilerer Abflußanstieg als im Almbereich. Bedenkt man, daß ein so unregelmäßiger Niederschlagskörper auf Teilflächen mit ebenfalls sehr unterschiedlichem Abflußverhalten gelangt, so wird klar, daß "gleichgroße" Niederschläge nicht gleiche Abflußanteile und Abflußspitzen erzeugen.

Abb. 17: Niederschlag-Abfluß-Ereignis vom 30.09.1983

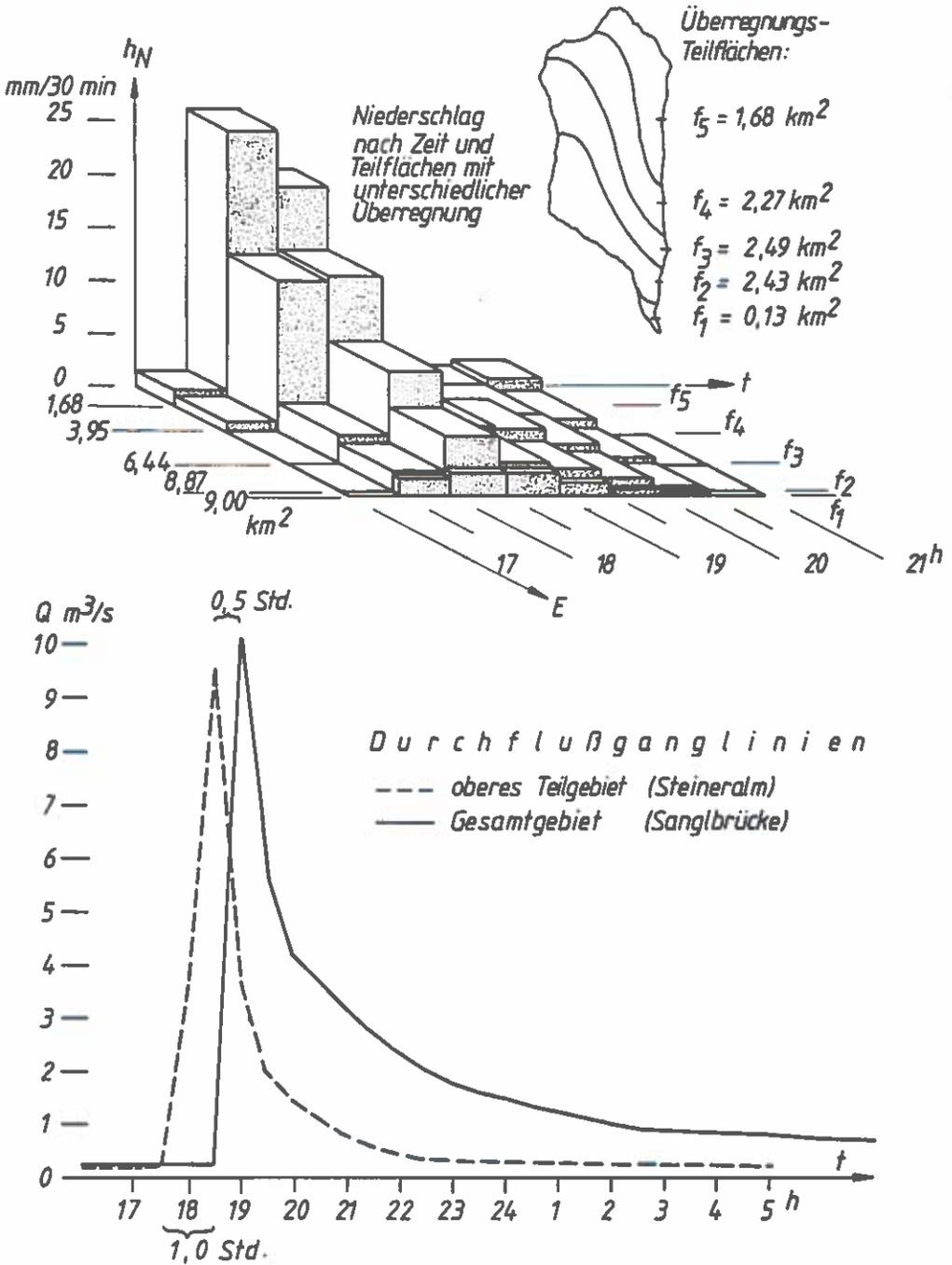
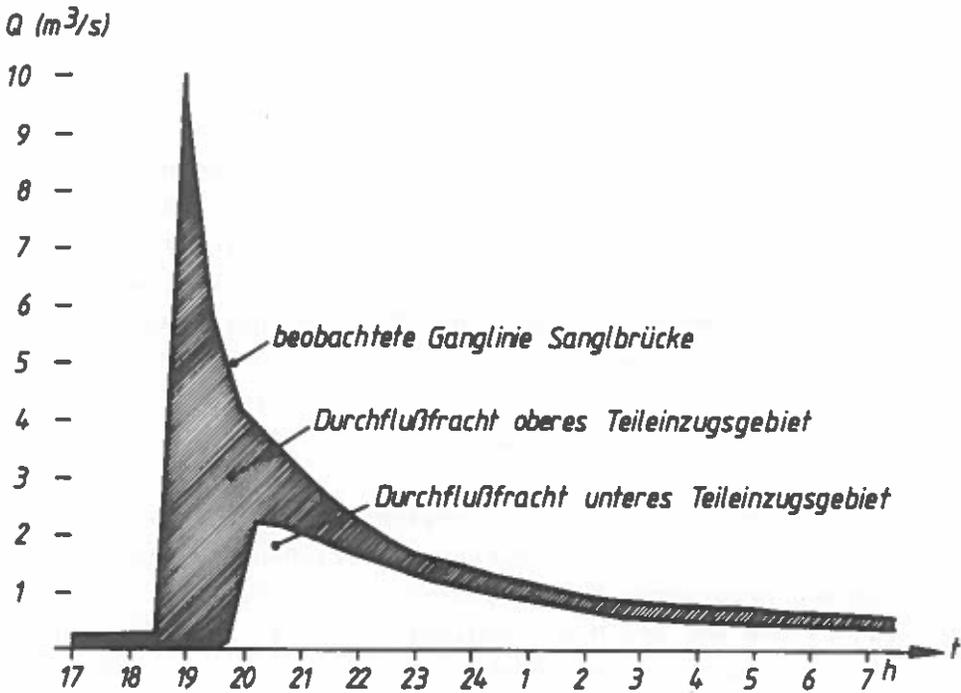


Abb. 18: Ereignis vom 30.09.1983: Mengenvergleich zwischen oberem und unterem Teileinzugsgebiet (als Differenz der Durchflußfrachten Sanglbrücke - Steineralm, ohne Berücksichtigung der Wellenverformung durch Gerinneretention), dargestellt in Durchflußordinaten



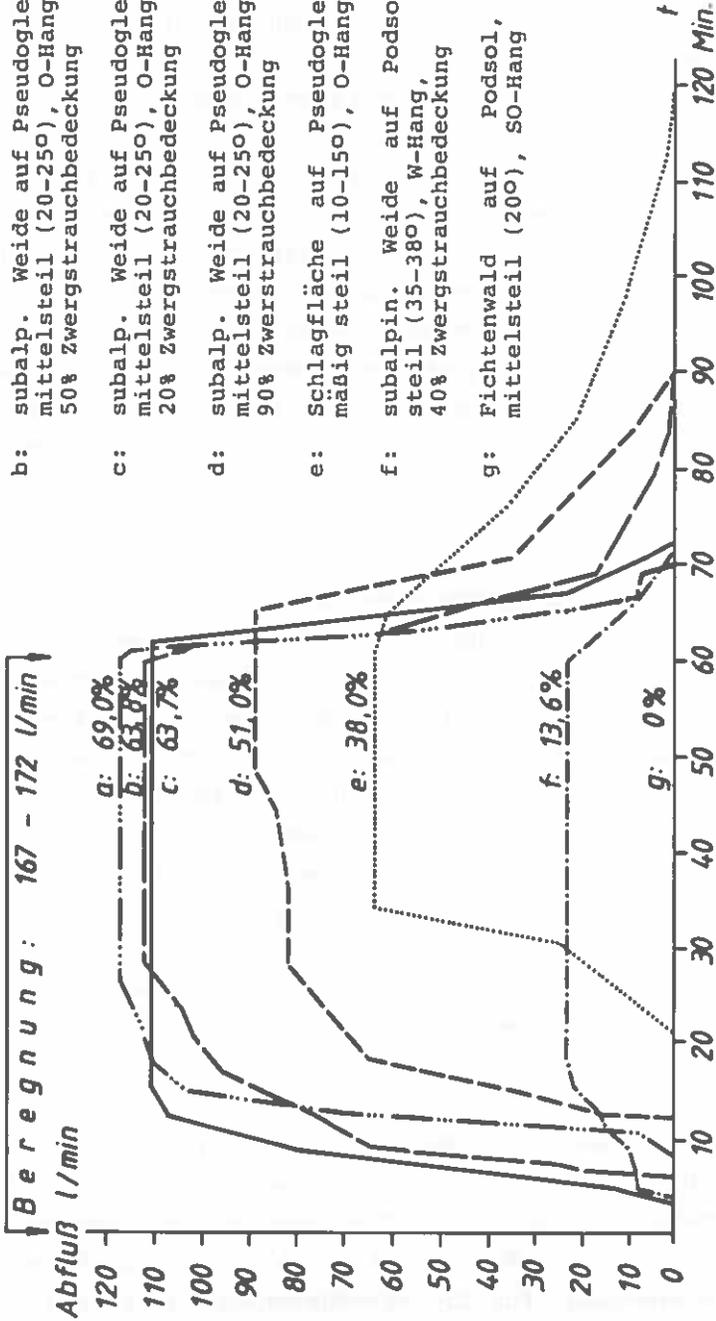
4.3.2.2 Abflußanteile auf Teilflächen

SCHAFFHAUSER (in diesem Band) berichtet über Beregnungsversuche auf Abflußparzellen im oberen Einzugsgebiet des Dürnbaches. Er verwendete dabei relativ hohe Beregnungsintensitäten von rund 100 mm/Stunde (= ca. 1,7 mm pro Minute). Im Gebiet, in welchem die meisten Versuche stattfanden, beträgt der 100jährige 1Stunden-Niederschlag nach den Kriterien von SCHIMPF (1970) 49 mm, eine Niederschlagssumme von 100 mm kommt erst bei einem 100jährigen 10Stunden-Niederschlag zustande. Die eingesetzte Beregnungsintensität kann zwar kurzzeitig auch in einem natürlichen, kurzen Extremniederschlag auftreten, als Dauerniederschlag liegt sie aber hoch über jedem Bemessungsniederschlag. Andererseits ist wahrscheinlich, daß von SCHAFFHAUSER nicht der gesamte Abfluß in den oberflächennahen Bodenschichten erfaßt wurde, der - wenn auch verzögert - noch in den Bachlauf gelangen kann (sh. SCHAFFHAUSER, Versuchsgruppe IV, in diesem Band). Aus beiden Tatsachen ist aber anzunehmen, daß die erzielten Abflußwerte realistischen Extremabflüssen nahe kommen.

Trägt man die Ergebnisse als Ganglinie auf, so erhält man die maximal möglichen, scheinbar wirksamen Abflußspenden in Form des asymptotisch erreichten Dauerabflusses (Abb. 19). Die Werte reichen von 0% bis 69% der Niederschlagsintensität und erweisen die überragende Bedeutung der Bodeneigenschaften und deren Einflußfaktoren Bewuchs und Bewirtschaftung ebenso wie die relative Bedeutungslosigkeit von Parametern wie zum Beispiel der Geländeneigung für den Abfluß. Sowohl diese großen Unterschiede, wie auch die unterschiedlichen Anstiegszeiten machen deutlich, wie unpassend ein einheitlicher Scheitelabflußkoeffizient das Abflußgeschehen charakterisiert. Für ein erklärendes Abflußmodell müßten wohl gerade die unterschiedlichen Ansprechzeiten und Anstiege nachgebildet werden.

Abb. 19: Abflußganglinien von künstlich beregneten Parzellen (100 m²) im Dürnbach
 Quelle: H. SCHAFFHAUSER

- a: Mähwiesen auf Alluvialboden, 850 m, flach (4-5°), S-Hang
- b: subalp. Weide auf Pseudogley, 1700 m, mittelsteil (20-25°), O-Hang, 50% Zwergstrauchbedeckung
- c: subalp. Weide auf Pseudogley, 1700 m, mittelsteil (20-25°), O-Hang, 20% Zwergstrauchbedeckung
- d: subalp. Weide auf Pseudogley, 1700 m, mittelsteil (20-25°), O-Hang, 90% Zwergstrauchbedeckung
- e: Schlagfläche auf Pseudogley, 1400 m, mäßig steil (10-15°), O-Hang, Moos
- f: subalpin. Weide auf Podsol, 1700 m, steil (35-38°), W-Hang, 40% Zwergstrauchbedeckung
- g: Fichtenwald auf Podsol, 1100 m, mittelsteil (20°), SO-Hang



4.3.2.3 Fließzeiten

Die Laufzeit des Oberflächenabflusses ist ein wesentlicher Parameter für einige Bemessungsverfahren und vor allem für Modelle. Die in Abschnitt 4.2. erwähnten Tracerversuche über längere Gerinneabschnitte sind noch nicht abgeschlossen, sodaß vorläufig daraus noch keine neue Berechnungsweise vorliegt. Die vorläufigen Ergebnisse lassen aber erkennen, daß zum Beispiel die allgemein verwendete Kirpich-Formel im Prinzip nicht zutreffen kann, wie das zur gleichen Zeit auch STORCHENEGER (1984) herausgefunden hat, weil diese Formel auf der Basis von Länge und Gefälle allein eine Zunahme der Fließgeschwindigkeit vom Tal zum Ursprung ergibt, während genau das Gegenteil der Fall ist. Die Werte der Manning-Strickler-Formel wurden in glatten (gepflasterten) Gerinnen bestätigt, in Naturgerinnen mit grobem Geschiebe aber weit unterschritten. Die bestimmenden Größen für die Fließgeschwindigkeit scheinen dort die Durchflußmenge und die Korndurchmesser in der oberen Hälfte der Sieblinie zu sein.

1978 schlug WIDMOSER eine Verbesserung der Kirpich-Formel durch die Berücksichtigung der Rauigkeit und der Regenintensität vor, womit den natürlichen Verhältnissen besser entsprochen werden kann (siehe Kap. 4.7.1). Eine Berechnung für den Dürnbach mit niedrigen Rauigkeitsbeiwerten (STRICKLER) zwischen 8 (Oberlauf) und 16 (Schluchtende) (siehe auch ZELLER 1974) lieferte realistische Fließzeiten, die ungefähr der gemessenen Translationszeit von Hochwasserscheiteln entsprechen. Unter dem Aspekt, daß der Gerinnerückhalt im Dürnbach relativ gering sein dürfte, und daß der durchflußabhängige Rauigkeitsbeiwert seltenen Ereignissen durch leichte Erhöhung angepaßt werden kann, erscheint die Formel KIRPICH-WIDMOSER für Wildbachverhältnisse bis auf weiteres empfehlenswert.

Versucht man, in den Abflußganglinien der Beregnungsversuche (Abschnitt 4.3.2.2, Abb. 19) die reine Fließzeit von den übrigen Einflüssen (Gang des Abflußanteiles) zu trennen, so gelingt das nur unsicher. Es ergibt sich aber ein Rahmen der maximalen Größenordnung für die Fließgeschwindigkeit von 3 bis 10 cm/sec. Der Unterschied zur Geschwindigkeit im Gerinne ist so groß, daß

nur eine getrennte Berechnung der Fließzeit im Gelände und im Gerinne sinnvoll erscheint. Sowohl für die Ermittlung der Fließstreckenlänge im Gelände als auch für die Fließgeschwindigkeit ist aber ein Vergleich mit vorhandenen Berechnungsverfahren noch nicht abgeschlossen.

4.4 DURCHFLUSSPROFILE FÜR HOCHWASSER UND GESCHIEBETRIEB

Zur Ermittlung der erforderlichen Profilsfläche für ein Hochwasser in einem Wildbach wird benötigt:

- Durchflußmenge des Wassers (bzw. der Suspension)
- Durchflußmenge des Geschiebes (Geschiebetrieb)
- Fließgeschwindigkeit des Wasser-Geschiebegemisches
- wahrscheinliches Ausmaß von instationärem Fließen (stoßweiser Abfluß) durch Abbrüche und Verklausungen, Baumholz und Grobgeschiebe; stationäre Wellenbildung durch Kurven und Kontraktionen; Staubereiche; Freibord für aus dem Gemisch ragendes Treibgut; mögliche Auflandungen.

vorgefundene Profil wurde in folgender Vereinfachung zur Grundlage genommen: Trapez mit 4,0 m Sohlenbreite und Böschungen von 1:2. Neben der wahrscheinlichen Kornverteilung des antransportierten Geschiebes ($d_{90} = 1,2 \text{ m}$) wurden teilweise auch Varianten mit schwächerem Korn berechnet. Durch die Adaption der Werte für die Breiteneinheit von Rechteckgerinnen auf das schmale Trapezprofil (mithilfe des hydraulischen Radius) erhalten diese Näherungscharakter über die Unsicherheiten des Verfahrens hinaus.

Den Ergebnissen (Tab. 6) ist zu entnehmen, daß bei gleichem Wasserdurchfluß der Geschiebetrieb wesentlich nur vom Gefälle, die Fließgeschwindigkeit aber hauptsächlich nur vom Fließwiderstand in Form der Korngröße d_{90} (90% der Volumsmasse ist kleiner) bestimmt werden. Aufschlußreich sind dabei die dem großen Korn entsprechenden geringen Fließgeschwindigkeiten, die schließlich zu ähnlichen Durchflußflächen führen, wie sie in den bisherigen Verbauungsprojekten verwendet wurden (Projekt 1959: $10,5 \text{ m}^2$; 1979: 15 m^2 für $35,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Auffallend ist weiters, daß die erforderlichen Durchflußflächen auch bei Veränderung des Gefälles bis zum doppelten Wert ziemlich gleich bleiben, womit eine aufgrund von Erfahrungen häufig geübte Verbauungspraxis bestätigt wird.

Tab. 6: Rechnerische Werte für Geschiebetrieb, Durchflußgeschwindigkeit und erforderliche Durchflußfläche bei $HQ_{100} = 16,4 \text{ m}^3/\text{s}$ (Wasser) nach SMART/JAEGGI (1983) für Naturstrecken im unteren Schluchtbereich des Dürnbaches

4.5

Z U S A M M E N F A S S U N G

Das Hauptergebnis dieses Zwischenberichtes über 16 Jahre Messungen von Durchfluß und abflußbildenden Faktoren im Dürnbach sind die Werte der Häufigkeitsanalysen für den Spitzendurchfluß und deren Vergleich mit den Ergebnissen anderer Hochwasserbemessungsverfahren. Es ergibt sich daraus eine Unterscheidung zwischen Verfahren, die die Hochwassergefahr pauschal ausdrücken, und der getrennten Bestimmung der wahrscheinlichen Durchflußmenge für Wasser, Geschiebetrieb, sowie Abflußspitzen infolge wildbachmäßiger Abflußstörungen. Den relativ niedrigen Werten dafür stehen ebenfalls relativ niedrige Durchflußgeschwindigkeiten nach einem neuen Berechnungsverfahren gegenüber, wodurch die bisher verwendeten Durchflußflächen bestätigt bzw. überschritten werden.

Weiters wird über die Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet in Form von Isohyetenskizzen, getrennt für Niederschlagsereignisse und Periodensummen, über die großen Unterschiede der Abflußreaktion auf Teilflächen und über Bemühungen zur Verbesserung der Bestimmung der Fließgeschwindigkeit und Fließzeit berichtet.

S U M M A R Y

(FLOOD FLOW DETERMINATION AND INFLUENCING FACTORS FROM MEASUREMENTS IN THE DÜRNACH WATERSHED)

The main result of this interim report on 16 years' measurements of discharge and runoff effecting factors in the watershed of

leads to the distinction between methods evaluating the flood danger as a whole and the separate estimation of probable discharge amounts for water, bed load and additional peaks effected by torrential flow disturbances. The relative low values for the Dürnbach determined the latter way stand together with velocities relative low too gained by a new calculation method, so the cross section areas used until now for control works are confirmed resp. exceeded.

Further there is reported on the precipitation pattern over the catchment in the form of isohyetal sketches for single events as well as for periodical sums, on the great differences among the runoff rates from partial areas, and on efforts to improve the determination of flow time and velocity.

R E S U M E

(DETERMINATION PAR MESURAGE DE LA CRUE ET DES FACTEURS D'INFLUENCE DANS LE RUISSEAU DÜRNBAH)

Le résultat principal de ce rapport intérimaire sur les mesures faites pendant 16 années du débit et des facteurs réglant l'écoulement des eaux du Dürnbach présente les valeurs des analyses de fréquence obtenues pour le débit de pointe en comparaison avec les résultats d'autres méthodes de mesure des crues. Il en résulte une différence entre les méthodes, qui donnent une évaluation globale des risques des crues, et la détermination séparée du débit probable de l'eau, du mouvement du galet, ainsi que des pointes d'écoulement en conséquence des désordres de l'écoulement torrentiel. Les valeurs relativement basses gagnées par les méthodes dernières s'opposent aux vitesses relativement basses calculées par une nouvelle méthode de mesure, ce qui confirme ou dépasse les aires de débit employées jusqu'alors.

En outre, le rapport concerne la distribution des précipitations dans le bassin versant sous formes d'esquisses d'isohyètes, séparées pour les événements individuels et les sommes périodiques, les grandes différences entre les réactions de l'écoulement sur les surfaces partielles, et les efforts d'améliorer la détermination de la vitesse et du temps d'écoulement.

4.6

L I T E R A T U R

- DRACOS, TH., 1980: Hydrologie. Springer-Verl. Wien - New York;
- DYCK, S. u.a., 1980: Angewandte Hydrologie. 2. Aufl., W. Ernst & Sohn, Berlin/München.
- EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR STRASSEN- UND FLUSSBAU, 1974: Die größten bis zum Jahre 1969 beobachteten Abflussmengen von schweizerischen Gewässern. Eidg. Drucksachen- und Materialienzentrale, Bern.
- KURATORIUM FÜR WASSER UND KULTURBAUWESEN e.v. (KWK), DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT e.v. (DVWW), 1976: Empfehlung zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit. Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 101, Verl. Paul Parey, Hamburg/Berlin.
- LINSLEY, R.K., KOHLER, M.A., PAULHUS, J.H., 1975: Hydrology for Engineers. 2nd ed., McGraw-Hill Book Comp., New York.
- NEUWINGER, I. (im selben Band): Böden und Vegetation im oberen Einzugsgebiet des Dürnbaches im Oberpinzgau, Salzburg, und ihr Einfluß auf den Wasserrückhalt.
- NOBILIS, J. (im selben Band): Die Hochwasserverhältnisse an der oberen Salzach.
- RUF, G., 1981: Abflußmeßanlagen in geschiebeführenden Wildbächen. Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (3), Mitt. der Forstl. Bundesvers.Anst. Wien, Bd. 138.
- SCHAFFHAUSER, H. (im selben Band): Berechnungsversuche im Einzugsgebiet des Dürnbaches.

- SCHIMPF, H., 1970: Untersuchungen über das Auftreten beachtlicher Niederschläge in Österreich. Österr. Wasserwirtschaft, Wien, 22, 5/6, 121-127.
- SMART, G.M., JAEGLI, M.N.R., 1983: Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, E.T.H. Zürich, Nr. 64.
- STERN, R., 1985: Windmessungen am Geigensee, Mustereinzugsgebiet Dürnbach im Pinzgau, Salzburg (interner Bericht Forstl. Bundesvers.Anst.).
- STORCHENEGGER, I.J., 1984: Orts- und ereignisbeschreibende Parameter für Niederschlag-Abfluß-Modelle. Diss. E.T.H. Nr.7479, ADAG Administrations Druck AG, Zürich.
- SYDLER, P.-A., ZOLLINGER, F., 1983: Hochwasserberechnung aus kleinen Einzugsgebieten mit Taschenrechner und Landkarte. Wasserwirtschaft, Stuttgart, 73, 1, 12-16.
- VEN TE CHOW, 1964: Handbook of Applied Hydrology. Mc.Graw-Hill Book Comp., New York.
- WIDMOSER, P., 1978: Zur Berechnung der Anlaufzeit nach Kirpich. Wasser und Boden, Hamburg/Berlin, 30, 1, 16-19.
- ZELLER, J., 1974: Starkniederschläge und ihr Einfluß auf Hochwasserereignisse. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf, Ber. Nr. 126.

4.7 VERWENDETE FORMELN UND
BERECHNUNGEN

4.7.1 Gebietsparameter

Wahrscheinliche Normalzahl des Jahresniederschlags in Neukirchen (Station Sanglbrücke) aus dem Niederschlagsgradienten entlang dem Talboden der oberen Salzach:

	Seehöhe (m)	Normalzahl (mm)
Stuhlfelden	780	998
Krimml	1072	1175
Neukirchen/Sanglbrücke	940	

Berechnung: $(1175-998) : (1072-780) \cdot (940-780) + 998 = 1095 \text{ mm}$

Gebietsmittel langfristiger Niederschlagssummen nach gemessener Niederschlagsverteilung (Isohyetenkarte, Abb. 14):

Größe der Teilfläche f_i		Umrechnungsfaktor zu Station Sanglbrücke
Gesamtgeb.	Ob. Teilgeb.	
km ²	km ²	a_i
1,81	-	1,05
2,15	0,74	1,15
1,08	0,57	1,25
0,79	0,49	1,35
0,67	0,49	1,45
0,46	0,33	1,55
0,49	0,38	1,65
0,44	0,31	1,75
0,57	0,50	1,85
0,44	0,39	1,95
0,10	0,10	2,00
9,0	4,3	

Berechnung: $a_m = \frac{\sum (f_i \cdot a_i)}{\sum (f_i)} = 1,35$ (Gesamtgebiet)
 $= 1,51$ (Ob. Teilgebiet)

wahrscheinliche Normalzahl (Jahressumme) des Gebietsniederschlags:

Gesamtgebiet: $1095 \cdot 1,35 = 1478 \text{ mm}$
Ob. Teilgebiet: $1095 \cdot 1,51 = 1653 \text{ mm}$

Starkregenkriterium nach SCHIMPF (1970): Abgrenzung nach Normal-jahresniederschlag, Land Salzburg:

Kriterium: K ₂₅		Normalz. <1000 mm
K ₃₅	1000 < "	<1500 mm
K ₄₅	1500 < "	<2000 mm
k ₅₅	2000 < "	

Dürnbach Gesamtgebiet daher: K₃₅, Ob. Teilgebiet: K₄₅

Anlaufzeit nach KIRPICH-WIDMOSER (1978):

$$t_a = a_0 \cdot (L : (k \cdot J^{0,5}))^{0,75} : r^{0,25}$$

t_a = Anlaufzeit (min)

L = Länge des Einzugsgebietes, gemessen von der Bemessungsstelle, dem Wasserlauf folgend und anschließend in direkter Linie bis zum entferntesten Randpunkt des Gebietes (m)

J = Gefälle über die Strecke L (m/m)

k = Rauigkeitsbeiwert, je nach Flächen- und Gerinnebeschaffenheit zu schätzen zwischen k = 4 (rauh) und k = 40 (glatt) ($m^{0,67}/s$)

r = Intensität des Bemessungsregens (l/s.ha) oder (mm/min) oder (mm/h)

a_0 = Umrechnungsfaktor für verschiedene Einheiten von r; für r in (l/s.ha) $a_0 = 0,937$; in (mm/min) $a_0 = 0,261$; in (mm/h) $a_0 = 0,726$

Berechnung:	bis Station Steineralm	bis Station Sanglbrücke
L	2.860 m	6.480 m
J	0,22	0,20
k (Streckenmittel)	6	12
r (n.Dauer des Bemessungsregens)	62 mm/h (45 Min)	45 mm/h (60 Min)

Station Steineralm: $t_a = 0,726 \cdot (2860 : (6 \cdot 0,22^{0,5}))^{0,75} : 62^{0,25} = 46,6 \text{ Min}$

Station Sanglbrücke: $t_a = 0,726 \cdot (6480 : (12 \cdot 0,20^{0,5}))^{0,75} : 45^{0,25} = 57,4 \text{ Min}$

4.7.2 HW - Bemessungsverfahren

a) Wundt-90%-Kurve: $HQ = 13,8 \cdot E^{0,6} = 33,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Steineralm)
 $= 51,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Sanglbrücke)

b) Rationalmethode: $HQ = 0,275 \cdot C \cdot i \cdot E$

C = Abflußkonstante (aus Tabelle) nach Bodenbedeckung und Bodendurchlässigkeit als Gebietsmittel aus Teilflächen:

Bodeneigenschaften	Bodenbedeckung		
	Ackerland	Weide	Wald
überdurchschnittliche Durchlässigkeit (Sand- und Kiesböden)	0,2	0,15	0,1
durchschnittliche Durchlässigkeit (Lehmböden und ähnliche, keine Tonschichten)	0,4	0,35	0,3
unterdurchschnittliche Durchlässigkeit (schwere Lehmböden, oberflächennahe Tonhorizonte, seichte Böden über undurchlässigem Fels)	0,5	0,45	0,4

i = Niederschlagsintensität in mm/Stunde des Bemessungsregens
 (Regendauer = Konzentrationszeit)

E = Einzugsgebietsfläche (km²)

Berechnung:		Teilfläche (km ²)	C
bis Steineralm	rechtsufrig	2,68	0,45
	linksufrig	1,62	0,25
Zwischenfläche	rechtsufrig	3,0	0,35
	linksufrig	1,70	0,20

C = 0,375 (bis Steineralm)
 = 0,333 (bis Sanglbrücke)

Konzentrationszeit = Anlaufzeit nach Kirpich-Widmoser
 (sh. 4.7.1):

$t_a = \text{ca. } 45 \text{ Min. (Steineralm), } i = 62 \text{ mm/Std.}$
 $t_a = \text{ca. } 60 \text{ Min. (Sanglbrücke), } i = 45 \text{ mm/Std.}$

$$HQ = 0,275 \cdot 0,375 \cdot 62,4,3 = 27,5 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Steineralm)}$$

$$HQ = 0,275 \cdot 0,333 \cdot 45,9,0 = 37,1 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Sanglbrücke)}$$

c) Hofbauer:

$$HQ = 0,60 \cdot E^{0,5} = 0,7 \cdot 60 \cdot 4,3^{0,5} = 87 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Steineralm)}$$

$$= 0,55 \cdot 60 \cdot 9^{0,5} = 99 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (Sanglbrücke)}$$

d) Hampel: inneralpin: $HQ_{100} = 0,2 \cdot h_{N,100,T} \cdot E^{0,5} \cdot (1 - (H_u:2400))$

$h_{N,100,T}$ = 100 jährliche Tagesniederschlagshöhe
 H_u = Seehöhe des Bemessungsprofils

Berechnung:

extr. Tagesniederschlag = extr. 24-Stundenniederschlag $\cdot 0,88$
 (DYCK 1980)

Schimpf-K₃₅: $h_{N,100,24} \text{ Std.} = 112 \text{ mm}$;
 $h_{N,100,T} = 99 \text{ mm}$ (Sanglbrücke)

Schimpf-K₄₅: $h_{N,100,24} \text{ Std.} = 155 \text{ mm}$;
 $h_{N,100,T} = 136,4 \text{ mm}$ (Steineralm)

Station Steineralm: $HQ_{100} = 0,2 \cdot 136,4 \cdot 4,3^{0,5} \cdot (1 - (1600:2400)) = 18,9 \text{ m}^3/\text{s}$

Station Sanglbrücke: $HQ_{100} = 0,2 \cdot 99 \cdot 9^{0,5} \cdot (1 - (940:2400)) = 36,1 \text{ m}^3/\text{s}$

e) Hampel-Müller: $HQ = 0,4 \cdot h_{N,100,T} \cdot \tau \cdot E^{0,5} \cdot (1 - (H_u:2400))$

Berechnung: Bestimmung von τ nach Müller

Höhenlage	Charakter	Neigung	τ	Flächenanteile	
				Steineralm	Sanglbrücke
ober Waldgrenze	undurchlässige Weide	mittel	0,6	0,5	0,35
" "	durchlässige Weide mit Strauchern	steil	0,6	0,4	0,3
" "	Schutthalden	mittel	0,2	0,1	0,05
unter Waldgrenze	mittlerer Wald	mittel	0,2	-	0,2
" "	alter Wald	steil	0,3	-	0,1

Station Steineralm: $HQ_{100} = 0,4 \cdot 136,4 \cdot 0,56 \cdot 4,3^{0,5} \cdot (1 - (1600:2400)) = 21,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Station Sanglbrücke: $HQ_{100} = 0,4 \cdot 99 \cdot 0,47 \cdot 9^{0,5} \cdot (1 - (940:2400)) = 34,0 \text{ m}^3/\text{s}$

- f) Müller: $HQ = 7,43 \cdot E^{0,67}$
- Steineralm: $HQ = 0,56 \cdot 43 \cdot 4,3^{0,67} = 64,0 \text{ m}^3/\text{s}$
 Sanglbrücke: $HQ = 0,47 \cdot 43 \cdot 9,0^{0,67} = 88,1 \text{ m}^3/\text{s}$
- g) Hoffmann L.: $HQ = 7,5 \cdot E \cdot (E+1)^{-0,33}$
- Steineralm: $HQ = 7,5 \cdot 4,3 \cdot 5,3^{-0,33} = 18,6 \text{ m}^3/\text{s}$
 Sanglbrücke: $HQ = 6,5 \cdot 9 \cdot 10^{-0,33} = 27,4 \text{ m}^3/\text{s}$
- h) Kürsteiner: $HQ = 11,5 \cdot E^{0,67}$
- Steineralm: $HQ = 11,5 \cdot 4,3^{0,67} = 30,6 \text{ m}^3/\text{s}$
 Sanglbrücke: $HQ = 10,5 \cdot 9^{0,67} = 45,8 \text{ m}^3/\text{s}$
- i) Kresnik: $HQ = 25 \cdot E^{0,5}$
- Steineralm: $HQ = 25 \cdot 4,3^{0,5} = 51,8 \text{ m}^3/\text{s}$
 Sanglbrücke: $HQ = 25 \cdot 9^{0,5} = 75,0 \text{ m}^3/\text{s}$

j) Verfahren von Sydler und Zollinger: Gumbel-Verteilung aus Gebietskennwerten

Gumbelverteilung: $HQ_T = y \cdot \mathcal{L} + u$; $y = -\ln(-\ln(1-1:T))$

T = Wiederholungszeit (Jährlichkeit)

$\ln(1:\mathcal{L}) = -1,37 - 0,6866 \cdot \ln(F_1) + 1,485 \cdot \ln(F_2) + 1,004 \cdot \ln(F_3)$

$\ln(u) = -0,9451 - 0,7668 \cdot \ln(F_1) + 1,65 \cdot \ln(F_2) + 1,04 \cdot \ln(F_3)$

$F_1 = \text{Fläche:Umfang:Schwerpunktabstand (km}^2\text{:km}^2\text{)}$

$F_2 = \text{Fläche:Tallänge (km}^2\text{:km)}$

$F_3 = \text{Gerinnelänge:Fläche (km:km}^2\text{)}$

Berechnung:	Steineralm	Sanglbrücke
Fläche (km ²)	4,3	9,0
Umfang (km)	8,04	14,3
Schwerpunktabstand (Strecke Bemessungsprofil - Gebietsschwerpunkt) (km)	1,37	3,61
Tallänge (Strecke Bemessungsprofil - Wasserscheide entlang Haupttal) (km)	2,86	6,48
Gerinnelänge (Gesamtlänge aller Gerinne in Karte 1:50.000) (km)	9,11	16,99
Parameter F ₁	0,390	0,174
Parameter F ₂	1,503	1,389
Parameter F ₃	2,119	1,888

Steineralm:

$$\ln(1:\mathcal{L}) = -1,37 - 0,6866 \cdot \ln(0,39) + 1,485 \cdot \ln(1,503) + 1,004 \cdot \ln(2,119);$$

$$\ln(u) = -0,9451 - 0,7668 \cdot \ln(0,39) + 1,65 \cdot \ln(1,503) + 1,04 \cdot \ln(2,119);$$

$$1:\mathcal{L} = 1,888; \quad u = 3,422; \quad HQ_T = y \cdot 1,888 + 3,422;$$

Sanglbrücke:

$$\ln(1:\mathcal{L}) = -1,37 - 0,6866 \cdot \ln(0,174) + 1,485 \cdot \ln(1,389) + 1,004 \cdot \ln(1,888)$$

$$\ln(u) = -0,9451 - 0,7668 \cdot \ln(0,174) + 1,65 \cdot \ln(1,389) + 1,04 \cdot \ln(1,888)$$

$$1:\mathcal{L} = 2,603; \quad u = 4,95; \quad HQ_T = y \cdot 2,603 + 4,95;$$

4.7.3 G e s c h i e b e t r i e b u n d D u r c h f l u ß g e s c h w i n d i g k e i t nach SMART & JAEGGI (1983)

Formeln (Rechteckprofil):

$$v_w = 2,5 \cdot (g \cdot h_m \cdot J)^{0,5} \cdot (1 - \exp((-0,05 \cdot Z_{90}) : J^{0,5}))^{0,5} \cdot \ln(8,2 \cdot Z_{90})$$

$$q^* = 2,38 \cdot (d_{90} : d_{30})^{0,2} \cdot J^{0,6} \cdot (J - (d_{50} : (11,9 \cdot R)))$$

$$q = v_w \cdot h_m \cdot (1 - 1,41 \cdot (q^* : (1,68 \cdot g \cdot d_{50}^3))^{0,5}) \cdot J^{1,14} \cdot q^{0,18}$$

$$q_B = q \cdot q^* = 2,38 \cdot q \cdot (d_{90} : d_{30})^{0,2} \cdot J^{0,6} \cdot (J - (d_{50} : (11,9 \cdot R)))$$

Symbole

$d_{30}, 50, 90$ = charakteristische Korngrößen; 30 bzw. 50 bzw. 90 % Gewichtsanteile des Sohlenmaterials sind kleiner (m)

g = Erdbeschleunigung (9,81 m/s²)

h_m = Abflusstiefe des Gemisches (Wasser und Feststoffe) (m)

J = Gefälle (tan)

q = Wasserabfluß pro Zeit und Breiteneinheit (m³/m.s)

q_B = Feststofftransportrate: Volumen pro Zeit und Breiteneinheit (m³/m.s)

q^* = Verhältnis der Feststofftransportrate zum Wasserabfluß (-)

Q = Wassergesamtabfluß (m³/s)

R = hydraulischer Radius (m)

v_w = Reinwassergeschwindigkeit (innerhalb des Gemisches) (m/s)

Z_{90} = relative Rauigkeit bezogen auf d_{90} ; $Z_{90} = R : d_{90}$ (-)

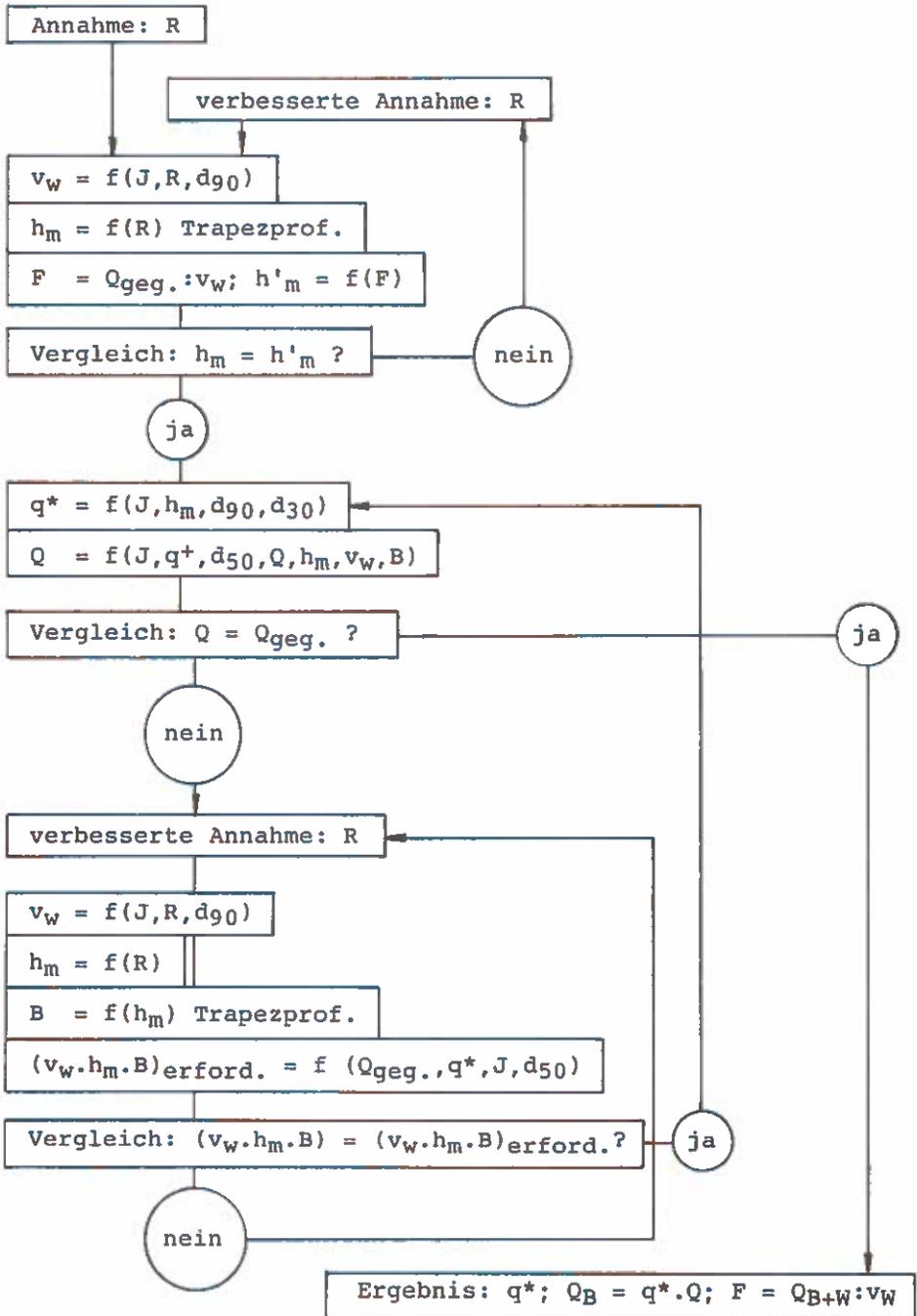
Berechnung:

gegeben: Profil (Sohlenbreite, Böschung), J , d_{30} , d_{50} , d_{90} , Q

gesucht: q_B , F_{erf}

Durchführung: siehe Flußdiagramm

Flußdiagramm der verwendeten Berechnungsweise zur näherungsweisen Ermittlung des Geschiebetriebs nach SMART/JAEGGI im Trapezprofil:



B = Ersatzbreite im Trapezprofil

A N H A N G

Al. G E O L O G I S C H E K A R T I E R U N G U N D B E S C H R E I B U N G D E S D Ü R N - B A C H E S M I T B E O N D E R E R B E - R Ü C K S I C H T I G U N G D E R H A N G B E - W E G U N G E N *

Von Werner Furlinger

Al.1 E i n f ü h r u n g

Al.2 G e o l o g i s c h e B e s c h r e i b u n g

Al.2.1 Der Dürnbach

Al.2.2 Dürnbachwald

Al.2.3 Hohe Blaike

Al.2.4 Gensbichlalm

Al.2.5 Frühmesser und weitere Bergzerreibungen

Al.2.6 Trattenbacheck - Taubensteinkapelle
(auch Steinerkapelle)

Al.2.7 Der Talschluß

Al.3 Z u s a m m e n f a s s u n g

Summary

Résumé

Al.3 L i t e r a t u r

Al.5 B e i l a g e n

Diagramme (Tafel 1-5)

Zusätzliche Photos (Tafel 6-9)

Ausschnitt Österreichkarte 1:25.000 (Tafel 10)

* erstellt in den Jahren 1968-1971 im Rahmen einer Dissertation am geologischen Institut der Universität Wien, Prof. DDr. Clar, in Zusammenarbeit und Unterstützung des Institutes für Wildbach- und Lawinenverbauung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien.

Al. G E O L O G I S C H E K A R T I E R U N G
 U N D B E S C H R E I B U N G D E S E I N -
 Z U G S G E B I E T E S D E S D Ü R N B A C H E S
 M I T B E S O N D E R E R B E R Ü C K S I C H T I G U N G
 D E R H A N G B E W E G U N G E N

von
Werner Furlinger

Al.1 E I N F Ü H R U N G

Die für Gut und Leben des Menschen oft so unheilvolle Wirkung der Muren liegt in ihrer Fähigkeit, sich unter Aufnahme großer Geschiebelasten durch lange Schluchtstrecken fortzubewegen und sich unkontrolliert über ein Ablagerungsgebiet zu ergießen. Das ist ein Effekt des erhöhten spezifischen Gewichts, das bei Muren durch die Vermischung des Wassers mit Schwebstoffen, Geröll und Schutt bis weit über das des Wassers anwachsen kann (STINY 1910). Auf diese Weise können Blöcke von der Größenordnung menschlicher Bauwerke verfrachtet werden.

Es sind also geologische Körper, deren sich das bei exzessiven Niederschlägen reißend abfließende Wasser bemächtigt und vom Orte ihrer Entstehung oder Zwischenlagerung in ein neues Ablagerungsgebiet transportiert. Das ist ein Teilakt jenes "an sich unaufhaltsamen und vom Menschen nicht wesentlich beeinflussbaren

Geschehens", ... "das auf die Einhebung der gesamten Erdoberfläche hinarbeitet ..." (LANSER 1966) - ein Teilprozeß der exogenen Dynamik also.

Es muß sich daher die Bereitschaft eines Wildbaches, Muren zu führen, am besten aus der Kenntnis der in seinem Einzugsgebiet vorhandenen transportbereiten Feststoffansammlungen und deren Entstehung charakterisieren lassen, nicht so sehr durch seine geomorphologischen Merkmale oder die Form der Anbrüche, die seinen Weg begleiten. Was abgetragen wird, woher es kommt und wie es entsteht muß in erster Linie interessieren, dann erst wie dies geschieht. "Das wichtigste geologisch bearbeitbare Bestimmungsstück ist die Art der Bereitstellung der aus den Murenbrüchen abgehenden Geschiebelast" (CLAR 1967).

Wenn man die Art der geologischen Bereitstellung einer Klassifizierung erosionsgefährdeter Schuttkörper in Wildbacheinzugsgebieten zugrundelegt, hat man am ehesten Aussicht, eine treffende Charakteristik der Wildbacheigenschaften zu gewinnen. Das Wissen um die Bereitstellungsmechanismen erlaubt Aussagen über die Weiterentwicklung von Geschiebeherden und damit von Wildbächen - Aussagen über ihre Dynamik also.

In einem Gerinne, das in seinem Verlauf vorwiegend Altschuttdeponien bekannten Ausmaßes anreißt, mag die Murentätigkeit eher erlahmen als in einem solchen, dem etwa die Stirn eines Talzuschubs ständig neue Nahrung in Form zerrütteten Felses darbietet. Auch in Bezug auf notwendige kulturtechnische Maßnahmen läßt eine solche Charakterisierung Folgerungen zu: Ein Einzugsgebiet, wo aus schroffigen Runsen ständig sich erneuernder Jungschutt zum Abtransport bereitsteht, wird andere Verbauungsweisen erfordern als ein Einzugsgebiet, in dessen wiesen- und waldbedeckten Hängen nach noch weitgehend im Dunkeln liegenden Gesetzmäßigkeiten Blattanbrüche "nomadisieren".

Ein Ziel der Kartierung sollte es daher sein, im Einzugsgebiet von Wildbächen die transportbereiten Schuttkörper so dazustel-

len, daß die Beziehung zur Art ihrer Bereitstellung - ihrem geologischen Bereitstellungsmechanismus - kenntlich bleibt. Die zusätzliche dokumentierende Erfassung aller beobachtbaren Anbruchsformen zeigt, unter welchen besonderen Umständen es zu diesen Geländebrüchen kommen kann. Sie läßt mit Rücksicht auf die geologische Ausgangssituation die Möglichkeit einer prognostischen Beurteilung ähnlicher Fälle erwarten.

Das Hauptgewicht lag dabei besonders auf der Untersuchung von Talzuschüben, unter deren Einfluß, wie sich gezeigt hat, der Fels den Weg vom Anstehenden bis zum kleinstückigen, fluviatil transportierbaren Schutt geht.

Unter dem Gesichtspunkt der Vorhersagbarkeit der Bewegungsbereitschaft zerrütteter Felsmassen aus der Art ihrer Entstehung haben CLAR und ZISCHINSKY (1968) eine Kartierungsmethode für den Stauraum Durchlaßboden vorgelegt. Diese Kartierungsmethode hat sich mit verschiedenen Modifikationen auch für die Zwecke der vorliegenden Arbeit bewährt.

Für die Darstellung von Hangbewegungsgebieten hat RYBAR (1968) musterhafte Vorschläge für alle gebräuchlichen Maßstäbe publiziert, die unter Erweiterung auf den Formenschatz der Talzuschübe im wesentlichen übernommen wurden. Weitere Anregungen zur detaillierten Darstellung von Anrissen in Planmaßstäben finden sich bei TER-STEPANIAN (1963). Ein Beispiel für die Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse im Zusammenhang mit erosivem Abtrag hat STERN (1971) gezeigt. In regionalgeologische Karten haben die Erscheinungen der Bergzerreißung und des Talzuschubs in besonders klarer und übersichtlicher Weise durch die Arbeiten von EXNER (1956, 1957, 1962, 1964) mit der Ausscheidung als "unter Wahrung des Schichtverbandes abgerutschte Gesteinsmassen" Eingang gefunden.

Für eine differenziertere Untergliederung, die dem Maßstab 1:25.000 gerecht wird, sei die Geologische Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebiets (KAHLER & PREY 1963) als Beispiel angeführt.

Seit den Arbeiten von AMPFERER (1939), STINY (1941) und ZISCHINSKY (1966, 1968) ist bekannt, daß große Hangbewegungen, insbesondere die fast stets als Sackung ausgebildeten Talzuschübe, eine weitgehende Zerrüttung, Zerstörung und Entfestigung der betroffenen geologischen Körper verursachen. Prof. CLAR hat in Kenntnis dieser Zusammenhänge anlässlich der 1. Internationalen Tagung zur vorbeugenden Bekämpfung von Hochwasserschäden in Klagenfurt 1967 dazu aufgerufen, die begonnene Suche nach solcherart entstehenden Geschiebeherden fortzuführen.

Wie wir heute wissen, nagen viele - wie es scheint fast alle - der so überaus schwer oder gar nicht zu beruhigenden ständig aktiven Wildbäche an der zerrütteten Stirn deformierter Böschungen. Um nicht den Eindruck entstehen zu lassen, aus Mangel an Beispielen immer die allseits gut bekannten Fälle wie den von ZISCHINSKY (1967a und b) beschriebenen Bretterwandgraben oder die Situation bei Fließ im Inntal (LANSER 1966) zitieren zu müssen, seien pars pro toto alle im Verlauf dieser Arbeit untersuchten Murbäche hier in Erinnerung gerufen (FÜRLINGER 1972 b). Auch ZISCHINSKY (1966) hat auf viele weitere Beispiele aufmerksam gemacht.

Daß die verhängnisvolle Paarung der Talzuschübe mit Wildbächen nicht ein lokal beschränktes Phänomen ist, mögen etwa die Arbeiten von COTECCHIA, TRAVAGLINI & MELIODORO (1969) und MELIODORO & GUERRICCHIO (1969) aus Kalabrien glaubhaft machen, wo schier unlösbar scheinende kulturtechnische Probleme aus einer durch Talzuschübe verursachten Erosionsbereitschaft im Gefolge einer geologisch sehr jungen Gebirgshebung erwachsen (IBBECKEN 1971).

Angesichts der zahlreichen und sich ständig mehrenden Beispiele ist es befremdend, mit den Worten "Tektonische Veränderungen, wie Talzuschübe (ZISCHINSKY 1969) oder Bergzerreißen (AMPFERER 1939), spielen nur sehr selten als wildbachzeugende Vorgänge eine Rolle" (KARL & MANGELSDORF 1971) die Bedeutung des Talzschubs für das Erosionsgeschehen so verkannt zu sehen.

Man muß zur Kenntnis nehmen, daß "jede Böschung eine verhinderte Rutschung ist", wie es Prof. MÜLLER zu charakterisieren pflegt. Die Tendenz zum Hangausgleich beherrscht das Kräftespiel in allen Böschungen und es hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab, ob sie sich in sichtbaren Deformationen äußert.

Bei den Talzuschüben treten uns diese Verformungen in der Vorwölbung des Böschungsfußes und mit Bergzerreißen in den Gratregionen entgegen.

Das, was den Talzuschub als Geschiebelieferanten in den Vordergrund treten läßt, ist die Eigenschaft, die betroffenen Felsbereiche während der Bewegung zunehmend zu zerrütten und nach Art eines progressiven Bruches (HAEFELI 1967a) zu entfestigen und mechanisch zu zertrümmern. AMPFERER (1939) hat schon in seinen ersten diesbezüglichen Publikationen den an der Basis der bewegten Massen sich bildenden "Gesteinsbrei" beschrieben.

Aus dem Mißverhältnis der im Abrißgebiet fehlenden zugunsten der sich im Akkumulationsgebiet von Hangbewegungen stauenden Felsmassen hat ZISCHINSKY (1969) eine Volumszunahme durch Sperrausdehnung (i.S. von SANDER) postuliert. Ganz klar und quantitativ faßbar äußert sich diese Dilatation von Kluftkörpern bei den Modellversuchen, die HOFMANN (1971) zum Problem der Gehängetektonik durchgeführt hat.

Alle diese Beobachtungen fügen sich zu dem Bild eines in seine Kluftkörper zerlegten, überaus wasserwegigen und daher gegenüber Einflüssen strömenden Kluftwassers sehr empfindlichen "geordneten Schutthaufens". Der Kulturtechniker muß also den Talzuschub als einen Vorgang sehen lernen, der anstehenden Fels in Schuttkörper umwandeln kann, aus welchen der Wildbach sich ständig ergänzende Nahrung schöpft. Dieser Vorgang ist an der Stirn der Talzuschübe meist am weitesten fortgeschritten, das Wechselspiel zwischen Talzuschub und Wildbach ist in vollem Gange. Das kann so weit gehen, daß der durch einen Talzuschub abgedrängte Bach den Gegenhang in einer Weise unterschneidet, die das Gleichgewicht stört und eine Gegenbewegung eines latent bewegungsberei-

ten Hanges reaktiviert, wie das etwa im Dürnbach im Bereich der "Hohen Blaike" bis zur neu errichteten Gitterrostsperr (KRONFELLNER-KRAUS 1970) der Fall ist. Es kommt zur Ausbildung richtiggehender Kampffronten zweier gegenüberliegender Talzschübe, die einen Wildbach ständig mit Geschiebe überlasten können.

Die folgende geologische Beschreibung des Dürnbaches soll als Erläuterung der gleichzeitig vorliegenden "Geologischen Karte des Einzugsgebietes des Dürnbaches unter besonderer Berücksichtigung von Hangbewegungen" (FÜRLINGER 1972b) verstanden werden und in ihrer Ausführlichkeit dem Charakter der Studie dieses G rinnes, das von Seiten der Wildbach- und Lawinenverbauung als "Mustereinzugsgebiet" untersucht wird, gerecht werden.

Al.2 G E O L O G I S C H E B E S C H R E I B U N G

Al.2.1 D e r D ü r n b a c h

Allgemeines

Der Dürnbach mündet bei Neukirchen am Großvenediger (Salzburg, Oberpinzgau) in die Salzach. Das 8,875 km² große Einzugsgebiet seines geradlinig NS gerichteten obsequenten Laufes liegt am S-Rand der Nördlichen Grauwackenzone in Quarzphylliten und "Steinkogelschiefern" (Granatphyllite und -quarzite).

Der linksufrige Hang ist durchschnittlich mit etwa 30° gegen W geneigt, der rechtsufrige mit 23° gegen E. Da sich die beiden angrenzenden Wasserscheiderücken auf gleiche Höhe aufschwingen, ruft dieser Unterschied in der mittleren Neigung der Hänge ein asymmetrisches Erscheinungsbild des Einzugsgebietes hervor. Der rechte Hang stellt sich auf der Karte breiter dar als der linke; er hat eine größere Oberfläche.

Mehrere verheerende Murgänge dieses bekannten Wildbaches sind aus historischer Zeit beschrieben (LAHNSTEINER 1965) und es hat seither nicht an Bemühungen gemangelt, ihn durch zahlreiche Einbauten zu beruhigen. Die Mündung des Baches wurde mittels einer langen, an ihrem Ende leicht gekrümmten Steinschale über den großen sagemumwogenen Schuttkegel der Dürnbach-Au (LAHNSTEINER 1965) der Salzach zugeführt.

Ein auffallendes Charakteristikum dieses Baches ist es, daß an seiner Geschiebeführung nahezu kein Altschutt (STINY 1910) beteiligt ist, sondern die Geschiebelieferung ständig aus den beidseitig von Hangbewegungen erfaßten Ufereinhängen erfolgt. Die Hangbewegungen finden sowohl morphologisch als auch in Veränderungen des Gefüges ihren Ausdruck. Deutlich treten am Rücken des Roßberges (Trattenbacheck, 2059 m ü.M.) lange, bloßliegende Abrißflächen von mehreren Metern Sprunghöhe hervor. Auch am linken Hang, dem Dürnbachwald sind hintereinander gestaffelte Gleitbahnen zu beobachten, die bis zum Rücken W Gensbichler Alpe hinaufreichen. Beide Ufer sind durch viele, zum Teil ungewöhnlich große Geländeanbrüche zerrissen, in denen der vollkommen zerrüttete Fels zutage tritt.

Die nördliche Begrenzung der vom aktiven zweiseitigen Talzuschub betroffenen Bachstrecke liegt im Bereich Unterburgalm - Steineralm - Rechteggeralm. Im S gebietet offenbar der steilstehende, einige zehn Meter mächtige Marmorzug des Taubensteins (1146 m ü.M.) den Bewegungen Einhalt.

Zwischen den genannten Grenzen herrscht infolge des zweiseitigen Talzuschubes Gebirgsdruck, der sich in abgescherten Flügeln meh-

rerer Geschiebesperren kundtut und zugleich zeigt, daß die Bewegungen aktiv sind (Abb. 1).

Geologischer Überblick

Den flächenmäßig größten Anteil am Einzugsgebiet des Dürnbaches nehmen "Steinkogelschiefer" ein. Es handelt sich dabei im wesentlichen um eine Serie von Granatphylliten, Granatquarziten und Quarziten mit ausgeprägtem s-Flächengefüge. Am Steinkogel (2299 m), der Typlokalität dieses Gesteins und am Fröhmesser (2233 m) trifft man auf konkordante (in Bezug auf s) Einlagerungen von Grüngesteinen, Gabbroamphiboliten nach AMPFERER & OHNESORGE (1913). Der Komplex der Steinkogelschiefer liegt schüsselförmig auf Quarzphylliten, die im N und S des Einzugsgebiets auftreten. Die Muldenform ist aus OHNESORGE's Karte abzulesen, sie wird von FUCHS (1954) hervorgehoben und durch gefügekundliche Untersuchungen bestätigt. Es ist dies nicht nur eine flache Einmuldung in NS-Richtung, sondern ebenso in EW-Richtung, wie FUCHS betont. Im N birgt die mächtige Quarzphyllitserie Einlagerungen von Gneisbändern (Schwazer Augengneis), die Mächtigkeiten von mehreren Metern erreichen können und in EW-Richtung durch das hintere Einzugsgebiet streichen.

Am S-Rand der Quarzphyllitmasse sind im Streichen weit verfolgbare Marmorpakete eingeschaltet, von denen eines, wie bereits erwähnt, den Dürnbach beim Taubenstein (1146 m) verengt.



Abb. 1: Gebirgsdruck-Schäden an der Kastensperre mit Stahlbetonbalken



Abb. 2: Die "Hohe Blaike", Dürnbach, Oberpinzgau

Wenig nördlich von Kote 1226 trifft man im Dürnbachwald auf auffällige Stufenbildungen. Die mit einer Moränendecke von etwa einem Meter Mächtigkeit bedeckte Hangschulter wird an Gleitbahnen, die gegen den Dürnbach hin abfallen und lange Strecken hangparallel (NS) streichen, in große Staffeln zerlegt (Taf. 6, Abb. 1 und 2). Zwei bis drei dieser Staffeln sind auf eine Länge von mehreren zehn Metern hin gut zu verfolgen. In den entblößten Gleitflächen wird zerrütteter Fels sichtbar. Die erste Staffel trägt wieder die mitabgesenkte Moränendeckschicht. Die darauf wachsenden hochstämmigen Nadelbäume zeigen zum Teil ausgeprägten Säbelwuchs, wobei die Krümmung hangwärts gerichtet ist (Tafel 6, Abb. 1). Das heißt, daß die Oberfläche der Abrißstaffeln antithetische Verstellungen mitgemacht haben, wie sie im Verlauf von Gleitbewegungen häufig auftreten.

Die Gefügebeobachtungen in den Gleitflächen zeigen, daß das Abreißen nach bestimmten Kluftscharen erfolgt (Diagramm 9, "DÜRN 9").

Im Vergleich der Diagramme DÜRN 5 (Rippen NW Kote 1997) und DÜRN 7 erkennt man, daß wir es mit den gleichen Kluftscharen zu tun haben die dort eine gegenfallende Rippenfläche (kl 050/80), hier eine Abrißfläche (kl 240/80) ausbilden. Wir erhalten daraus den Hinweis auf eine Rotation der Kluftflächenschar von steilem W-Fallen in steiles E-Fallen im Zuge des Bewegungsmechanismus, der zur Rippenbildung führt.

Morphologie

Die "Hohe Blaike" ist der auffälligste Vertreter einer Reihe großer Uferanrisse am linken Ufer des Dürnbaches.

Wie der Name sagt, zeichnet sie sich durch ungewöhnliche Höhe aus - sie erstreckt sich von ihrem Fuß bis zu ihrem höchsten Punkt über 200 Höhenmeter. In diese Höhenangabe sind die ausgedehnten Rutschungskeimlinge, die sie weiter oben im Hang ausbreiten, nicht einbezogen.

Inmitten des Felsanrisses ist eine Insel bewaldeten Geländes unversehrt stehengeblieben.

Ein weiteres Charakteristikum des Anrisses ist seine beachtliche Steilheit, die ihn von den übrigen deutlich unterscheidet. Von der Oberkante bis zum Fuß ist die der Vegetation entblößte Bodenwunde unter 39° geneigt.

An den wenigen zugänglichen Stellen sieht man, daß stark zerrütteter Fels ansteht, praktisch ein aus kleinstückigen Kluftkörpern wohlgefügt System.

Gefüge

In diesem Kluftkörpersystem, in dem die Klüfte durchwegs einige Millimeter klaffen, treten bevorzugte Kluftscharen auf. Die Hangbewegung bedient sich solcher vorgeprägter Kluftscharen, was besonders in dem an die Oberkante der Hohen Blaike anschließenden Rutschungskeimling deutlich wird (Diagramm DÜRN 1). Mit einer Sprunghöhe von etwa 6 Meter ist dort eine Abrisbahn entblößt

an deren Ausbildung im wesentlichen Klüfte mit der Stellung kl 210/80 beteiligt sind.

Die Schieferungsklüfte fallen sehr flach gegen SE, wobei zu berücksichtigen ist, daß es sich dabei nicht mehr um die ursprüngliche, sondern eine durch die Hangbewegung verzerrte Stellung handelt.

Zwei weitere tautozonale Kluftscharen, kl 290/80 bzw. kl 330/80 erhöhen die potentielle Teilbeweglichkeit des Kluftkörpersystems und kommen bei der Gestaltung der seitlichen Begrenzung der Hohen Blaike zum Ausdruck.

Al.2.4

G e n s b i c h l a l m

Morphologie

Im Zusammenhang mit den ausgedehnten Hangbewegungen im Dürnbachwald, also am linken Ufereinhang des Dürnbaches, ist auch das Gebiet der Hangschulter von großem Interesse. Es interessiert dabei vor allem der unbewaldete Abschnitt "Nord" Gensbichlalm, etwa zwischen den Koten 1836, 1937 und 1997. Das an den steilen Ufereinhang angrenzende Gelände zeigt nämlich auffällige morphologische Gestaltung, die Zusammenhänge mit den beschriebenen Hangbewegungen erkennen läßt.

Es sind dies vor allem gesetzmäßig angeordnete Geländefurchen, Gräben bzw. Rippen bis zu zwei Meter Tiefe und von einigen zehn Metern Länge. Sie legen sich wie ein Netzwerk über das flach gegen S abfallende Almgelände (Abb. 3).

In manchen der Furchen, besonders an deren Wänden tritt zutage; Fels, dessen Zusammenhalt durch Auseinanderweiche Klüften geschwächt ist und als "geordnetes Blockwerk" zu kenn-

zeichnen ist. Solche Aufschlüsse gewähren Einblick in das Gefüge des Gebirges wobei deutlich wird, daß das Netzwerk der äußeren Gestalt des Hanges ein Abbild seiner inneren Gestalt, seines Kluftgefüges ist. Dieses wird dort in erster Linie nicht durch Erosion sondern durch Relativbewegungen an den Kluftflächen morphologisch herausgearbeitet.

Über geöffnete Spalten hinwegsetzende Vegetationsbrücken belegen an manchen Stellen ein andauerndes Auseinanderweichen von Kluftufern.

Gefüge

Das Lagenkugeldiagramm DÜRN 2 zeigt, daß den bevorzugt hervortretenden Streichrichtungen der morphologischen Elemente bestimmte Kluftscharen zugeordnet sind.

Mehrfach sich wiederholende Furchen parallel zur Hangschulter streichen NS und sind das Abbild einer mit 270/80 sehr steil gegen W fallende Kluftschar. Den häufigen Streichrichtungen 110-130° (also WNW-ESE) liegt eine Kluftschar zugrunde, deren Individuen von 010-020 bzw. 190-200 um die Senkrechte pendelt. In ihnen sind im Vergleich mit DÜRN 1 jene Klüfte wiederzuerkennen, die am Oberrand der Hohen Blaike die Gleitbahnen bilden (kl 210/80). Bemerkenswert ist jedoch, daß sie antithetische Relativbewegungen ausgeführt haben, die das dem Dürnbachhang nähergelegene Kluftufer herausgehoben haben.

Die Art der Verstellung ist in der schematischen Skizze der Abb. 4 angedeutet.

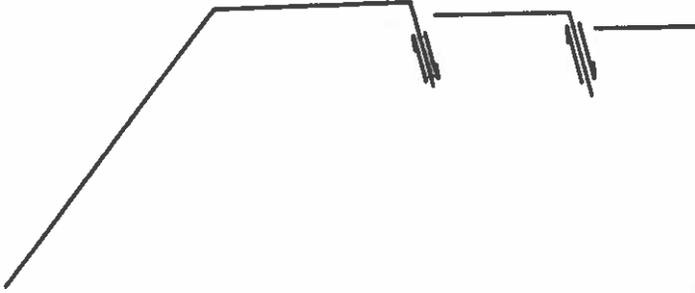


Abb. 4: Bewegungstypus im Hinterland des Dürnbachhanges (Gensbichlalm)



Abb. 3: Geländefurchen, Gräben und Rippen auf der Gensbichlalm

Al.2.5 Fröhmesser und weitere Bergzerreibungen

Morphologie

Wie die Abb. 5 (auch Tafel 9, Fig. 1) zeigt, ist der Kamm zwischen Fröhmesser (2233 m) und dem Großleitkopf (2158 m) durch Bergzerreibungen stark zerlegt.

Die Zerreibungszone hat eine Breite von 80 Meter, wobei es nicht nur zur Entwicklung eines Doppelgrates, sondern zu Mehrfachgraten kommt. Stellenweise treten drei, manchmal vier Rippen auf, die parallel zum Gratverlauf streichen. Das Gebirge hat sich bei diesem Prozeß nach Klüften aufgelockert, Kluftkörper sind an ihren Trennflächen auseinandergewichen, die ursprüngliche Orientierung der Begrenzungsflächen ist dabei kenntlich geblieben, nicht mehr so straff geregelt wie im Anstehenden (DÜRN 3).

Tiefer unten im Hang erscheint eine Rippe (Tafel 9, Fig. 2). Sie streicht mit 180° genau N-S, also parallel zum Verlauf der bestimmenden morphologischen Elemente: Grat und Tal (DÜRN 4). Ihre gegen E in den Berg eintauchende Begrenzungsfläche wird nach einer Kluft von der Stellung kl 090/55 gebildet.

Gefüge

Am Rücken um Kote 2102 treten Bergzerreibungen auf, die denen am Fröhmesser im Prinzip ähnlich sind (Tafel 8, Fig. 1). Der breite flache Berg Rücken wird durch Rippen gegliedert, deren Entstehung dem Schema der Abb. 4 entspricht. Ihr Verlauf ist gefügeabhängig.

Weiter unten im Abhang des Dürnbachs treten vom Hang scharf durch gegenfallende Flächen abgegrenzte Rippen hervor (Tafel 8, Fig. 2). Sie streichen hangparallel, schwanken in ihrer Höhe, erreichen stellenweise 5-7 m, setzen wieder ab indem sie, schmaler werdend im Hang verlaufen.

Der Weg von der Gensbichlerscharte (2019 m) zur Rechtegger-Hochalm (1830 m) bedient sich ab Kote 1997 einer solchen natürlichen Furche (Abb. 6).



Abb. 5: Grat zwischen Frühmesser und Großleitkopf, gegen N Zerreißen



Abb. 6: Hangparallele Rippen NW Kote 1997



Abb. 7: Hangparallele Abrißfläche am Roßberg

Am Roßberg oder Trattenbacheck (2059 m) nehmen Hangbewegungen ihren Anfang, die das Aussehen des rechten Dürnbachufers von Kote 1492 unterhalb der Steineralm bis zum Taubenstein (1146 m) hin prägen.

Morphologie

Der Rücken des Roßberges (2059 m) ist so durch Bergzerreibungen gestaltet, daß sie schon in der topographischen Karte (ÖK 1:25.000) zum Ausdruck kommen. Es handelt sich um einen flachen Rücken, der zu beiden Seiten seines Scheitels von NS-streichenden Furchen durchzogen wird.

Auf der Dürnbachseite zeigen sich auffällige, langgestreckte, vegetationslose, also ziemlich frische hangparallele Abrißflächen (Abb. 7).

Nach einem gesetzmäßig dem Gefüge folgend verzweigten System von Abrißflächen, die insgesamt eine steile Geländestufe bilden, schließt der flache "Alphagboden" an, ein Hochmoor mit mächtiger Bodendecke und zahlreichen Naßstellen.

Darauf folgt, etwa zwischen Bärbrunnjagdhütte (1665 m) und Taubensteinkapelle (1462 m) wieder ein steiler Geländeabschnitt, der in sich durch auffällige Kleinformen gestaltet ist. In dem üppig mit holzigen Alpenkräutern überwucherten Gelände geben sich alte Gleitbahnen an ihrer einförmigen Steilheit zu erkennen, Buckel und Höcker, zum Teil begrenzt durch geradlinig streichende Kluftgassen zeugen von tiefgreifender Bodenunruhe.

Anstehender Fels ist auf einige wenige Aufschlüsse beschränkt, angerundetes Blockwerk ist vereinzelt anzutreffen.

Unterhalb der Straße, die von der Taubensteinkapelle (Steiner Kpl., 1462 m) zur Steineralm führt, machen sich ausgedehnte Hanganrisse breit, mit Ausmaßen, wie sie von herkömmlichen Uferanrissen nicht bekannt sind. Nahezu der gesamte Ufereinhang, angefangen bei Kote 1492 unterhalb der Steineralm bis unterhalb Kote 1300 ist von hohen Anbrüchen zerrissen. Diese Abrißfront liegt in so deutlicher Weise innerhalb der Begrenzungslinie der Hangbewegung, daß man sie damit im Zusammenhang sehen muß.

Al.2.7

Der Talschluß

Die Geige (2071 m) ist der nördlichste Grenzpunkt des ab Steinkogel (2299 m) im W und Frühmesser (2233 m) im E dreieckförmig auslaufenden Talschlusses des Dürnbachs. Der Beschreibung des von diesen Punkten und von der Steiner-Hinteralm (1711 m) eingegrenzten Bereiches gilt dieser Abschnitt.

Geige (2071 m)

Das regional sehr einheitliche E-W Streichen der Schieferung kommt im hintersten Teil des Einzugsgebietes zwischen Geigen-scharte (2026 m) und Geige (2071 m) in einer ausgeprägten Schichtkopflandschaft zum Ausdruck. Die steil gegen S einfallenden Quarzphyllitpakete mit in sich wechselnder Abtragbarkeit ließen quer zur Talachse streichende schroffe Rippen und Furchen entstehen, in denen sich durch den erschwerten Abfluß der Verwitterungsschutt zu ständig vernäßten Hochmooren staut, aus denen sich die Ursprünge des Dürnbachs herleiten.

Einige dünne Wasserfäden sammeln sich oberhalb Kote 1980 zu einem Rinnsal das bis Kote 1835 über die treppenförmig herausgearbeiteten Schicht- bzw. Schieferungsköpfe des anstehenden Quarzphyllits steil absteigt. Es ist dies im wesentlichen die Überwindung jener Steilstufe, die am linken Ufer durch die Isoklinalstufe des "Geigenwandls" und rechts durch eine entsprechende Geländeform repräsentiert wird.

Speikkogel (2232 m) - Steiner-Hochalm (1914 m)

Das Gelände E Speikkogel, um Kote 2093 und Kote 2029 trägt mit flachen felsigen Rundbuckeln und ausgedehnten Hochmoorflecken Zeugen glazialer Formung.

Die in dieser karartigen Mulde sich sammelnden Wässer stellen eine weitere wichtige Nahrungsquelle des jungen Dürnbachs dar.

Der W Steiner-Hochalm (1914 m) anschließende, flach gerundete Felsbuckel, durch eine im Halbkreis gegen E sich öffnende kragenförmige Tiefenrinne gegen das dahinter liegende sumpfige Kar abgegrenzt, zeigt morphologisch viele Anzeichen einer Sackungsmasse (Abb. 8). In der Kontrolle des Gefüges lassen sich jedoch keine Beweise dafür finden.

Steinkogel (2299 m) - Roßkar

Der Steinkogel (2299 m) ist mit dem Roßkogel (2092 m) durch einen Grat verbunden. Nördlich dieses Grates, bis zum gegenüberliegenden Speikkogel (2233 m) erstreckt sich ein mit Großblockwerken stark verschüttetes Kar. Auch südlich davon, bis zum Hüttenkopf (2080 m) schließt ein glazial geformtes Kar an. Einige Blockmoränenwälle und Schuttwülste zeugen von einer einstmalig

eigenständigen Vergletscherung dieser gegen E exponierten Kare. Die beiden, mit großen Mengen glazial aufgearbeiteten Blockwerks gefüllten Kare vereinigen sich zum Roßkar, einer schwach geneigten, ausgedehnten Schuttfläche auf der die Schuttmassen durch zahlreiche eng nebeneinanderliegende Wasseradern zum Teil flächenhaft erodiert werden. Die Schuttbedeckung hüllt auch die Uferhänge zwischen Steiner-Hinteralm (1711 m) und Unterburg-Hochalm (1873 m) ein und wird dort durch zahlreiche Gerinne zerschnitten.

Wir haben dort eine aus Schutt und Blockwerken ohne wesentliche Grundmasseanteile zusammengesetzte Deckschicht vor uns, die mit STINY (1910) als "durchfließbar" zu kennzeichnen ist. Von den durch ihre fluviatile Umlagerung der Feinanteile beraubten, in glazialer Zeit bereitgestellten Schuttfluren ist kein nennenswertes Wasserrückhaltevermögen zu erwarten.

Großleitkopf (2158 m)

Große Teile des Grates vom Großleitkopf (2158 m) gegen die Geigenscharte (2026 m) sind von Bergzerreißungen aufgelockert und zerlegt. Diese Zone der Zerlegung des Felses nach Klüften geht im oberen Drittel des Ufereinhanges fortschreitend in Blockwerk über. Es entsteht auf diese Weise ein Körper aus anstehendem Blockwerk, in dem stellenweise noch zusammenhängend erhalten gebliebene größere Felsschollen schwimmen. Dieser Körper hat mit seiner leicht konvex vorgewölbten Stirn und teilweise flach wulstförmigen Begrenzungswällen viele Anzeichen einer Sackungsmasse.

Ähnlich verhält es sich mit den Hangpartien gegenüber der Steiner-Hochalm (1914 m). Diese beginnen sich in den Bergzerreißungen des Frühmessers in Blockwerk aufzulösen und formen sich in Ufernähe ebenfalls zu konvexen Stirnen, wobei es sogar zum Aufstau kleinerer Schotterböden kommt.

Markante Schultern, die das Bachbett vom linken Ufer her (400 m nördlich Steiner-Hinteralm) einengen, sind offenbar Reste ehemaliger, weitgehend erosiv abgebauter Sackungsmassen. Gleiches gilt für die aus Blockwerk und Schutt aufgebaute Schulter etwa 400 m südlich der Steiner-Hinteralm. Sie ist die Ursache für die im Bereich der Steiner-Hinteralm in mehreren flachen Terrassen aufgestauten Schotterböden.



Abb. 8: Vermutliche Sackungsmasse W Steiner-Hochalm

Im alpinen Bereich spielt das Phänomen des Talzuschubs eine wesentliche Rolle als geologischer Bereitstellungsmechanismus von Geschiebe in Wildbächen. Durch die mit einem Talzuschub einhergehende Zerrüttung und Entfestigung des Gesteins entstehen praktisch unerschöpfliche Geschiebeherde. Das System - Wildbach - Talzuschub zeigt eine deutliche Wechselbeziehung zwischen Wildbacherosion und Hangbewegung.

Am Beispiel des Dürnbaches, der bei Neukirchen am Großvenediger in die Salzach mündet, werden die Phänomene von Talzuschüben beschrieben. Es handelt sich dabei um gravitationsbedingte Sackungen, die bis in die Gratregionen des in der Grauwackenzone liegenden, vorwiegend aus Quarzphylliten aufgebauten Einzugsgebietes reichen. Ihr Bewegungsmechanismus wird vom tektonisch vorgeprägten Felsgefüge (Schieferung, Klüftung) wesentlich beeinflusst.

Wildbäche, deren Geschiebeherde in Talzuschüben liegen, stellen die Kulturtechnik bezüglich der Konstruktion von Geschiebesperren und der Sanierung der Geländebrüche vor schwierige Probleme.

S U M M A R Y

(GEOLOGIC MAPPING AND DESCRIPTION OF THE DRAINAGE BASIN OF DÜRNBACH PARTICULARLY WITH CONSIDERATION OF THE SLOPE MOVEMENTS)

It has been found that slopes, which are subject to gravitational spreading ("Talzuschub") provide virtually unexhaustible resources of debris to be carried away by torrential flows.

The catchment area of the D ü r n b a c h , a torrent which is a tributary to the Salzach river at Neukirchen (Salzburg), has been selected to study the interaction of large scale creep and landslide phenomena (Talzus Schub, Sackung) with the torrential activity of the creek.

The studies have been carried out as one part of the doctoral thesis of the author during 1968-1971.

R E S U M E

(CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE ET DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT DE
TORRENT DÜRN BACH, PROTANT ATTENTION SPECIALE SUR LES
MOUVEMENTS DE PENTE)

On a trouvé que les pentes sujettes au glissement gravitationnel fournissent des ressources virtuellement inépuisables de débris qui sont entraînés par les torrents.

On a choisi le bassin versant du ruisseau D ü r n b a c h , un torrent qui est un affluent de la rivière Salzach à Neukirchen (Salzbourg, Autriche), pour étudier l'interaction des phénomènes de rampe et glissement des terrains en grande échelle avec l'activité torrentielle du ruisseau.

Ces études ont été réalisées entre 1968 et 1971 et faisaient partie de la thèse de doctorat de l'auteur.

- AMPFERER, O. & Th. OHNESORGE, 1913: Geologische Spezialkarte 1:75.000, Blatt Rattenberg, Geol. R.A.
- AMPFERER, O., 1939: Über einige Formen der Berzerreißung.- Sber. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturw. Kl., Abt. I, 148. Bd., 1. und 2. Heft.
- CLAR, E., 1967: Geologische Grundlagen der Murentätigkeit.- Schriftenreihe für Raumforschung und Raumplanung, 11, Amt der Ktn. Landesreg., Klagenfurt, 1971.
- CLAR, E. & U. ZISCHINSKY, 1968: Stauraum Durlaßboden: Geologie der Hänge.- Öst. Zschr. für Elektrizitätswirtschaft (ÖZE) Jhg. 21, Heft 8.
- COTECCHIA, V. & G. TRAVAGLINI & G. MELIODORO, 1969: I movimenti franosi e gli sconvolgimenti della rete idrografica prodotti in Calabria dal terremoto del 1783.- Geol. Applicata e Idrogeologia, Vol. IV - 1969, S 63, Bari.
- EXNER, CH., 1956: Geologische Karte der Umgebung von Gastein. Maßstab 1:50.000. Geol. Bundesanst., Wien.
- 1957: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Umgebung von Gastein, 1:50.000.- Geol. Bundesanst., Wien.
 - 1962: Geologische Karte der Sonnblickgruppe.- Maßstab 1:50.000. Geol. Bundesanst., Wien.
 - 1964: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Sonnblickgruppe.- Geol. Bundesanst., Wien.
- FUCHS, A., 1954: Vorläufige Ergebnisse von Gefügeuntersuchungen in den Kitzbühler Alpen.- Tscherm. Min. Petrogr. Mitt., F 3, Bd. 4, 193-202.
- FÜRLINGER, W.L., 1972 a: Talzuschübe in schiefrig-plattigem Fels und die Kärung ihres Bewegungsmechanismus im gefügeäquivalenten Modellversuch.- Sonderforschungsbereich 77 - Felsmechanik - Univ. Karlsruhe; Jahresber. 1971, Karlsruhe, März 1972.
- 1972 b: Talzuschub und Wildbachverbauung.- Dissertation, Phil.Fak. der Univ. Wien, 240 Seiten.
- HAEFELI, R., 1967 a: Zum progressiven Bruch in Schnee, Boden, Fels und Eis.- Felsmech. und Ing.-Geol. Vol. V/1, 17-37.
- 1967 b: Kriechen und progressiver Bruch in Schnee, Boden, Fels und Eis.- Schweiz, Bauzeitg. Jhg. 85, Heft 1 und 2.

- HOFMANN, H., 1971: Böschungen in geklüftetem Fels, Modellversuche und deren Auswertung.- Vortrag vor dem Arbeitskreis Bergmänn. Gebirgsmech. derDFG, Bochum, Okt. 1971.
- IBBEKEN, H., 1971: Kalabrisches Massiv und Ionisches Meer.- "FU-Pressedienst Wissenschaft" Nr. 3, März 1971, Berlin.
- KAHLER, F. & S. PREY, 1963: Geologische Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes der Karnischen Alpen.- Geol. Bundesanst., Wien.
- KARL, J. & J. MANGELSDORF, 1971: Typen des fluviatilen Abtrags in den nördlichen Ostalpen.- Internat. Symp. "Interpraevent 1971" Villach, Ktn. Österreich, 1971.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1970: Über offene Wildbachsperrren.- Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst., Wien, 88.
- LAHNSTEINER, J., 1965: Oberpinzgau vom Krimml bis Kaprun.- 2. Aufl., Selbstverl. J. Lahnsteiner, Hollersbach, Szbg. Österreich.
- LANSER, O., 1966: Felsstürze und Hangbewegungen in der Sicht des Bauingenieurs.- Geol. Bauwes. 1966.
- MELIODORO, G. & A. GUERRICCHIO, 1969: Geologia, Fenomeni franosi e problemi di difesa del suolo nel Vallone Colella (Aspromonte).- Geol. Appl. e Idrogeologia, Vol. IV - 1969, Bari.
- MÜLLER, L., 1963: Der Felsbau.- Enke Verlag, Stuttgart.
- RYBAR, J., 1968: Engineering-Geological Maps of Landslide Areas.- Abh. zentr. geol.Inst., Heft 14, 109-114, Berlin.
- SANDER, B., 1948: Einführung in die Gefügekunde.- Springer-Verlag.
- STERN, R., 1971: Kartierung von Wildbächen im Lesachtal (Kärnten).- Carinthia II, Sonderheft 28 (Festschr. Kahler), 193-207, Klagenfurt.
- STINY, J., 1910: Die Muren.- Innsbruck, Wagner
- 1941: Unsere Täler wachsen zu.- Geol. Bauwes., Jhg. 13, 71-79.
- TER-STEPANIAN, G., 1963: Klassifizierung der Erdrutschrisse.- Felsmech. Ing.-Geol. I, Wien.
- ZISCHINSKY, U., 1966: On the deformation of high slopes.- Sitz.-Ber. 1. Kongr. intern. Ges. Felsmechanik 2, 179-185, Lissabon.
- 1967 a: Zur Anwendbarkeit der Kontinuumsmechanik.- Veröff. Inst. Bodenmechanik und Felsmechanik. TH Karlsruhe, 27, 95-115.

ZISCHINSKY, U., 1967 b: Bewegungsbilder instabiler Talflanken.-
Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 17, (1966), 127-168.

- 1968: Über Sackungen.- Felsmech. Ing.- Geol. 6/4

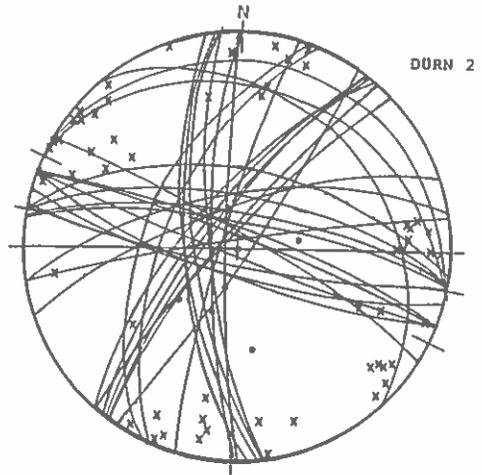
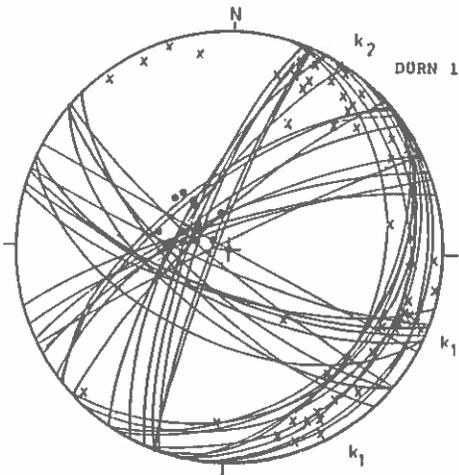
- 1970: Ingenieurgeologie des Stauraumes Durlaßboden.- Mitt.
Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 19, 1970.

Al.5

B E I L A G E N

Diagramme (Tafel 1-5)

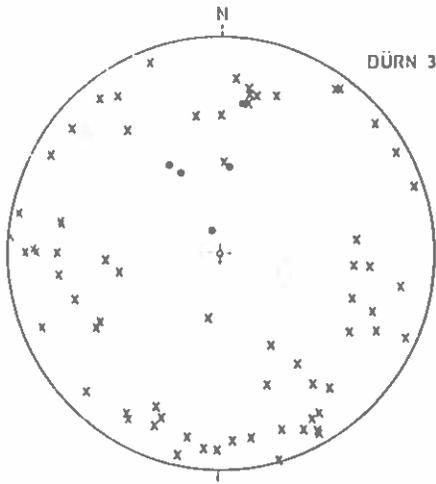
TAFEL 1



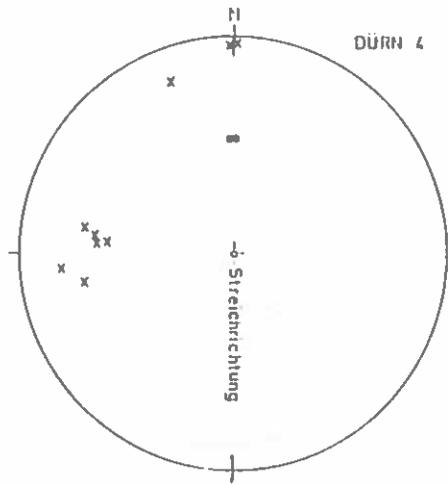
"Hohe Plaike" Rutschungskeimlinge
 k_1, k_1' s, Abrißfläche nach k_2

Zerreißungsfurchen N Gensbichler Alpe
W-Abhang Kte. 1997

TAFEL 2

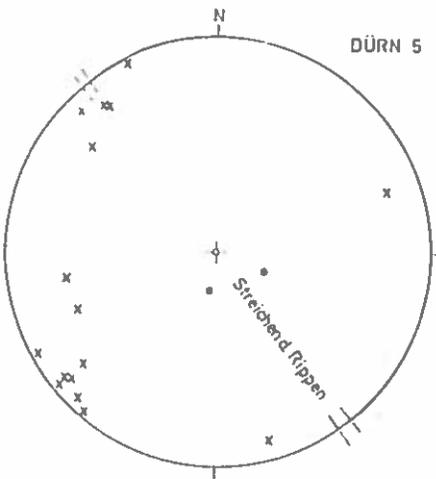


Bergzerreißung Frühmesser Nord

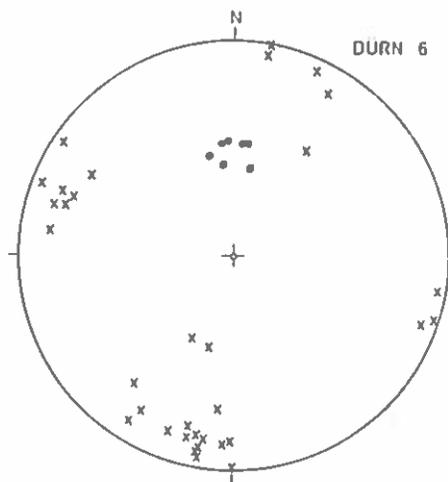


Rippe W Frühmesser

TAFEL 3

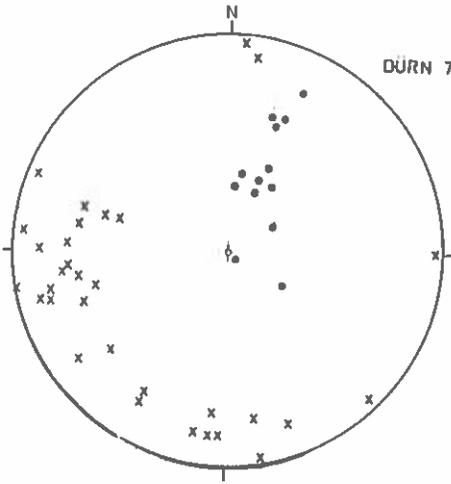


gegenfallende Rippen NW Kte. 1997

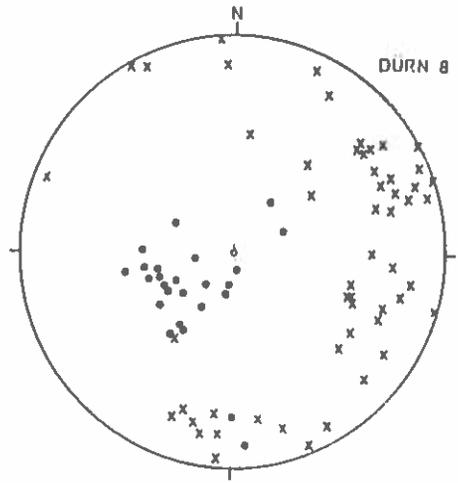


Frühmesser Süd

TAFEL 4

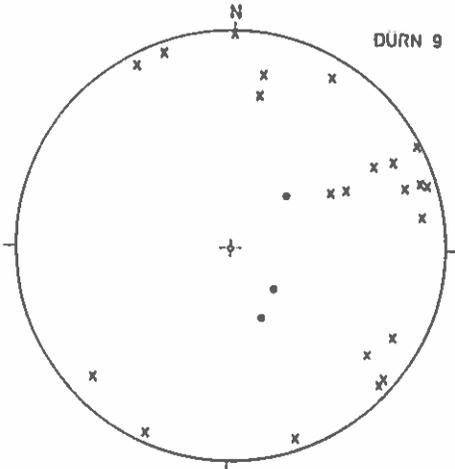


Dürnbach - rechtes Ufer

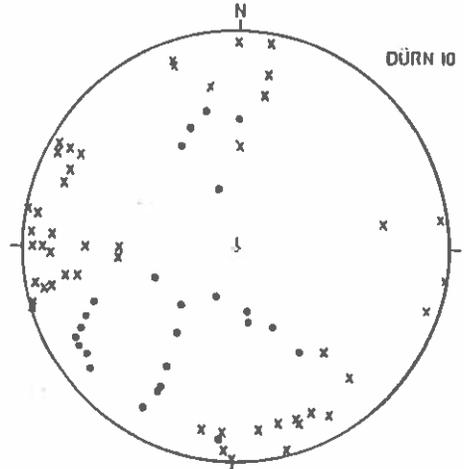


Dürnbach - linkes Ufer

TAFEL 5



Abrißnische Dürnbach Wald



Abrißnische Trattenbach-Eck

TAFEL 6



Fig. 1: Abrißtafel Dürnbachwald, gegen S



Fig.2: Staffel im Dürnbachwald, gegen S

TAFEL 7



Fig. 1: Zerreißungen Kote 1997, gegen S



Fig. 2: Zerreißungen Gensbichlalm, gegen S

TAFEL 8



Fig. 1: Bergzerreibungen um Kote 2102, gegen S



Fig. 2: Hangparallele Rippe E Rechtegger-Hochalm

TAFEL 9



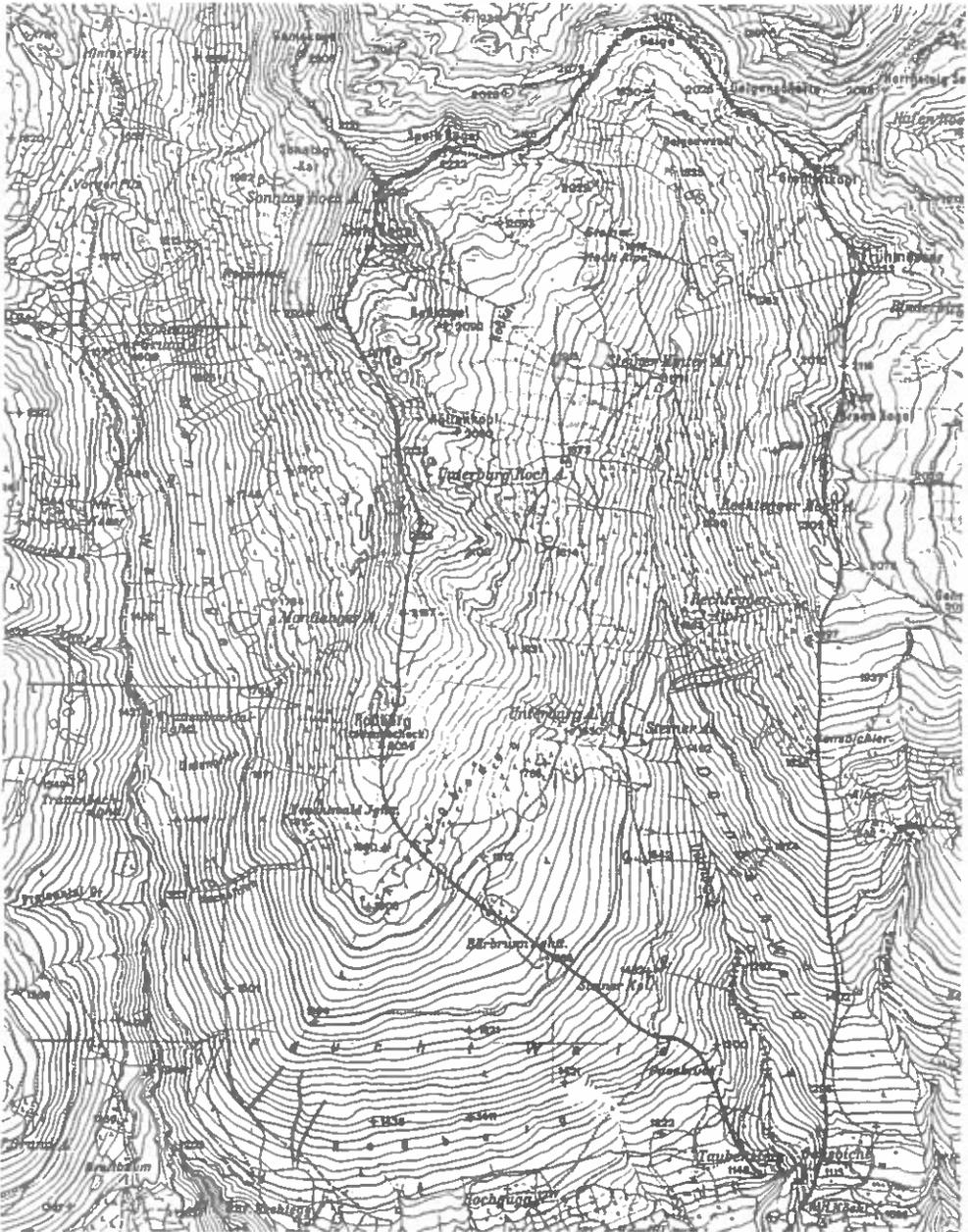
Fig. 1: Bergzerreibungen Frühmesser, gegen S



Fig. 2: Rippe im Hang unterhalb Frühmesser gegen Süden

TAFEL 10

Das Einzugsgebiet des D ü r n b a c h e s ,
Neukirchen am Großvenediger, Szbg. 1:25.000



A2. DIE HOCHWASSERVERHÄLTNISSE
AN DER OBEREN SALZACH

Von Friedrich Nobilis

A2.1 Problemstellung

A2.2 Ausgangsdaten

A2.3 Die Einordnung des Dürnbaches in das Hochwasserabflußgeschehen der oberen Salzach

A2.3.1 Die Bezeichnung von HQ₁₀/HQ₁₀₀ und MJHQ/HQ₁₀

A2.3.2 Anmerkung zur 90%-Richtkurve nach Wundt

A2.3.3 Die charakteristischen Abflußspenden an der oberen Salzach

A2.4 Zusammenfassung

Summary

Resume

A2.5 Literatur

A2. DIE HOCHWASSERABFLUSS -
VERHÄLTNISSE AN DER
OBEREN SALZACH

Die charakteristischen Hochwasserabflüsse des Dürnbaches im
hydrologischen Längenschnitt

von
F. Nobilis
Hydrographisches Zentralbüro, Wien

A2.1 PROBLEMSTELLUNG

Am Dürnbach in Neukirchen im Oberpinzgau (Salzburg), einem linksufrigen Zubringer zur Salzach, wurde ein "Mustereinzugsgebiet" des Institutes für Wildbachkunde Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien errichtet (KRONFELLNER-KRAUS, NEUWINGER, SCHAFFHAUSER, RUF 1982). Im Einzugsgebiet dieses Baches werden Niederschlag und Abfluß, Hangdeformationen bzw. Talzuschübe, Geschiebeprobleme (KRONFELLNER-KRAUS 1982) und verbauungstechnische Fragen studiert. Zur Klärung der hydrologischen Probleme werden zwei Abflußmeßstellen beobachtet: Die sogenannte "Steineralm" in 1590 m ü.M. (4,3 km² Einzugsgebiet) und die "Sanglbrücke" in 940 m ü.M. (9 km² Einzugsgebiet), wobei eine Zusammenarbeit mit dem Hydrographischen Dienst für Salzburg besteht. Für den Pegel "Steineralm", er wird in der Folge mit D1 bezeichnet, bzw. Pegel "Sanglbrücke", er wird in der Folge mit D2 bezeichnet, wurden auf Grund der Beobachtungen in den Jahren 1972 bis 1979 (ohne 1973 und 1977) bzw. 1969 bis 1977 charakte-

ristische Hochwasserabflüsse eingeschätzt (KRONFELLNER-KRAUS et al. 1982). Dabei ergaben sich u.a. für D1 ein HQ_{10} von $9,9 \text{ m}^3/\text{s}$ und ein HQ_{100} von $16,3 \text{ m}^3/\text{s}$, für D2 ein HQ_{10} von $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und ein HQ_{100} von $19 \text{ m}^3/\text{s}$. In einer späteren Auswertung (Erweiterung der Jahresreihe bis 1984 aber ohne 1982 bei D1) ergaben sich etwas geänderte Werte. Diese werden in der Folge mit + bezeichnet (D1+: $HQ_{10} = 10,9 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{100} = 16,4 \text{ m}^3/\text{s}$; D2+: $HQ_{10} = 9,7 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_{100} = 15,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Diese Werte wurden zum Vergleich in den Abbildungen 1, 3 und 4 mit (D1) und (D2) eingetragen.

Grundsätzlich stellt sich nun die Frage, wie z.B. diese charakteristischen Werte im hydrologischen Längenschnitt für die obere Salzach zu sehen sind und ob diese singulären Betrachtungen bei einer solchen kurzen Beobachtungsperiode überhaupt in das Gesamtabflußgeschehen plausibel einzuordnen sind.

A2.2

A U S G A N G S D A T E N

Betrachtet man die obere Salzach bis etwa vor die Einmündung des Dientenbaches, so stehen folgende Abflußmeßstellen zur Verfügung:

Wald/Salzach	(Nr. 1; EZ = $185,4 \text{ km}^2$)
Sulzau/Obersulzbach	(Nr. 2; EZ = $80,7 \text{ km}^2$)
Neukirchen a.G./Untersulzbach	(Nr. 3; EZ = $40,5 \text{ km}^2$)
Habach/Habach	(Nr. 4; EZ = $48,0 \text{ km}^2$)
Mittersill/Salzach	(Nr. 5; EZ = $591,2 \text{ km}^2$)
Haidbach/Felber Ache	(Nr. 6; EZ = $74,5 \text{ km}^2$)
Uttendorf/Stubache	(Nr. 7; EZ = $127,3 \text{ km}^2$)
Kaprun/Kapruner Ache	(Nr. 8; EZ = $88,1 \text{ km}^2$)
Bruck a.d. G./Salzach	(Nr. 9; EZ = $1167,2 \text{ km}^2$)

Ferleiten/Fuscher Ache	(Nr.10; EZ = 60,7 km ²)
Bruck a.d. G./Fuscher Ache	(Nr.11; EZ = 162,0 km ²)
Bucheiben/Hüttwinkelache	(Nr.12; EZ = 94,6 km ²)
Rauris-Unterland/Rauriser Ache	(Nr.13; EZ = 240,4 km ²)
und zur Kontrolle des weiteren Verlaufs	
Schwarzach i. P.	(Nr.14; EZ = 2162,7 km ²)

Die Daten für die Ermittlung charakteristischer Hochwasserwerte reichen zum Teil bis ins Jahr 1896 zurück (Nr. 5 und 9), andere sind wesentlich jünger. Die Werte für Schwarzach stammen nicht vom Hydrographischen Dienst. Die Werte für Kaprun, die in hohem Maße kraftwerksbeeinflusst sind, werden bei den folgenden Betrachtungen nicht verwendet, da sie das Bild verfälschen würden.

Über die Bedeutung der hydrographischen Grundlagen und ihrer Erfassung berichtet ZETTL 1971, über die Analyse und Verarbeitung hydrographischer Daten für vorbeugende Hochwasserschutzmaßnahmen SCHREIBER 1971, über die Erarbeitung hydrologischer Grunddaten BLASCHKE 1973 eingehend. Die Probleme reichen von Stabilitätsuntersuchungen für Abflußprofile (BEHR 1974), über die Erfassung und Einschätzung anthropogener Einflüsse (ZETTL 1983), über die Bedeutung von Latten- oder Schreibpegelwerten für die Erstellung von Hochwasserkollektiven aus Homogenitäts- und Trendanalysen, über die Auswahl der Methoden zur Berechnung der n-Jährlichkeit von Hochwässern (SCHREIBER 1970 und 1972; NOBILIS 1981; DVWK 1979) bis zur Abgleichung von Gebietsspendenlinien und der Ermittlung charakteristischer Hochwasserabflüsse in Gebieten ohne ausreichende Beobachtungen etc. Eine umfassende Darstellung der Bereitstellung von Durchflußdaten, der Analyse der Datenreihen, der Hochwässer und ihrer Berechnung findet sich bei DYCK 1976. Diese umfangreichen Vorarbeiten werden u.a. bei Angaben für Bemessungshochwässer, aber auch bei der hydrographischen Charakterisierung abgelaufener Hochwasserereignisse, wie z.B. in den Jahren 1965 (ZETTL und SCHREIBER 1966) und 1966 (SCHREIBER und ZETTL 1967) verwendet.

D I E E I N O R D N U N G
D E S D Ü R N B A C H E S I N D A S
H O C H W A S S E R A B F L U S S G E S C H E H E N
D E R O B E R E N S A L Z A C H

Für die Meßstellen D1 (Steineralm, 4,3 km² Einzugsgebiet) und D2 (Sanglbrücke, 9 km² Einzugsgebiet) am Dürnbach errechneten sich ein HQ₁₀ von 9,9 m³/s (erste Reihe 10,9 m³/s), ein HQ₁₀₀ von 16,3 m³/s (erste Reihe 16,4 m³/s) bzw. 11,8 und 19,0 m³/s (erste Reihe 9,7 und 15,6 m³/s). Das mittlere Jahreshochwasser MJHQ (69-79) ergab für D1 4,16 m³/s (fehlende Werte regressiv ergänzt), für D2 7,72 m³/s. Beobachtet wurden höchste Hochwasser HHQ bei D1 mit 7,59 m³/s im Jahre 1979 bzw. 9,60 m³/s im Jahre 1983, bei D2 mit 11,6 m³/s im Jahre 1975.

Diese vier Kenngrößen (MJHQ, HQ₁₀, HQ₁₀₀ und HHQ) sind nun als Abflüsse in m³/s oder Abflußspenden in m³/s.km² in ihrem Verhalten zueinander oder in ihrer Abhängigkeit von der Einzugsgebietsfläche in Zusammenschau mit den Ergebnissen an der Salzach selbst und ihren Zubringern zu betrachten. Bei dieser Gelegenheit sei auf die Arbeit von GERHARD (1971) über die Abhängigkeit der Hochwasserabflußspende von der Fläche mit ihren theoretischen Lösungsansätzen hingewiesen. Auf eine tabellenmäßige Auflistung der Kenngrößen aller Pegel D1, D2, 1-14 (ohne 8) wird hier verzichtet, eine graphische Darstellung ist viel eher geeignet, die Zusammenhänge aufzuzeigen.

A2.3.1

Die Beziehungen

$$HQ_{10} / HQ_{100} \quad \text{und} \quad MJHQ / HQ_{10}$$

Abb. 1 zeigt den Zusammenhang HQ_{10}/HQ_{100} für die obere Salzach. SCHREIBER wies 1970 darauf hin, daß bei allen untersuchten Zusammenhängen charakteristischer Abflußwerte gerade dieses Verhältnis, dargestellt auf doppellogarithmischen Papier, besonders eng sei. Üblicherweise werden obere und untere Grenzlinien gezeichnet, ohne einen rechnerischen Ausgleich zu suchen. Die obere Grenzlinie gilt dann für Gewässer mit extrem steilen und dabei relativ kurz dauernden Hochwasserspitzen, die untere Linie für Gewässer mit wenig Gefälle, größeren Retentionsgebieten und in der Regel sehr breiten Wellen. In unserem Fall ist jedoch die Beziehung so straff, daß eine Ausgleichsrechnung (ohne D1 und D2) durchgeführt wurde. Der Zusammenhang wird durch $\lg HQ_{100} = 0,949 \lg HQ_{10} + 0,295$ (Korrelationskoeffizient $R = 0,997$) dargestellt.

Hätte man nun aus der kurzen Reihe für D1 und D2 sicherheitshalber nur ein HQ_{10} geschätzt (9,9 bzw. 11,8 m^3/s) und das HQ_{100} über diese regionale Information ermittelt, so hätte man 17,3 bzw 20,5 m^3/s statt 16,3 bzw. 19,0 m^3/s erhalten. Die Übereinstimmung ist also sehr gut.

Abb. 2 zeigt den Zusammenhang des mittleren Jahreshochwassers der Reihe 1969-1979 (MJHQ (69-79)) mit dem jeweiligen HQ_{10} an den betrachteten Meßstellen. Es tritt hier bereits eine gewisse Streuung auf, trotzdem ist die regionale Information noch recht brauchbar. Ein rechnerischer Ausgleich (ohne D1 und D2) würde $\lg HQ_{10} = 0,923 \lg MJHQ (69-79) + 0,387$ ergeben ($R = 0,988$). Eine Abschätzung des HQ_{10} aus dem MJHQ (69-79) bei D1 wäre zufriedenstellend, bei D2 nicht mehr.

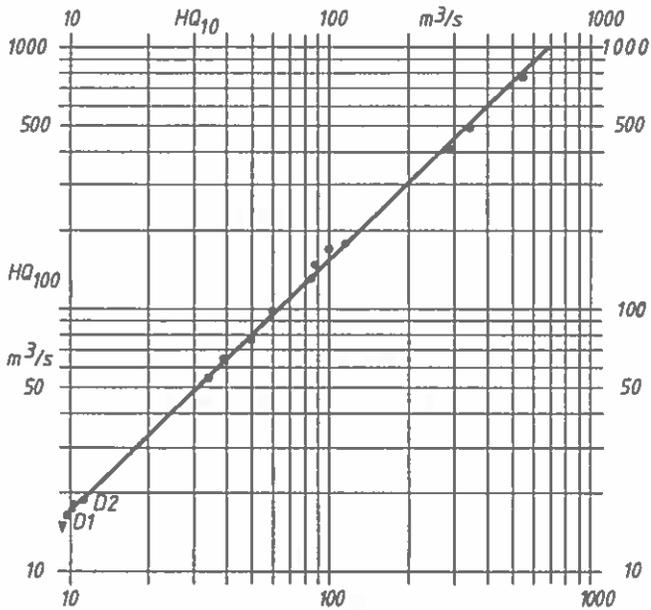


Abb. 1: Zusammenhang HQ_{10}/HQ_{100} an der oberen Salzach (D1, D2: Meßstellen am Dürnbach; o Meßstellen Nr. 1-14 ohne 8; ● bedeutet doppelt besetzt)

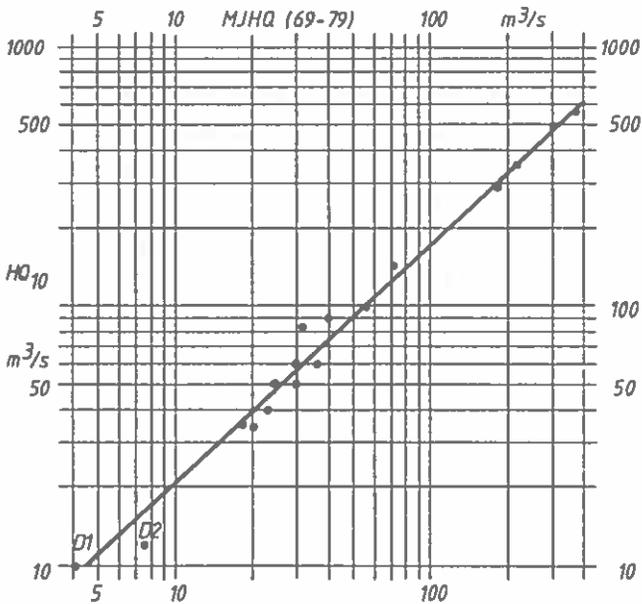


Abb. 2: Zusammenhänge $MJHQ (69-79)/HQ_{10}$ an der oberen Salzach (D1, D2: Meßstellen am Dürnbach, o Meßstellen Nr. 1-14 ohne 8)

In den noch zu erläuternden Abbildungen 3 und 4 wurde die sogenannte 90%-Richtkurve nach WUNDT eingezeichnet. WUNDT untersuchte in seinen Arbeiten für eine sehr große Anzahl von Meßstellen in Deutschland die Abhängigkeit der größten Abflußspenden von der Einzugsgebietsfläche (WUNDT 1949 und 1959). In Abhängigkeit vom klimatischen Einfluß konnte er Begrenzungskurven der Höchstabflußspenden bestimmen, die im doppellogarithmischen Maßstab Gerade ergaben. Ordnet man der jeweiligen äußersten Hüllkurve 100% zu, so bedeutet dies, daß "bei Benützung der Richtkurve für 90% man 90 gegen 10 wetten kann, daß die für die gegebene Fläche ermittelte Höchstspende im Laufe der Zeit durchschnittlich nicht überschritten wird" (WUNDT 1949). Die für ein Gebirgsland zweckmäßige 90%-Kurve für die Höchsabflußspende läßt sich durch $q_{\max} = 13,8 \cdot E^{-0,4}$ (E = Einzugsgebiet in km^2 , q_{\max} in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$) darstellen.

KREPS (1975) beschäftigte sich intensiv mit diesem Problem, stellte verschiedene empirische Hochwasserformeln einander gegenüber (KREPS 1963 und 1964) und postulierte im Jahre 1975, "daß man für Österreich überall dort, wo keine besondere Retention zu erwarten ist, die Wundt-Richtkurve 90% dem HHQ_{100} gleichsetzen kann. Allfällige Retentionswirkungen müssen nun eingeschätzt werden." Fälschlicherweise wurde dieser Satz sehr oft dahingehend interpretiert, daß diese Richtkurve nach WUNDT daher in einfacher Weise das HQ_{100} in Österreich in Abhängigkeit vom Einzugsgebiet generell darstellt. Diese Annahme ist jedoch nicht berechtigt, worauf auch SCHREIBER 1970 hinwies und wie dies auch in Abb. 3 gezeigt wird.

A2.3.3 Die charakteristischen Abflußspenden an der oberen Salzach

In der Abb. 3 wird die Abhängigkeit der Abflußspenden H_{q10} bzw. der bisher beobachteten Höchstabflußspenden HH_q von der Einzugsgebietsfläche an der oberen Salzach gezeigt. Die Werte von H_{q10} bei D1 und D2 bewegen sich in einem durchaus plausiblen Bereich bezogen auf die anderen betrachteten Schnittstellen im Einzugsgebiet. Die bisher beobachteten Höchstabflußspenden (ungleiche Beobachtungslängen) liegen bei den längeren Abflußreihen über dem jeweiligen H_{q10} , bei den kürzeren (D1, D2) darunter. Dies hängt selbstverständlich davon ab, ob in der jeweiligen Abflußreihe extreme Ereignisse stattgefunden haben.

In der Abb.4 wird die Abhängigkeit H_{q100} und des MJHQ (69-79) in $m^3/s.km^2$ von der Einzugsgebietsfläche in km^2 dargestellt. Die Ergebnisse für D1 und D2 fügen sich gut in den hydrologischen Längenschnitt ein. Die MJHQ (69-79) sollen nur zeigen, wie sich in dieser Periode das mittlere Hochwasserverhalten an der oberen Salzach einschätzen läßt.

Eine ausführliche Diskussion der speziellen Eigenheiten der einzelnen Schnittstellen und die dazugehörige Interpretation der charakteristischen Werte würde im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen.

Eine abschließende weitere, rein rechnermäßige Abschätzung für D1, D2, 1-14 (ohne 8) bezüglich der Verhältnisse von

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| a) $H_{q10}/MJHQ$ (69-79) | b) $H_{q100}/MJHQ$ (69-79) |
| c) H_{q100}/H_{q10} und | d) $HH_q/MJHQ$ (69-79) |

zeigt den Schwankungsbereich des jeweiligen Vielfachen auf. Es ergibt sich für

- | | |
|------------|------------|
| a) 1,5-2,6 | b) 2,1-4,2 |
| c) 1,4-1,7 | d) 1,5-2,4 |

wobei bei d) als Ausnahmefall ein singulärer Wert von 4,0 auftritt.

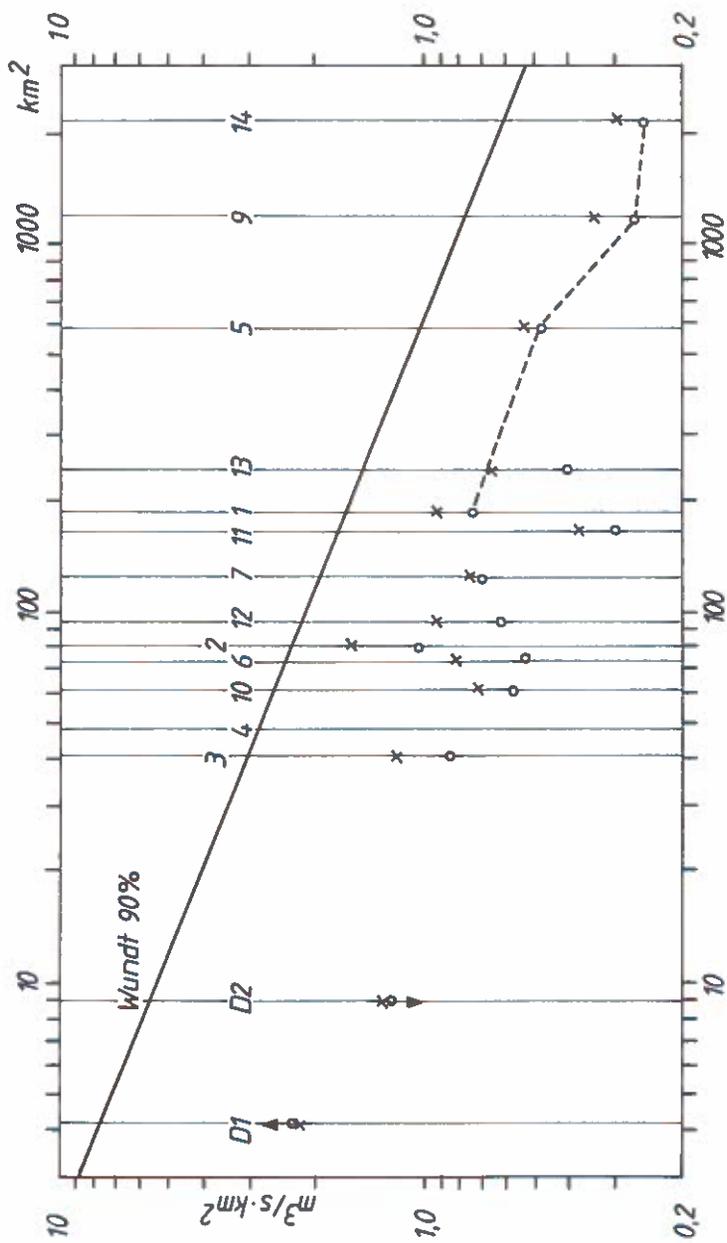


Abb. 3: Abhängigkeit Hg_{10} (o) und HHg (x) in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ von der Einzugsgebietsfläche in km^2 (D1, D2: Messstellen am Dürnbach; 1-14 ohne 8 entsprechend Text) an der oberen Salzach

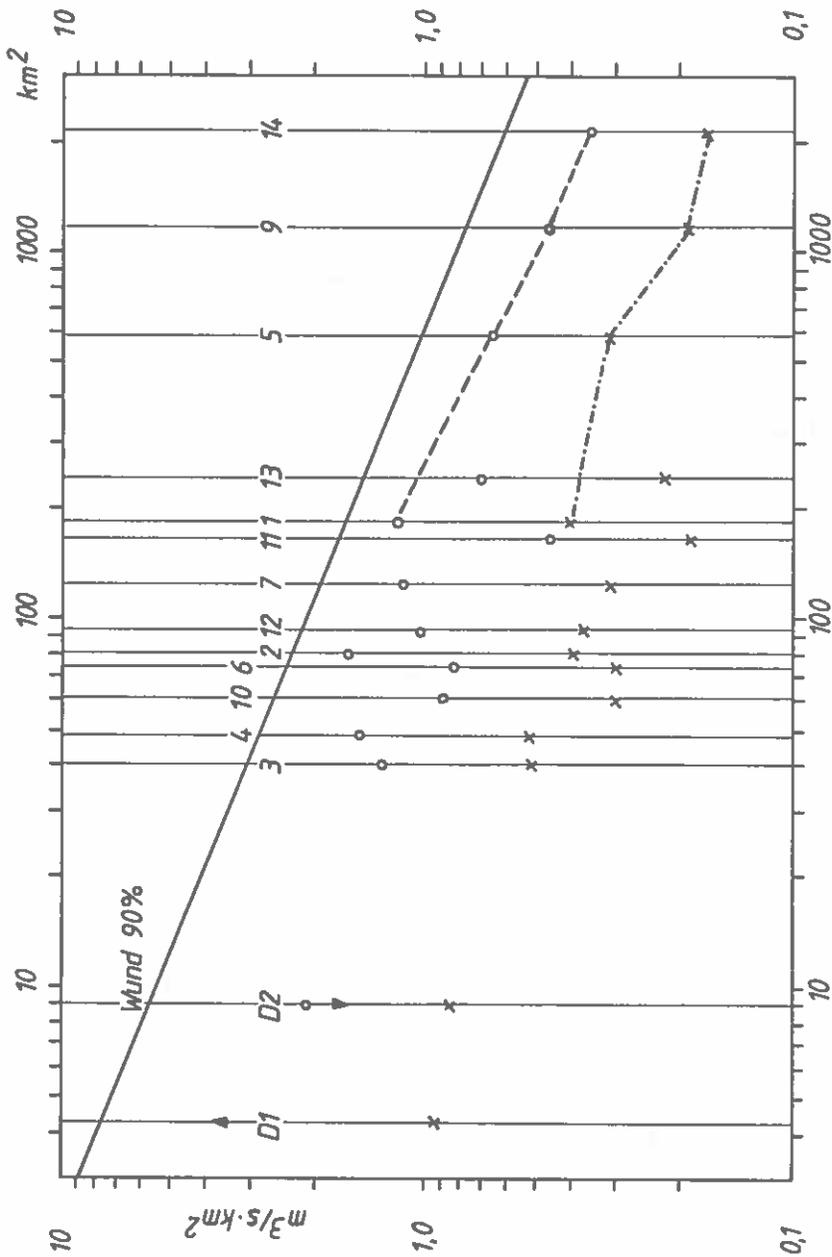


Abb. 4: Abhängigkeit Hq_{100} (o) und M_{JHq} (69-79) (x) in $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ von der Einzugsgebietsgröße in km^2 (D1, D2: Meßstellen am Dürnbach; 1-14 ohne 8 entsprechend Text) an der oberen Salzach

Die Ergebnisse für D1 und D2 fügen sich auch hier gut in die Verhältniswerte an der oberen Salzach ein, am straffsten ist, wie bereits erwähnt, der Zusammenhang HQ_{100}/HQ_{10} . Die Werte selbst können auch aus den Abbildungen entnommen bzw. umgerechnet werden.

A2.4

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die aus einer kurzen Meßperiode abgeleiteten charakteristischen Abflußwerte für zwei Pegel am Dürnbach, einem Zubringer zur Salzach im Oberpinzgau, werden den Werten der Zubringer an der oberen Salzach bzw. der Salzach selbst gegenübergestellt. Der Zusammenhang dieser charakteristischen Werte mit der Fläche des Einzugsgebietes wird dargestellt.

Es zeigt sich, daß auf Grund der brauchbaren Stichprobe trotz kurzer Beobachtungsperiode plausible Schätzwerte für die charakteristischen Abflüsse ermittelt werden konnten. Die errechneten charakteristischen Abflußwerte sind als größenordnungsmäßig richtig anzusehen.

S U M M A R Y

(THE FLOOD FLOW CONDITIONS OF THE UPPER SALZACH RIVER)

Characteristic discharge values at two gauges at the Dürnbach (tributary to the river Salzach, Austria) were calculated from short observation periods. These values are confronted with those of the other tributaries and the Salzach. The connection to the characteristic values with the river basin area is demonstrated.

For the reason of useful samples in spite of short observation periods plausible estimations could be done. The calculated characteristic discharge values seem to be correct in their magnitude.

R E S U M E

(LES CONDITIONS D'ÉCOULEMENT DE LA CRUE AU COURS SUPÉRIEUR DE LA RIVIÈRE SALZACH)

Les valeurs d'écoulement caractéristiques, calculées après une brève période de mesurages à deux échelles hydrométriques sur le ruisseau Dürnbach, un affluent de la rivière Salzach dans le district de Oberpinzgau en Autriche, sont comparées avec les valeurs des affluents au cours supérieur de la Salzach et avec la Salzach elle-même. On étudie le rapport entre ces valeurs caractéristiques et la surface du bassin versant.

On constate qu'en dépit de la brève période d'observation, les sondages ont été utiles pour déterminer des valeurs estimatives raisonnables pour les écoulements caractéristiques. Les valeurs d'écoulement caractéristiques ainsi calculées s'avèrent approximativement correctes.

- BEHR, O., 1974: Stabilitätsuntersuchungen von Abflußprofilen mittels hydraulischer Methoden und Trendanalyse. Wiener Mitteilungen (Wasser-Abwasser-Gewässer), Bd. 17, 164 S.
- BLASCHKE, H., 1973: Erarbeitung hydrologischer Grunddaten. Wiener Mitteilungen (Wasser-Abwasser-Gewässer), Bd. 14, (Hydrologie-Fortbildungskurs 1973), Referat F, 28 S.
- DVWK, 1979: Empfehlung zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit-KWK/DVW-Arbeitsausschuß "Bemessungshochwasser", H. 101.
- DYCK, S., 1976: Angewandte Hydrologie, Teil I. VEB-Verlag für Bauwesen, Berlin, 511 S.
- GERHARD, H., 1971: Die Abhängigkeit der Hochwasser-Abflußspende von der Fläche. Der Abflußspenden-Längsschnitt im wahrscheinlichen Hochwasserbereich. Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Nr. 31, 112 S.
- KREPS, H., 1963: Eine kritische Betrachtung von Hochwasserformeln. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 36, 3-16.
- 1964: Methodik der Berechnung hydrologischer Grunddaten, insbesondere der Hochwasserwahrscheinlichkeit, in der Steiermark, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 4, 1-9.
 - 1975: Praktische Arbeit in der Hydrographie. Hydrographisches Zentralbüro, Wien, 227 S.
- KRONFELLNER-KRAUS, G., 1982: Über den Geschiebe- und Feststofftransport in Wildbächen. Österreichische Wasserwirtschaft, Jhg. 34, 1/2, 12-21.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. & I. NEUWINGER & H. SCHAFFHAUSER & G. RUF, 1982: Exkursionsführer für den Dürnbach. Mitt. Forstl. Bundesvers.Anst., Wien, 144, 229-241.
- NOBILIS, F., 1981: Zur Berechnung der n-Jährlichkeit von Hochwässern und zur Interpretation von Konfidenzintervallen. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 49, 44-59.
- SCHREIBER, H., 1970: Über Methoden zur Berechnung der n-Jährlichkeit von Hochwässern. Österreichische Wasserwirtschaft, 22. Jhg., 5/6, 138-153.
- 1971: Analyse und Verarbeitung hydrographischer Daten für vorbeugende Hochwasserschutzmaßnahmen. Intern. Symp. "Interpraevent 1971", Villach, Bd. 1, 189-202.

- SCHREIBER, H., 1972: Wahrscheinlichkeit von Hochwasserereignissen. Wiener Mitteilungen (Wasser-Abwasser-Gewässer), Bd. 10, Ref.F., 20 S.
- SCHREIBER, H. & H. ZETTL, 1967: Hydrographische Charakteristik der Hochwasserkatastrophen im August und November 1966 in Österreich. Österreichische Wasserwirtschaft, 19. Jhg., 3/4, 46-55.
- WUNDT, W., 1949: Die größten Abflußspenden in Abhängigkeit von der Fläche. Die Wasserwirtschaft, 40. Jhg., 2, 59-64.
- 1959: Der Hochwasserabfluß in Deutschland. gwf., 100. Jhg., 32, 807-814.
- ZETTL, H., 1971: Die Bedeutung der hydrographischen Grundlagen und Probleme ihrer Erfassung. Int. Symp. "Interpraevent 1971", Villach, Bd. 1, 215-222.
- 1983: Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf die Ermittlung und Veröffentlichung von Abflußdaten beim Hydrographischen Dienst in Österreich, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 52, 21-36.
- ZETTL, H. & H. SCHREIBER, 1966: Hydrographische Charakteristik der Hochwassereignisse des Jahres 1965 in Österreich. Österreichische Wasserwirtschaft, 18. Jhg., 3/4, 51-62.

- 1982 143 Mildner, Herbert; Haszprunar, Johann; Schultze Ulrich: Weginventur im Rahmen der Österreichischen Forstinventur.
Preis ÖS 150.-- 114 S.
- 1982 144 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (4). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen.
Preis ÖS 300.-- 297 S.
- 1982 145 Margl, Hermann: Zur Alters- und Abgangsgliederung von (Haar-)Wildbeständen und deren naturgesetzlicher Zusammenhang mit dem Zuwachs und dem Jagdprinzip.
Preis ÖS 100.-- 65 S.
- 1982 146 Margl, Hermann: Die Abschüsse von Schalenwild, Hase und Fuchs in Beziehung zu Wildstand und Lebensraum in den politischen Bezirken Österreichs.
Preis ÖS 200.-- 42 S.
- 1983 147 Forstliche Wachstums- und Simulationsmodelle. Tagung der IUFRO Fachgruppe S4.01-00 Holzmessung, Zuwachs und Ertrag, vom 4.-8. Oktober 1982 in Wien.
Preis ÖS 300.-- 278 S.
- 1983 148 Holzschuh, Carolus: Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich. III.
Preis ÖS 100.-- 81 S.
- 1983 149 Schmutzenhofer, Heinrich: Eine Massenvermehrung des Rotköpfigen Tannentriebwicklers (Zeiraphera rufimitrana H.S.) im Alpenvorland (nahe Salzburg).
Preis ÖS 150.-- 39 S.
- 1983 150 Smidt, Stefan: Untersuchungen über das Auftreten von Sauren Niederschlägen in Österreich.
Preis ÖS 150.-- 88 S.
- 1983 151 Forst- und Jagdgeschichte Mitteleuropas. Referate der IUFRO-Fachgruppe S6.07-00 Forstgeschichte, Tagung in Wien vom 20.-24. September 1982.
Preis ÖS 150.-- 134 S.
- 1983 152 Sterba, Hubert: Die Funktionsschemata der Sorten tafeln für Fichte in Österreich.
Preis ÖS 100.-- 63 S.
- 1984 153 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (5). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 250.-- 224 S.
- 1985 154/I Österreichische Forstinventur 1971-1980. Zehnjahresergebnis.
Preis ÖS 220.-- S. 1-216

- 1985 154/II Österreichische Forstinventur 1971-1980. Inventur-
gespräch.
Preis ÖS 100.-- S. 219-319
- 1985 155 Braun, Rudolf: Über die Bringungslage und den Wer-
bungsaufwand im österreichischen Wald.
Preis ÖS 250.-- 243 S.
- 1985 156 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenfor-
schung (6). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche,
Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von
Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneee-
schäden und Lawinen.
Preis ÖS 250.-- 247 S.
- 1986 157 Zweites österreichisches Symposium Fernerkundung.
Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung
der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenener-
gie und Weltraumfragen (ASSA), 2.-4. Oktober 1985
in Wien.
Preis ÖS 250.-- 220 S.
- 1987 158/I Merwald, Ingo E.: Untersuchung und Beurteilung von
Bauweisen der Wildbachverbauung in ihrer Auswir-
kung auf die Fischpopulation.
Preis ÖS 250.-- S. 1-196
- 1987 158/II Merwald, Ingo E.: Untersuchung und Beurteilung von
Bauweisen der Wildbachverbauung in ihrer Auswir-
kung auf die Fischpopulation.
Preis ÖS 250.-- S. 196-364
- 1988 159 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenfor-
schung (7). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche,
Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von
Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneee-
schäden und Lawinen.
Preis ÖS 420.-- 410 S.
- 1988 160 Müller, Ferdinand: Entwicklung von Fichtensämlin-
gen (*Picea abies* (L.) Karst.) in Abhängigkeit von
Ernährung und seehöhenangepasster Wachstumsdauer
im Versuchsgarten Mariabrunn.
Preis ÖS 260.-- 256 S.
- 1988 161 Kronfellner-Kraus, G.; Neuwinger, I.; Ruf, G.;
Schaffhauser, H.: Über die Einschätzung von Wild-
bächen - Der Dürnbach.
Preis ÖS 300.-- 264 S.

ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE

Veröffentlichungen der Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

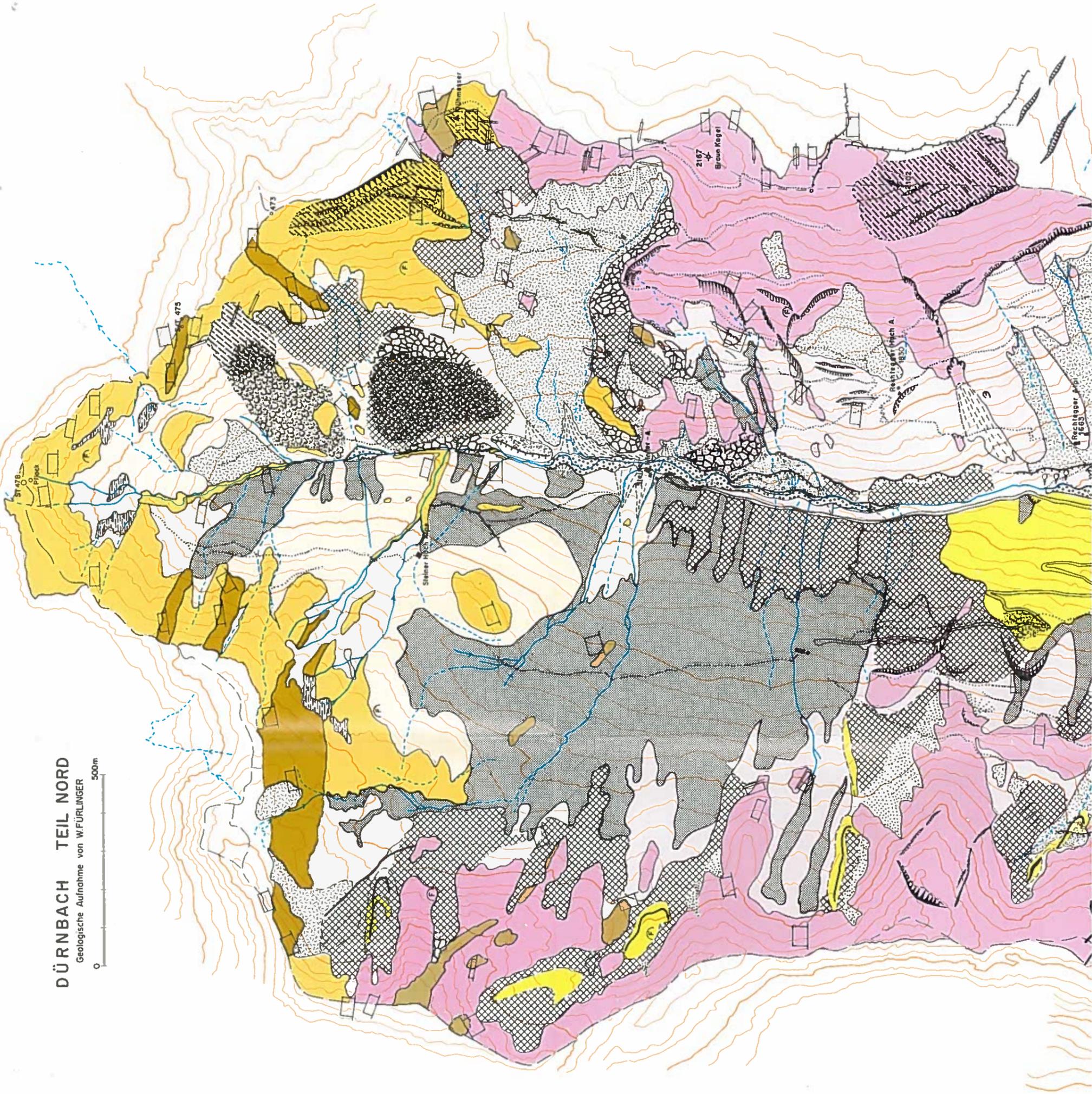
1973	21	Margl, Hermann: Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit. Preis ÖS 60.--	51 S.
1975	22	Schiechtel, Hugo Meinhard; Stern Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. I. Teil. Preis ÖS 100.--	84 S.
1978	23	Kronfuss, Herbert; Stern, Roland: Strahlung und Vegetation. Preis ÖS 200.--	78 S.
1979	24	Schiechtel, Hugo Meinhard; Stern, Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. II. Teil. Preis ÖS 100.--	79 S.
1980	25	Müller, H.N.: Jahrringwachstum und Klimafaktoren. Preis ÖS 100.--	81 S.
1981	26	Alpine Vegetationskartographie. Preis ÖS 300.--	283 S.
1983	27	Schiechtel, Hugo Meinhard; Stern, Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. III. Teil. Preis ÖS 200.--	110 S.
1984	28	Schiechtel, Hugo Meinhard; Stern, Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. IV. Teil. Preis ÖS 200.--	99 S.
1985	29	Balatova-Tulackova, E.; Hübl, E.: Feuchtbiotope aus den nordöstlichen Alpen und aus der böhmischen Masse. Preis ÖS 280.--	131 S.

Bezugsquelle

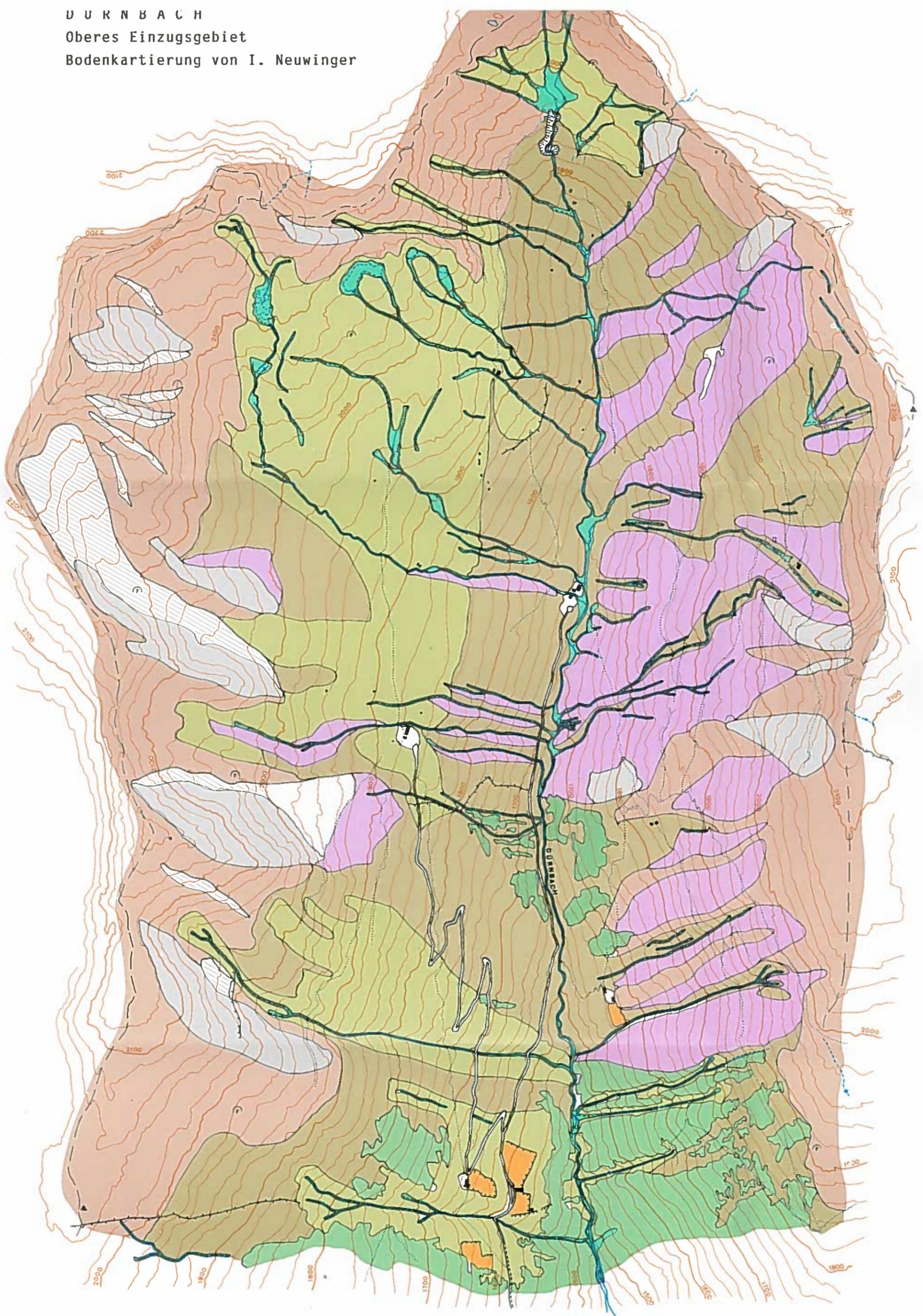
Österreichischer Agrarverlag
A-1141 Wien

DÜRNBACH TEIL NORD

Geologische Aufnahme von W.FÜRLINGER



D U R N B A C H
 Oberes Einzugsgebiet
 Bodenkartierung von I. Neuwinger

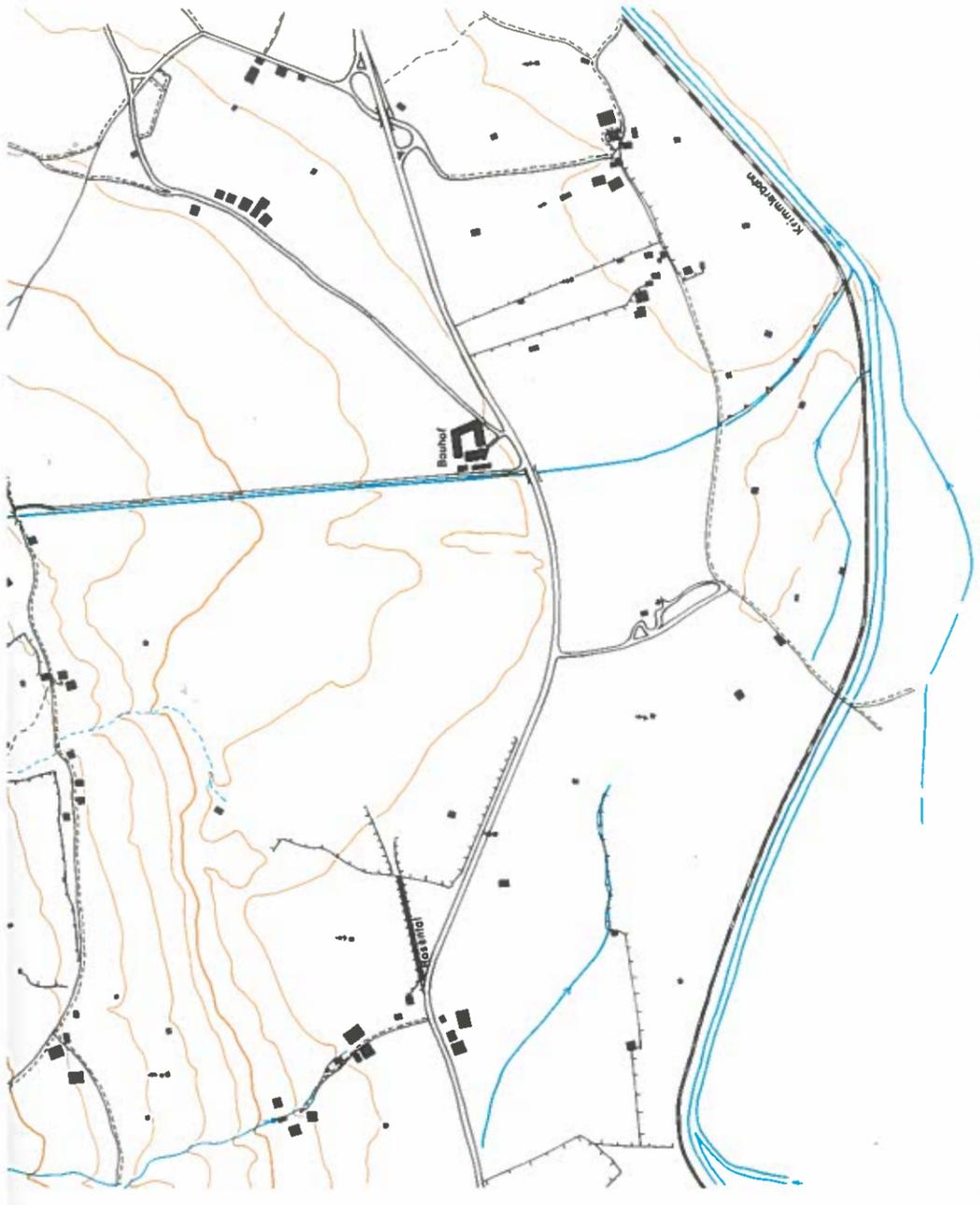


- | | |
|---|--|
| Böden der Podsolserie | |
|  | mittel- u. tiefgründige Podsoltrunker, Eisenpodsole u. Übergänge zu Eisenhumuspodsolon unter Alpenrosen - Zirbenwald u. dichten moosreichen Alpenrosenheiden |
|  | flachgründige Eisenhumuspodsole unter flechtenreichen Beerenheiden |
|  | flachgründige Podsolkolluvien u. Podsolreste unter schüttereren Beeren- u. Besenheiden |
| Hydromorphe Bodenserie | |
|  | pseudovergleyte Podsolkolluvien u. Pseudogley-Braunerden unter Heidelbeer - Fichtenwald |
|  | leicht pseudovergleyte Podsolkolluvien unter grasreichen Alpenrosenheiden |
|  | kleinflächiges Mosaik von Pseudogley-Podsolon u. Anmoorgleyen unter Weideflächen: grasreichen Beerenheiden, Burstlinggras u. Seggen-Wallgrasfluren |
|  | Hanggleye, Anmoorgleye u. Niedermoore im Quellgebiet u. an Rändern von Wasserläufen |
|  | Keine Bodenbildung
anstehender Fels u. vegetationslose Blockhalden |
|  | Schichtlinien |
|  | Wasserläufe |



76 - 90°

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|------------------------|---|---------------------------------|---|------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------|---|-------------|---|------------------|---|------------------------------|---|-----------------------------|---|--------------------------------------|---|----------------|--|-------------|---|-------------------------------|
|  | Schuttkegel, Sturzkegel |  | Schwemmkegel, Terrasse |  | Abrifflinien von Hangbewegungen |  | undeutliche Begrenzung |  | Austrich von Bewegungskontinuitäten |  | mit dem Hang einfallende Laste |  | gegenfallende Leiste |  | in der Falllinie verlaufend |  | Wall, Wulst |  | Zunge |  | Rutschungskleimung (J-STINI) |  | alter, verwachsener Anbruch |  | junger Anbruch, im wesentl. entleert |  | Isoklinalbruch |  | Fellenbruch |  | Hangtektonische Überschiebung |
|  | Beginn der eigentlichen Widboch -
erosion im Bachbett (NE Steiner Alm) |  | Eratische Gerölle |  | Quellen |  | Straße |  | Fahweg |  | Zugweg |  | Steig |  | Zaun |  | Fluß |  | Wasserlauf, Bach |  | Tiefenlinie |  | Steg, Brücke |  | Objekt |  | Trig. Punkt |  | Rutschung |  | Fels |



76 - 90°
 Beginn der eigentlichen Widboch -
 erosion im Bachbett (NE Steiner Alm)
 Eratische Gerölle
 Quellen
 Straße
 Fahweg
 Zugweg
 Steig
 Zaun
 Fluß
 Wasserlauf, Bach
 Tiefenlinie
 Steg, Brücke
 Objekt
 Trig. Punkt
 Rutschung
 Fels
 Schuttkegel, Sturzkegel
 Schwemmkegel, Terrasse
 Abrifflinien von Hangbewegungen
 undeutliche Begrenzung
 Austrich von Bewegungskontinuitäten
 mit dem Hang einfallende Laste
 gegenfallende Leiste
 in der Falllinie verlaufend
 Wall, Wulst
 Zunge
 Rutschungskleimung (J-STINI)
 alter, verwachsener Anbruch
 junger Anbruch, im wesentl. entleert
 Isoklinalbruch
 Fellenbruch
 Hangtektonische Überschiebung