

Hydrologische Untersuchungen im oberen Ennsgebiet¹⁾

Von Hubert NAGL, Wien

Mit 10 Abbildungen und 3 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 2. März 1973

In Anschluß an die bereits bearbeiteten Talgebiete wurden flußauf das Obertal (Schladming), das Preunegg-, das Forstau-, das Taurach- und das Zauchbachtal sowie die Flachau mit Pleißlingbachtal untersucht.²⁾ Neben den täglichen Niederschlags- und Pegelwerten der vorhandenen Stationen wurden eigene Niederschlagsmessungen — vor allem im Vergleich zwischen Gipfelräumen und Talstationen — sowie Abflußmessungen³⁾ durchgeführt. Daher mußten einige Werte notwendigerweise interpoliert werden; die Genauigkeit erreicht jedoch $\pm 10\%$, wie die wiederholte Prüfung von errechneten Werten mit tatsächlichen Messungen ergab. Ein besonderes Problem ist die Änderung (Zunahme) der Niederschlagsmenge und -häufigkeit mit der Höhe: Die Höhenwerte beruhen auf fast monatlichen Messungen von Tagesniederschlägen, deren Vergleich mit Stationswerten, und den in der Literatur angegebenen Formeln zur Berechnung der Niederschlagszunahme. Im Zweifelsfalle wurden die unteren Grenzwerte angenommen, um jeweils das Mindestmaß an gefallenem Niederschlagswasser (+ Schnee) zu erfassen. Die tatsächlichen Werte sind jedoch zumindest regional weit höher, wie aus der Wasserbilanz mancher Talgebiete zu erkennen ist. Da die Bedeutung des ober- oder unterirdisch zum Abfluß kommenden Wassers jedoch größer als die Niederschlagsmenge ist, und die Möglichkeit von unterirdischem Zufluß (Radstädter Tauern) besteht, wurde bei eigenen Messungen mehr Augenmerk (Zeit und Arbeit) auf die Abflußverhältnisse gelegt.

Einleitend muß auf den wesentlichen Unterschied zwischen den Radstädter Tauern und den Schladminger Tauern hingewiesen werden: Erstere erhalten allgemein höhere Niederschlagsmengen (ca. 20 %) und bestehen zu einem Großteil aus wasserdurchlässigen Karbonatgesteinen; letztere sind trockener und aus Graniten und kristallinen Schiefem aufgebaut (Verwitterungsdecke!) (Abb. 1).

1. Das Obertal

Das sich 2 km südlich Schladming mit dem Untertal vereinigende Obertal zieht mit 14 km Länge gegen Süden bis an den Alpenhauptkamm; sein Einzugsgebiet weist eine Fläche von 58,3 km² auf. Seine Morphologie ist die eines typischen Tauerntales mit sehr steilen Hängen (zwischen 1200 und 1800 m Höhe fast durchwegs 45°, teilweise mehr), abschnittsweise ist auch der Trogtalcharakter

1) Als Fortsetzung zu NAGL H. 1973: Hydrologische Untersuchungen im Ennsgebiet. — Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 103:59 — 73.

2) Die Untersuchungen wurden durch ein Wissenschaftsstipendium des Kulturamtes der Stadt Wien (MA 7) unterstützt, wofür bestens gedankt wird.

3) Mit Ott- Universalflügel 10.002 und Zählgerät 12.052

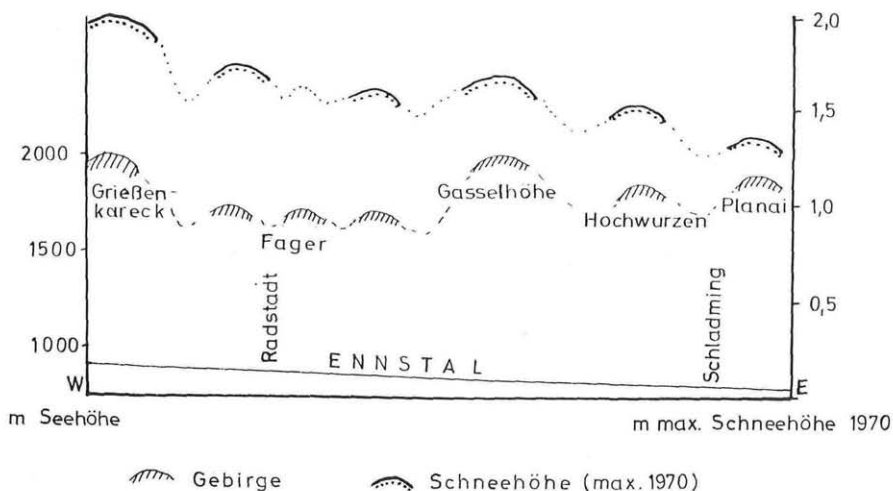


Abb. 1: Zunahme der Schneemenge gegen Westen.

ausgeprägt. Infolge der Dominanz von Gneisen und lageweise Graniten haben sich alle glazialen Formen gut erhalten.

Der untere Abschnitt (ca. 7 km) ist durch geringes Gefälle des Talbodens (960 m — 1060 m) gekennzeichnet, trotzdem ist eine eigentliche Talsohle nur im südlichsten Abschnitt zwischen Fenzenlehen (1037 m) und Hopfriesen (1060 m) ausgebildet; sonst bauen Schutt- und Schwemmkegel der Seitenbäche den Talgrund auf. Bei Hopfriesen gabelt sich das Tal: Das Haupttal zieht über den Eschachboden (1200 m) gegen SE und gabelt sich schließlich in etliche Kartreppen auf, in denen zahlreiche kleinere Seen liegen. Gegen SW zieht über eine steile Stufe das Tal des Giglachbaches, zeigt einen ersten Abschnitt im Durchgangskar des Landauersees und erreicht nach mehreren kleineren Stufen das Hochtalkar der Giglachseen (1921/1926 m). Die südliche Umrahmung des Obertals erreicht Höhen um 2400 m bis 2600 m (Elendberg 2672 m, Zwerfenberg 2642 m, Zinkwand 2442 m, Sauberg 2520 m), die Seitenkämme verlaufen um 2200 m — 2300 m. Dementsprechend ist auch die Niederschlagsverteilung, wie später noch gezeigt wird.

Neben dem oberirdischen Wasser interessieren im Obertal zwei Grundwasserkörper (bei Hopfriesen und Eschachboden), die Seen als natürliche Speicher, und schließlich die Hangwasserverhältnisse, die vor allem in moränenbedeckten Zonen von gewisser Bedeutung sind (Quellverbreitung). Nach einer Darstellung der Niederschlags- und Schneeverhältnisse werden die obgenannten Probleme erörtert.

Wie auch weiter im Westen (Taurachgebiet) ist hier anfänglich eine talaufgerichtete Abnahme der Niederschlagsmenge festzustellen. Sie beruht — wie dies in großem Ausmaß für das Ötztal bekannt ist — auf der günstigen Luftverfrachtung durch das Ennstal selbst, welche zu rascher Kondensation an der Gebirgsrandzone führt. Die quer zur Windrichtung verlaufenden Tauerntäler erhalten in ihrem mittleren Abschnitt nur die Ausläufer dieser wetterwirksamen dynamischen Randzone. Erst wieder in den größten Höhen kommt es zu einer neuerlichen und zwar sehr starken Kondensation, die nicht nur an der von den Seitenkämmen unabhängigen Luftströmung in über 2000 m Höhe liegt, sondern

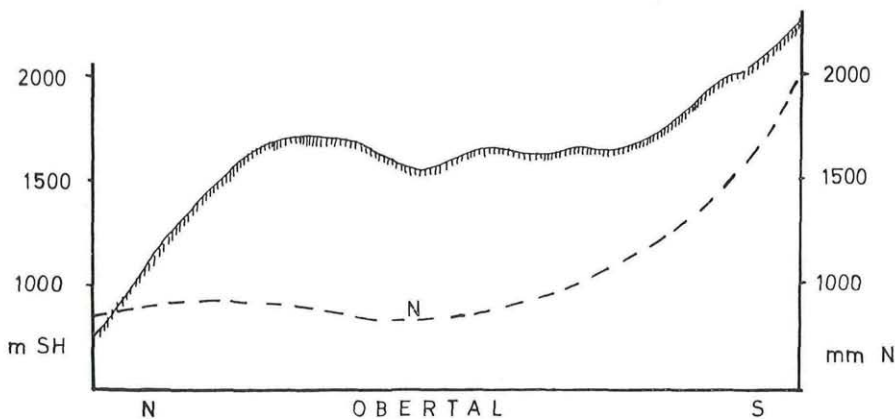


Abb. 2: Niederschlagszunahme mit der Höhe.

auch in echten Steigungsregen begründet erscheint. Eine doppelte Bewölkungszone (Rand gegen das Ennstal und wolkenverhangene Hauptgipfel mit aufgeheiterten mittleren Talabschnitten) ist eine fast tägliche Beobachtung bei labiler Wetterlage. Die Zahl der Niederschlagstage an sich weicht zwischen Tal- und Gipfelzone nur gering voneinander ab, wesentlich jedoch die Intensität. Die allgemein übliche Darstellung der regelmäßigen Niederschlagszunahme mit der Höhe ist für diesen Raum nicht zutreffend (Abb. 2).

Um für wenigstens zwei Jahre die tatsächlichen Niederschlagsmengen erfassen zu können, wurden wieder zu verschiedenen Jahreszeiten und Witterungen Vergleichsmessungen durchgeführt; mit ihrer Hilfe wurde ein Faktor für die drei wesentlichen Höhenstufen errechnet, mit welchem die Werte einer Niederschlagsstation multipliziert wurden, um den wahrscheinlichen Höhenwert zu erhalten. Probemessungen außerhalb des Rechenzeitraumes ergaben nur sehr geringe Abweichungen (durchschnittlich $\pm 5\%$); allerdings konnten diese äußerst zeitraubenden Untersuchungen nicht in jedem Tal durchgeführt werden (siehe Einleitung), sodaß die in der Literatur aufgezeigten Formeln angewendet werden mußten.

So ergab sich zum Beispiel folgende Abwandlung für die Höhenstufen 900/1500 m — 1500/2000 m — über 2000 m: 59 mm — 52 mm — 104 mm (Jänner 1969) oder 207 mm — 244 mm — 488 mm für August 1970. Die Schwierigkeiten im Winter sind bei Niederschlagsmessungen hinlänglich bekannt: es spielen vor allem die Windverfrachtung und die Exposition eine große Rolle. Auf Grund von einigen Beobachtungen bei geringer Windstärke und anhaltendem Schneefall ergaben sich zwischen Tal und erreichbaren Höhegebieten fast die gleichen Werte. Wie aus der Tabelle 1 (Anhang) hervorgeht, sind die absoluten Regenmengen beachtlich. Interessant ist dabei der Prozentsatz der Herkunftsgebiete der Gesamtwassermenge: Von der unteren Höhenstufe (12,35 km²) stammen weniger als 15 %, von der mittleren (41 % der Fläche) 30 % und von der höchsten (nur 38 % der Fläche) über 54 % des Gesamtniederschlags. Zugleich erkennt man die Steilheit der mittleren Höhen, die erst in den hochgelegenen Karen und Hochtalböden endet.

Die Abflußverhältnisse zeigen ein ähnliches Bild wie die früher beschriebenen des Untertalbaches. Insgesamt gelangten 53,57 Mill. m³ Wasser 1969 und

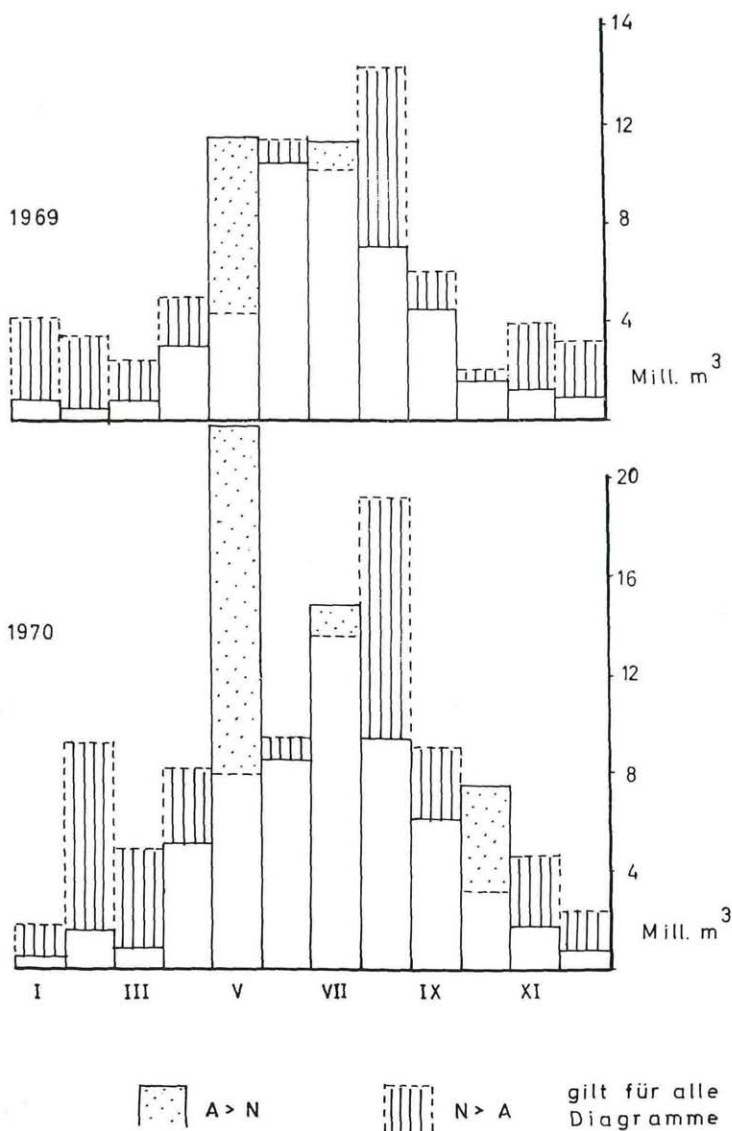


Abb. 3: Niederschläge und Abfluß im Obertal.

78,99 Mill. m³ 1970 zum Abfluß, was einem Abflußkoeffizienten von 76 % bzw. 82 % entspricht. Leider fehlen bisher in diesem Bereich jedwede Verdunstungsmessungen. Auf Grund der Tatsache, daß freie Wasserflächen die höchsten Werte aufweisen, daß der Wald durch die produktive Verdunstung hohe Werte erreicht, und 24 % Wiesen und Almen sowie 28 % Wald, also 52 % mit hoher Evapotranspiration im gesamten anzunehmen sind, die nach Höhenlage unterschieden werden müssen, können gewisse Anhaltspunkte gewonnen werden. Die hochgelegenen und dem Wind ausgesetzten Almregionen vermindern die Bedeutung

der Zone der maximalen Niederschläge stark. Es ist vorgesehen, bei weiteren Untersuchungen — sobald die notwendigen Mittel für Instrumente aufgetrieben werden können — diesen Fragenkomplex näher zu untersuchen (Abb. 3).

In Bezug auf die Speicherung des Winterniederschlags in Form von Schnee ergeben sich ganz ähnliche Verhältnisse wie im Untertal. Infolge der schlechten Zugänglichkeit im Winter konnten keine Schneepelmessungen mit genügender Signifikanz erreicht werden, sodaß nur auf Grund der allgemeinen Verhältnisse die Tatsache der Zunahme der Schneemächtigkeit (Neuschneehöhe, maximale Schneehöhe) gegen Westen erkannt werden konnte. Diese Änderung gegen Westen geht parallel zu einer allgemeinen Niederschlagszunahme (siehe Einleitung), die im Winter den Fremdenverkehrseinrichtungen zugute kommt (längere Schneedauer, größere Schneehöhen); besonders in Obertauern ist diese Erscheinung seit langem bekannt, sie trifft aber bereits auch für die Reiteralm bei Pichl zu. Das Diagramm Abb. 2 zeigt diese Verhältnisse auf.

Unter den für die Hangwasserzirkulation interessanten Räumen sei das Gebiet unterhalb des Duisitzsees angeführt. Hier kann am Hang zwischen der „Platte“ (1701 m) und dem Eschachboden eine Dreigliederung in hydrographischer Hinsicht erkannt werden; da diese Verhältnisse — nur gering abgewandelt — immer wieder zutage treten, können sie vertretend für alle gleichartigen Hangräume angesehen werden. Der höchste Abschnitt (Platte — Saghütten) zwischen 1700 m und 1460 m ist durch die felsige Karschwelle mit unten anschließendem Schuttmaterial gekennzeichnet (Raum I), der zweite im Gebiet der Saghütten (1380 m — 1460 m) durch Grundmoräne über Fels, und der dritte durch die Trogwand mit geringer Lockermaterialüberdeckung bis zum Talboden (1380 m — 1200 m). Hydrographisch verhalten sich die drei Abschnitte wie folgt:

I: Neben dem Duisitzseeabfluß (0,03 — 0,1 m³/sek.) sammelt sich alles ober- und unterirdisch zufließende Wasser in den Schutzzonen, die es verzögert weiterleiten.

II: Im Bereich der lehmigen Grundmoräne kommt es zu einem mehrschichtigen Grundwasserprofil; als Folge des Wechsels von durchlässigen und undurchlässigen Zonen treten Grundwasserleiter in verschiedener Tiefe auf, deren höchster durch etliche Quellen entwässert wird. Diese sind nun ebenfalls für die Zone

III charakteristisch, wo die morphologische Gestaltung ein Ausstreichen der wasserführenden Schichten verursacht. So sind immer wieder in geringem Abstand ganze Quellnester mit geringer Einzelschüttung vorhanden, die in ihrer Summe zu einer Vernässung des Bodens führen (Erlen). Die gesamte Wassermenge unterhalb des Duisitzseekares, die auf 500 m in Quellen zutage tritt, erreicht immerhin einen sommerlichen Durchschnittswert von 20 Sekundenliter, die eine starke Erhöhung bei Regenfällen zeigen.

Fast die gesamte Hangwasser- und Sickerwasserströmung endet im Grundwasserspeicher Eschenau, der mit 750 m² Fläche und 10 m Mindesttiefe (keine tieferen Aufschlüsse oder Bohrungen) auf Grund von nur oberflächlichen Korngrößenanalysen 2300 m³ birgt. Die Durchflußgeschwindigkeit des Grundwassers ist allerdings infolge des groben Korns relativ groß.

Ein noch größerer Grundwasserkörper, dessen Bearbeitung allerdings erst für den kommenden Sommer vorgesehen ist, liegt zwischen Hopfriesen und Fenzenlehen in 1030 m — 1060 m Höhe mit einer Oberfläche von 1,2 km².

Wie im Untertal ist auch hier die große Bedeutung der Seen als natürliche Wasserspeicher zu nennen. Vermessen und ausgelotet sind folgende Seen:

	Seehöhe	Fläche	Inhalt
Unt. Giglachsee	1938 m	17,2 ha	1,3 Mill. m ³
Ob. Giglachsee	1947 m	3,6 ha	0,2 Mill. m ³
Brettersee	2175 m	1,6 ha	0,1 Mill. m ³
Landauersee	1654 m	3,9 ha	0,3 Mill. m ³

So erreichen die ausgeloteten Seen bereits fast 2 Mill. m³ Wasserinhalt; dazu kommen an nennenswerten Seen noch der Diusitzsee, die Buckelkarseen, der Eiskarsee und der Elendbergsee, deren Auslotung zumindest teilweise für 1973 vorgesehen ist.

2. Das Preuneggtaal

Das Preuneggtaal ist zwar eines der kleinsten Tauerntäler (12 km Länge, 37,6 km² Einzugsgebiet), ist aber sowohl morphologisch als hydrologisch interessant: Sein Unterlauf führt durch undurchlässige kristalline Gesteine und zeigt damit den vorher beschriebenen Tälern ähnliche Probleme; sein Oberlauf liegt jedoch in triassischen Karbonatgesteinen (Kalken, Dolomiten u. ä.), sodaß Karsterscheinungen mit unterirdischen Wasserläufen und Riesenquellen auftreten, wie der Talschluß, das Gebiet der „Ursprungalm“, deutlich erkennen läßt. Ebenso sind im unteren Abschnitt am Rande des Talbodens einige Großquellen (Siebenquellen, Strickbrunn) ausgebildet, die regionale Bedeutung haben. Dieses westlichste steirische Tauernzuflußgebiet der Enns steht über den Preuneggsattel (1953 m) mit dem Giglachsee-Hochtal und damit auch mit dem Obertal in Verbindung; diese ist als beginnende Anzapfung, die durch die Verkarstung unterbrochen ist, zu deuten.

Auf Grund der geomorphologischen Konfigurationen des Tales fällt die Hauptmenge des Niederschlages hier in der Zone 1 (unterster Abschnitt bis 1500 m): Auf 67 % der Fläche entfallen 57 % des Niederschlagwassers, auf die Zone 3 (12 % der Gesamtfläche) ca. ein Viertel. Die südlichsten 3,5 km² besitzen keinen oberirdischen Abfluß (Gebiet der Kalkspitzen, Lungauer Ksp. 2471 m, Steirische Ksp. 2459 m). Die absoluten Werte des Niederschlags betragen 1969 38,6 Mill. m³ und 1970 54,0 Mill. m³ Wasserwert (siehe Tabelle 2). Die Gesamtabflußmengen beruhen auf Interpolation einiger Messungen, sodaß sie nicht die Genauigkeit von Pegelaufschreibungen zeigen; es sollen daher auch vor allem die Quellen- und Grundwassergebiete vorgestellt werden.

Der Jahresabfluß betrug 1969 29,75 Mill. m³, das sind 76,3 % des Niederschlags und 1970 44,5 Mill. m³ bzw. 82,4 % (Abb. 4). Die Schneeschmelze führt zu maximalen Abflüssen im Mai bzw. zu einem zweiten Maximum im Juli, wenn die höchsten Lagen ausapern. Infolge der regionalen Verkarstung kommt es zu Verzögerungen bzw. zu Rückhalten, die sich aber nur in den täglichen Kurven auswirken und bei den monatlichen Summen nicht mehr entgegenreten. Die Abflußwerte umfassen im wesentlichen auch die Grundwassermenge mit, da das unterirdische Wasser an der Mündungsstufe weitgehend zum Austritt gezwungen wird. Erst unterhalb der Mündungsstufe geht ein Teil wieder verloren, der sich mit dem Ennstalgrundwasserstrom vereinigt.

Die Seen des Preuneggtales haben keine Bedeutung für den Wasserhaushalt; sie sind als flache Karseen ausgebildet, unterliegen relativ starken Wasserspiegelschwankungen (bis 20 % ihrer Gesamttiefe, das sind 3—4 m) und sind stark vermoort. Zu nennen sind der Schobersee (1733 m) als größter sowie die Seen zwischen Schober und Gasselhöhe (Ober-, Mitter-, Untersee sowie ein kleiner namenloser See östlich der Gasselalm).

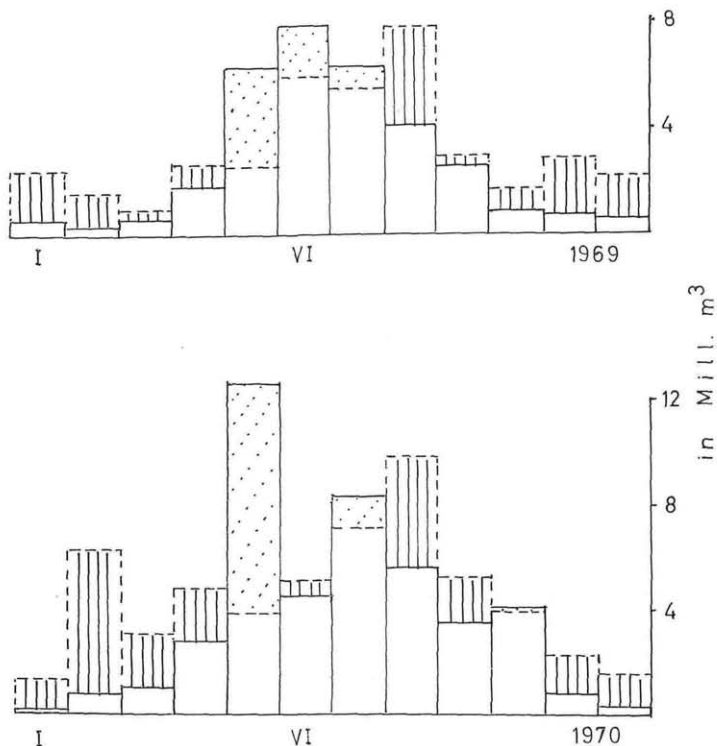


Abb. 4: Niederschläge und Abfluß im Preuneggtaal.

Unter den Quellen des Preuneggtales treten jene auf der Ursprungalm und die südlich des Gehöfts „Strick“ besonders entgegen; eine hohe Quelledichte (8 Quellen/km²)⁴ erreicht auch der östliche Talhang zwischen Maierhofalm und Ursprungalm. Im Unterlauf befindet sich ein Quellgebiet zwischen Schober und Gasselhöhe (Gebiet südlich der Reiteralm), wo 6 Quellen/km² auftreten. Die Quellen lassen sich in drei Gruppen zusammenfassen:

Typ Ursprungalm: Karstquellen

Typ Siebenquellen: Hangwasseraustritte

Typ Reiteralm: Moränen- und Schuttquellen.

Neben sieben Zuflüssen aus größerer Höhe entspringen auf der Ursprungalm an der Grenze von Dolomit zu schutt- oder sinterbedeckten Quarziten eine Reihe von Quellen aus dem Stock der Steirischen Kalkspitze (2459 m) in 1620 m bis 1630 m Seehöhe; im Gesamten erreicht ihre sommerliche Schüttung (Durchschnitt von 7 Messungen im Juli und August 1971) fast 0,2 m³/sek. (5 Hauptquellen); der gesammelte Abfluß aller größeren und kleineren Quellen verliert jedoch im Almbereich wieder 50 % seines Wassers, und erst an der Felsschwelle des Talschlusses, wo er mit den anderen genannten Zuflüssen zusammenströmt, wird ein Wert von fast 0,5 m³ erreicht. Naturgegebenermaßen schwankt die Schüttung entsprechend der Witterung stark; auffällig ist jedoch eine konstante Mindestschüttung von 350 l/sek. aus dem Ursprunggebiet, die auf einen Karstwasserkörper in den Kalkspitzen schließen läßt. Die Maxima nach Regenfällen oder bei Schneeschmelze werden rasch erreicht, und bei einer Messung nach

⁴ Es wurden Quellen mit mindestens 1 l/sek. Schüttung herangezogen.

einem Gewitter zeigten die Quellen zwischen 30 und 60 Minuten nach dem Starkregenbeginn bereits eine starke Zunahme der Schüttung (ca. 1 m^3). Die Wassertemperatur der Karstquellen beträgt konstant 2°C , was dem Jahresmittel der Lufttemperatur der anschließenden Gebirgräume entspricht. Nur bei stärkeren oder längeren Warmregen erhöht sich der Wert geringfügig; es müßte nachgeforscht werden, ob eine echte Mischung mit dem Niederschlagswasser unmittelbar erfolgt oder — was ich eher annehme — durch die Wassermengenerhöhung ein Herausdrücken weiterer Karstwasserzonen erfolgt. Jedenfalls stellen die teilweise für den Lokalverbrauch gefaßten Quellen eine mögliche Nutzungsregion dar.

Unter den Hangwasseraustritten sind die beiden großen Quellen südlich „Strick“ die wichtigsten: Die „Siebenquellen“ sind sich rasch zu einem Bach vereinigende Hang- und Grundwasseraustritte, die zwischen $0,2$ und $0,5 \text{ m}^3$ Wasser liefern, seine Temperatur betrug im Sommer $4,8^\circ$ (Preuneggbach auf gleicher Höhe 11°C). Auf der anderen Talseite (orographisch rechts) entspringt der „Strickbrunn“, der zwar bedeutend kleiner ist (um $0,1 \text{ m}^3/\text{sek.}$), jedoch sehr beständig fließt. Die Wassertemperatur betrug $5,5^\circ \text{C}$. Durch den Zufluß der beiden Quellen sank die Temperatur des Preuneggbaches um $1,2^\circ$ ab. Beide Quellen bieten sich für eine Fassung im Bedarfsfall an.

Der dritte Typ zeigt die weiteste Verbreitung und ist besonders typisch südöstlich der Reiteralm ausgebildet. In den meist von nur sehr geringen Verwitterungsdecken überzogenen Karhängen sammelt sich das Wasser in den moränen- und schutterfüllten Karböden an. Diese können als echte Grundwasserzonen aufgefaßt werden; die Karöffnung gegen das Tal ist meist von einer — oft infolge der Bedeckung nicht unmittelbar ersichtlichen — Schwelle abgegrenzt. Entlang dieser kommt es zu zahlreichen Grundwasseraustritten. Solche Quellen zeigen zwar meist geringe Schüttung (1 — 2 Sekundenliter), doch sammeln sich die Quellsbäche rasch zu größeren Gerinnen, die weitere Quellzuflüsse erhalten; letztere entspringen vornehmlich dort, wo die jüngste Taleintiefung mit steilen Kerben die quartären Sedimente der Hochlagen erreicht und anschneidet: Die dort austretenden Quellen zeigen bereits beachtliche Schüttungen, da sie ein größeres Hangwassersammelgebiet entwässern. Südlich der Stegeralm (Gebiet Reiteralm) sind drei solche Quellen zwischen 1440 m und 1480 m ausgebildet, die eine Schüttung von je 3 — 5 Sekundenliter aufweisen. Infolge der Feinkörnigkeit der wasserführenden Schichten (Moränen, Verwitterungsmaterial; beides sehr schluffreich) ist die Filtrierung außerordentlich groß. Ein ähnliches Quellgebiet befindet sich östlich „Strick“ am Hochwurzten-Westhang zwischen 1300 m und 1600 m . Oberhalb der Trogwand ist eine weite glazial geformte Mulde ausgebildet, die mit mächtigen Glazialsedimenten erfüllt ist. Hier treten kleinere Quellen aus, deren Abflüsse bald wieder versickern; ein Gutteil des Wassers scheint im Strickbrunn wieder zutage zu treten (Färbversuch notwendig, um dies zu beweisen).

Der einzige in Frage kommende Grundwasserkörper befindet sich in der Talfüllung zwischen Strick und Burglalm in 1100 m Höhe. Hier scheint eine glaziale Wanne mit Schotter erfüllt zu sein, die von einer Felsschwelle, die mit Wildbachmaterial überdeckt ist, abgeschlossen wird. Ohne Bohrungen ist jedoch kein genauer Hinweis möglich.

3. Das Forstatal

Das erste salzburgische Seitental weist bereits zahlreiche landschaftliche Elemente der Radstädter Tauern auf, obwohl es topographisch noch zu den Schlad-

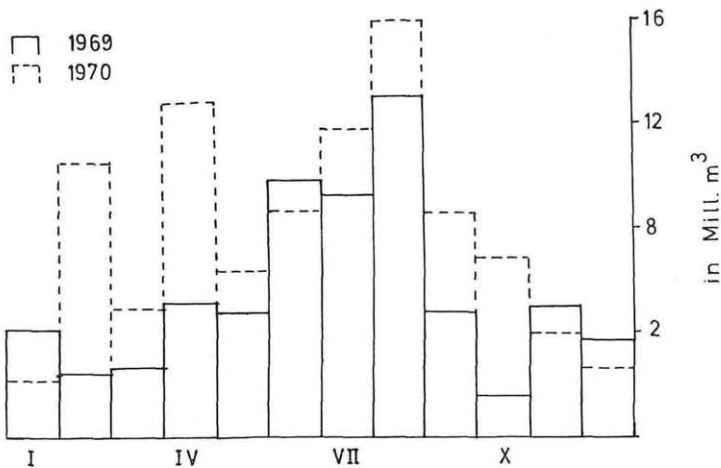


Abb. 5: Niederschläge im Forstatal 1969 und 1970.

minger Tauern zählt. Dies geht vor allem auf den Gesteinsaufbau zurück, der abgesehen von einer schmalen Zone südlich Forstau aus oberalpinen Dolomiten (Mandlingschuppe) im Unterlauf und unterostalpinen Kalken, Dolomiten und Kalkschiefern im Oberlauf besteht. Das schmale und steile Hänge aufweisende Tal besitzt nur bei Forstau (925 m) und bei der Vögeialm (1370 m) erwähnenswerte Grundwasserkörper. Außerdem sind weite Zonen des Einzugsbereiches verkarstet und daher unterirdisch entwässert. Mehrfach sind in Dolinen und Karstmulden (Uvalas) noch Seen erhalten, so dann, wenn sie eine glaziale Übertiefung erfahren haben. Bei einer Tallänge von 17 km ist eine Fläche von 65,4 km² dem Forstaubach tributär, davon ist ca. ¼ verkarstet. Unterhalb Forstau biegt der Bach scharf nach rechts in einen Längstalabschnitt ein. Im Norden sperrt die Mandlinger Dolomitschuppe, die jenseits des Ennsdurchbruches (Mandlingpaß 794 m) in die Ramsau hinüberzieht, die S—N-Richtung ab. Die Blaiken des Scheiblingpalfen (1304 m), die in typischen grusreichen Dolomittürmchen zum gefällsreichen untersten Abschnitt herabziehen, sind durch Wildbachverbauungen entschärft worden.

Infolge des ungleich höchsten Flächenanteils der tiefsten Höhenstufe (74 %) liefert diese trotz der Niederschlagszunahme in großen Höhen den Großteil der Wassermenge (68 %). Dies zeigt sich dann in einer positiven Auswirkung in Bezug auf die Quellschüttungen, welche für die Höhenlage (1600—1700 m) außerordentlich groß sind.

Die gesamten Niederschlagsmengen erreichten 1969 65,1 Mill. m³ und 1970 90,8 Mill. m³ Wasser; an der Spitze der Monate steht der August mit 14,3 % bzw. 17,6 % der Jahresmenge. Doch auch die Wintermonate liefern über 2 Mill. m³, was einem Mindestabfluß-Durchschnitt von 0,77 m³/sek. entspricht. Der tatsächliche Abfluß liegt bei 0,5 bis 2,2 Mill. m³ in den Wintermonaten, im August 1970 erreichte er 11,65 Mill. m³ (= 72,8 % des Niederschlags); dieser relativ hohe Wert geht auf Gewitterregen, die den Abflußfaktor erhöhen, zurück. Für eine Gesamtbilanz fehlen hier Unterlagen und eigene Messungen (Abb. 5).

Neben dem seichten Laitternsee (1733 m) ist der Oberhüttensee zu nennen,

welcher in einer Karstmulde in 1866 m hart an der Wasserscheide liegt. Seine Zuflüsse aus dem Gebiet der Kalkspitze und der Sonntagkarhöhe sind unterirdisch. Sein Abfluß versinkt in einer Doline nördlich des Sees nach kurzem Lauf und tritt nur selten im kerbartigen Trockenbett wieder zutage. Erst 100 m tiefer sind perennierende Quellen (Weißpriach), kaum 90 m vom See entfernt; ein möglicher Zusammenhang müßte durch Färbversuche erwiesen werden. Außerdem existieren eine Reihe verlandeter Seen, die als Grundwasserkörper kleineren Ausmaßes auftreten; der größte ist das Moor des Klammelkarls (1825 m) westlich der Sonntagkarhöhe. Die zugehörigen Quellen liegen nördlich der Seerkarte, welche zum Radstädter Tauern-Gebiet überleitet.

4. Das Taurachtal

Das bekannteste Tal im salzburgischen Ennsbereich ist das Taurachtal, welches seinen Ausgang am Tauernpaß (Radstädter Tauern 1739 m) nimmt und in 820 m Höhe bei Radstadt in das Ennstal mündet. Eine ganze Reihe morphologischer Probleme kennzeichnen diesen Raum; schon die Talanlage (bis zur Gnadenalm N—S Verlauf, Paßgebiet W—E Richtung) ist oft diskutiert worden, ohne eindeutige Beweise für ihre Entstehung zu liefern. Besonderes Interesse findet auch die Geologie und Tektonik der Radstädter Tauern, da hier das größtflächige Zutagetreten der unterostalpinen Deckensysteme vorhanden ist. Diese tektonische Kompliziertheit spiegelt sich in der Morphologie und in den Gesteinstypen wieder, beide aber beeinflussen stark die hydrologischen Verhältnisse. Da über das Gebiet der Radstädter Tauern eine größere Monographie von einem Arbeitsteam vorbereitet wird, welche vor allem auch die Probleme des Wasser- und Umweltschutzes behandelt, möchte ich mich hier auf einige wesentliche Züge beschränken.

Die Niederschlagsverteilung ist hier besonders interessant: So nimmt der Niederschlag talein in der eingangs erwähnten Weise fast immer ab, nur wenige Male im Jahr kommt es zu einer Erhöhung talein, die allerdings dann so stark ist, daß das gesamte Obertauern (1664 m) gegenüber Untertauern (1008 m) um etwa 0,7—4,4 % höhere Niederschläge aufweist. Oberhalb dieser Höhe (um 1700 m, Paßregion) nimmt die Intensität rasch zu, wobei bei Messung mit waagerechten Auffanggeräten ein Faktor von 1,7, bei hangparallelen Niederschlagsmeßgeräten ein solcher von 2 erreicht wurde, bezogen auf 2100 m Höhe. Dies führt zu einer relativ hohen Wasserführung der Taurach, die ungefähr einen Abflußfaktor von 95—100 % erreicht, nimmt man die Talstationen alleine zur Berechnung der Niederschlagsmengen (Radstadt, Unter- und Obertauern). Dies ist besonders im Winter von Bedeutung: Die Schneehöhe steigt sehr rasch an und erreicht, obwohl Obertauern bereits als „Schneeloch“ bekannt ist, in 2000 m Höhe den doppelten Wert derjenigen vom Paßgebiet (Niederschlagsverteilung Abb. 6). In Obertauern betrug die Summe der Neuschneehöhen 9,2 m (1969) und 13,8 m (1970), die maximale Schneehöhe erreichte 1969 am 19. 4. nur 165 cm, 1970 am 4. 4. 330 cm, am 2. und 3. 5. 300 cm. Neben diesem Frühjahrsmaximum tritt — allerdings nur in Abständen von einigen Jahren — ein zweites Maximum im Herbst auf, das auf Südwestlagen zurückgeht. Der Wasserwert des gesamten Neuschnees vom Februar 1970 (392 cm) entspricht 203 mm Wasser; zur gleichen Zeit erreichten im Gebiet des Wildsees (1925 m) westlich der Zehnerkarspitze die maximalen Schneehöhen 4—6 m (das ist 145—218 % von Obertauern), die Summe der Neuschneehöhen 588—856 cm!

Für die Abflußverhältnisse im Paßgebiet und das Wasserregime der Taurach sind nun die morphologischen Unterschiede im Talgebiet und die Verkarstung der Höhen von besonderer Bedeutung. Zahlreiche Ponore, Dolinen und Uvalas

nehmen einen Großteil des Schmelzwassers auf und führen ihn unterirdisch ab. Die wichtigsten Karsthohlformen sind die des Wildseekars, des Pleißlingkessels, der Felseralm und der Kehralm (Abb. 7). Die beiden ersten zeigen eine Aneinanderreihung von Großdolinen mit 50—100 m Tiefe, teilweise seenerfüllt (Wildsee); in norischen und ladinischen Dolomiten der Pleißlingdecke (Unterostolpin, nach A. TOLLMANN) angelegt, sind sie mit Miniaturkluft-, Rillen- und Klufftkaren überdeckt und besitzen ausnahmslos unterirdische Abflüsse. Daneben treten in

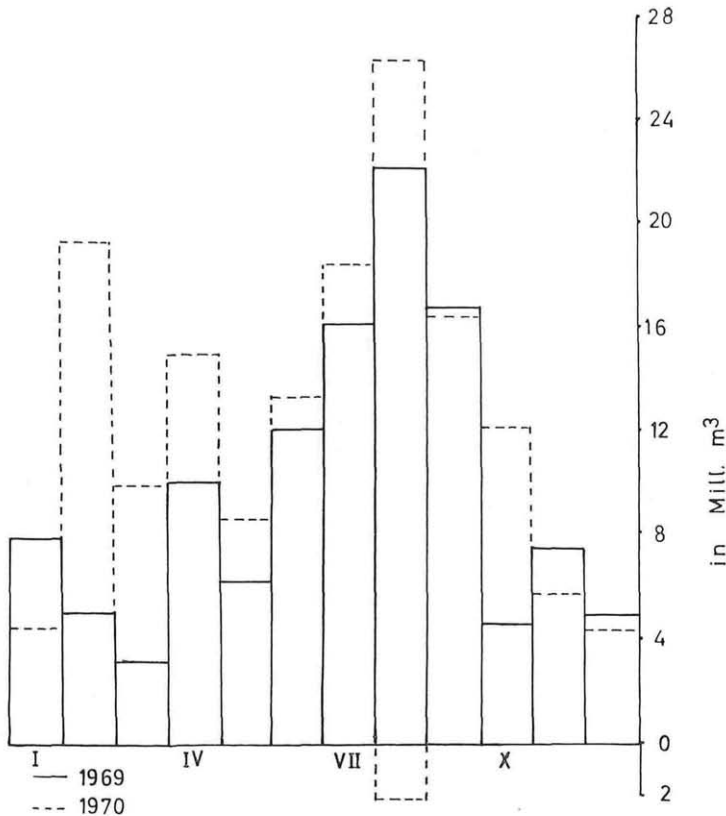


Abb. 6: Niederschläge im Taurachtal 1969 und 1970.

den Karen, die aus Karstmulden (Uvalas) entstanden und damit polygenetische Formen sind, reihenweise entlang von Störungen Einzelponore auf, die Niederschlags- und Schmelzwasser aufnehmen. Die Kehralm (1780 m) und die Felseralm (1660 m) sind ebenfalls typische Karstmulden der tieferen Zone (Latschen bzw. Lärchen-Zirbenwald) mit kleinen Karstseen, scharfumrandeten Dolinen und unterirdischer Entwässerung. Sie stellen ein Hauptproblem dar, denn durch die allgemeine Verschmutzung — verursacht durch die Touristik, besonders im Winter, wenn die oberirdischen Gerinne als Transportmittel wegfallen — gefährden sie die Wassergüte der Gerinne weiter talab. Bis heute werden auch die Abfälle der Hotels usw. zum Gutteil einfach in diese „natürlichen Abfallgruben“ geworfen. Infolge der großen Durchlässigkeit der Karstgefäße findet kaum eine natürliche Reinigung durch Filtrierung statt (siehe auch Abb. 7).

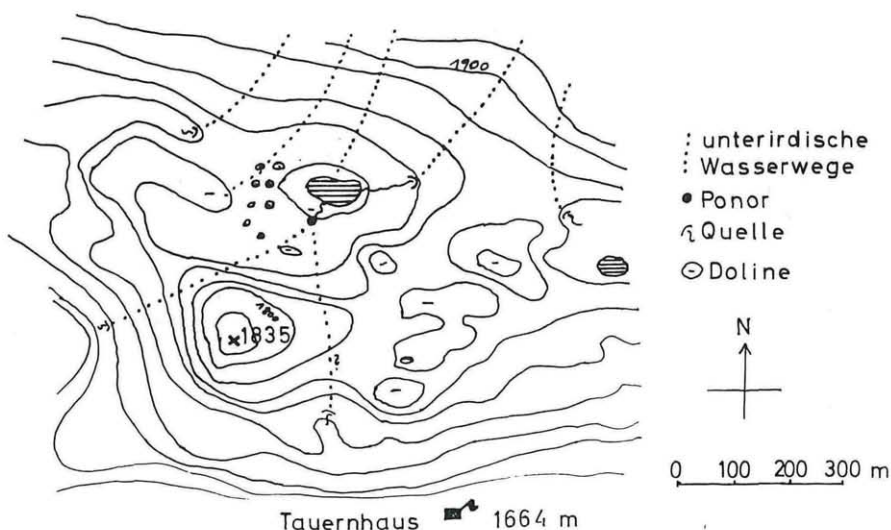


Abb. 7: Die Karstmulde der Kehralm.

Ein besonderes Augenmerk verdienen auch die Grundwasserkörper, die der Vollständigkeit halber angeführt seien. Der bemerkenswerteste ist wohl die Gnadenalm (1300 m), welche als verschüttete glaziale Wanne zu deuten ist. Bei einer Fläche von 0,83 km² und einer (bei Bauvorhaben geschätzten) Tiefe von über 20 m beträgt die Kubatur 16,6 Mill. m³. In den vorherrschenden Schottern der Füllung ergibt dies eine beträchtliche Grundwassermenge, die teilweise bei der Felschwelle des Gnadenbrückls, teilweise aber auch nach unterirdischem Lauf im Gebiet des Gnadenfalls in mehreren Quellen zutage tritt. Im weiteren Talverlauf sind das Grundwassergebiet von Brandenburg (949 m), und die beiden seitlich den Talboden begleitenden Grundwasserströme in den Schutt- und Moränenmassen der Talrandzonen zu nennen; letztere sind mehrfach unterbrochen und haben mehr lokale Bedeutung.

Erwähnt werden sollen auch hier die Hochseen, die jedoch bisher keine moderne Untersuchung erfahren haben. Die nördlich des Passes in den Schladminger Tauern gelegenen Seen (Hundsfeldsee, Grünwaldseen) und der Wildsee sind die größten. Nur letzterer hat infolge seiner Lage außerhalb des Touristenbereichs und infolge seiner Tiefe (nicht überprüfte Privatlotung 25 m) als Wasserspeicher Bedeutung.

5. Das Zauchbachtal

Mit nur 40,8 km² Einzugsgebiet gehört das Zauchbachtal zu den kleinsten Tauerntälern. Es endet im Bereich der Steinfeldspitze (2344 m), südlich davon trennt der anschließende Kamm Taurach- und Flachautal. Im Oberlauf bis zum Zauchsee (1345 m) ist es durch extreme Verkarstung gekennzeichnet, der Unterlauf ist ein von steilen bewaldeten Hängen geprägtes Kerbtal.

Entsprechend diesen Unterschieden gelten im Oberlaufgebiet ähnliche Fakten wie im Tauernpaßbereich. Sowohl das Haupttal als auch die westlich gelegenen Kare sind durch Dolinen und Karstmulden ausgezeichnet, sodaß kein oberirdischer Abfluß besteht, und am Rande der meist undurchlässigen Lehmfüllungen (terra fusca) austretende Quellwässer am jenseitigen Kalkrand wieder in Schluck-

löchern verschwinden. Rund $\frac{1}{4}$ des Talgebietes wird von diesen Verhältnissen ausschließlich geprägt (Abb. 8).

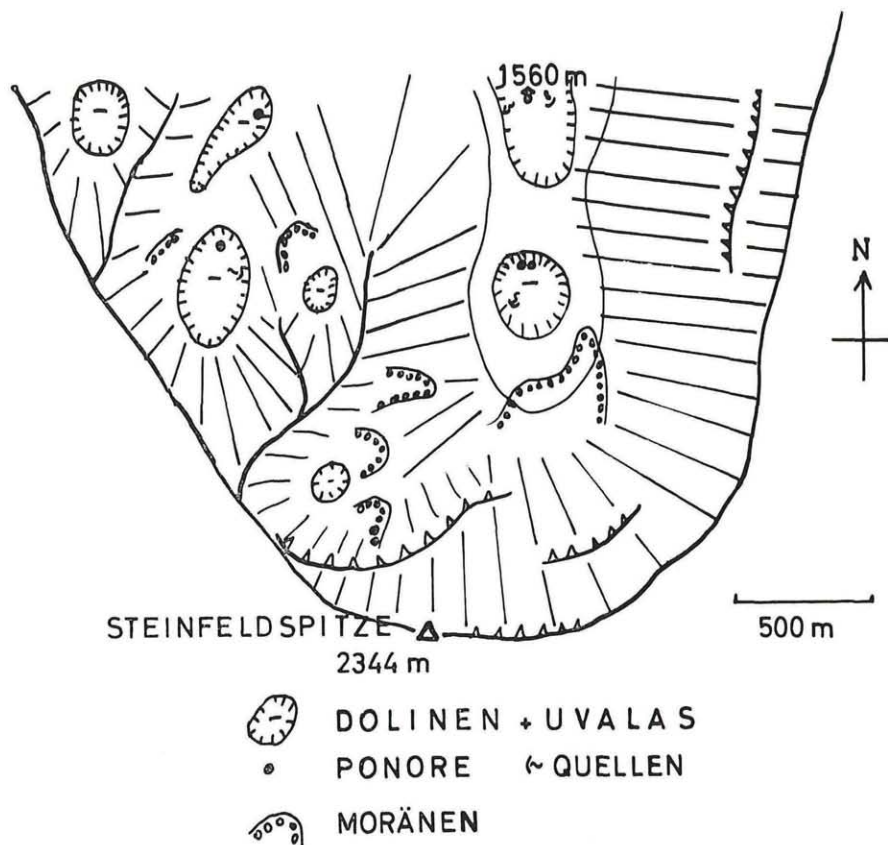


Abb. 8: Das Karstgebiet der Oberzauchalm.

Im Unterlauf sind wie im Obertal an der Grenze der Moränenlagen der Trogschulter gegen den Trog selbst Quellnester mit geringer Ergiebigkeit ausgebildet.

Trotz der geringen Ausdehnung betrug der Gesamtniederschlag 1969 46,8 Mill. m³ und 1970 sogar 54,2 Mill. m³ Wasser. Diese hohen Werte gehen auf die Offenheit des Talmündungsbereichs gegen NNW (Sattel von Eben) zurück, sodaß heranziehende Luftmassen ohne großen Feuchtigkeitsverlust das Zauchbachgebiet erreichen und infolge der raschen Verengung und Schließung des Tales zu ergiebigen Steigungsregen führen. Die Regenmengen gleicher Höhe betragen im Zauchbachgebiet 1,4–1,8 mal mehr als im Obertalgebiet! Das Maximum bringt auch hier der August, wobei 51,3 % zum Abfluß kommen, für den Abfluß sind der Mai und der Juli mit 136 bzw. 108 % Abflußfaktor interessant. Im Jahr kommen 70,7 % bis 70,9 % des Niederschlags zum Abfluß (Abb. 9).

Auch hier gilt die Gefahr der Verunreinigung während der Schisaison; Abb. 8 zeigt das Karstgebiet südlich des Zauchsees.

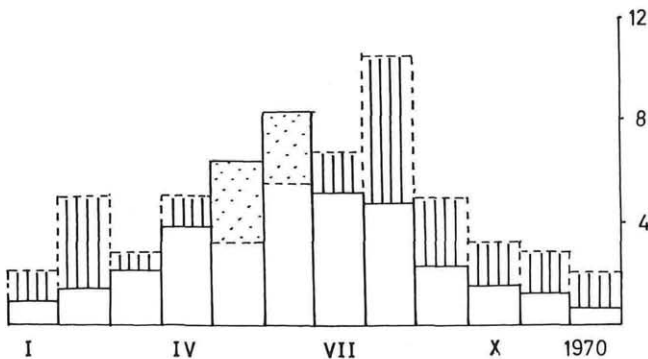
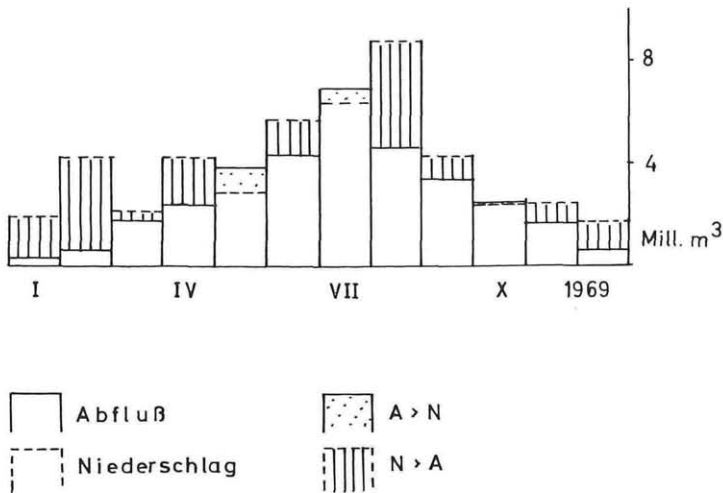


Abb. 9: Niederschläge und Abfluß im Zauchbachtal.

6. Das Flachautal

Das Ursprungsgebiet der Enns selbst ist die Flachau. Pleißling- und Marbach vereinigen sich zum Haupttal, in welches in 1014 m die Enns von Westen kommend einmündet. Bei einem Gesamteinzugsbereich bis zum Pegel Löbenau bei Flachau (927 m) von 89,6 km² entfallen auf die Quellbäche des Pleißlingbaches 55,5 %, auf die oberste Enns 12,1 % und 32,4 % auf den Ennsabschnitt zwischen dem Zusammenfluß und Flachau. Der unterste Talabschnitt gehört zum stark versumpften Bereich des Ennsknies, einem tektonisch vorgezeichneten und glazial überformten Beckenraum mit hohem Grundwasserstand, der durch unterirdisch zufließendes Hangwasser und meistens am Talrand versickernde Seitenbäche seine besondere hydrographische Note erfährt. Hier werden, durch den Bau der Autobahn bedingt, zahlreiche amtliche Untersuchungen durchgeführt, sodaß hier eine Bearbeitung vorläufig unterbleibt. Auch das Tal selbst weist, durch Gesteins- und Formenunterschiede verursacht, eine große Vielfalt hydrographischer Ab-

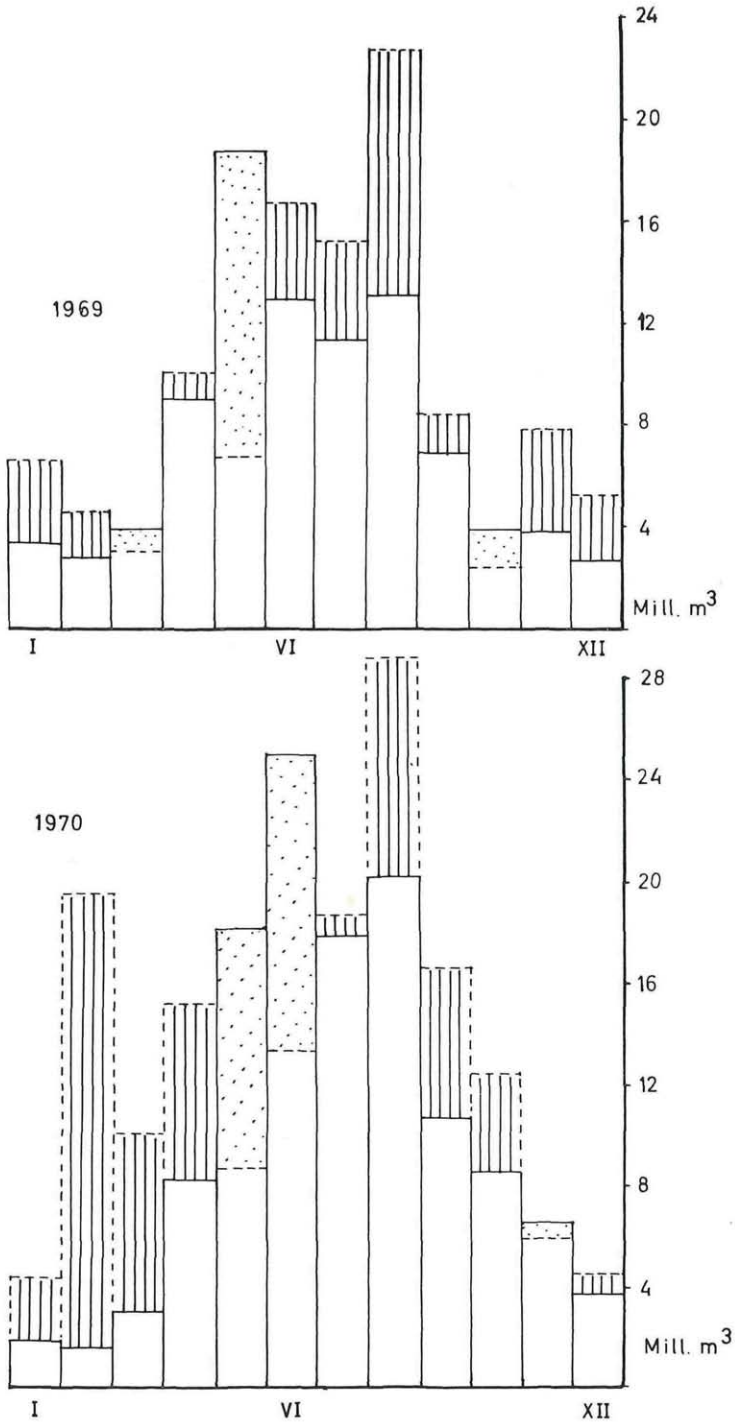


Abb. 10: Niederschläge und Abfluß im Flachautal.

Tab. 1: Niederschlag und Abfluß im Oberen Ennsgebiet 1969 (in Mill. m³).

Talgebiet	J	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Obertal	N	69,99	44,24	3,46	2,41	5,07	4,32	11,36	10,14	14,19	6,13	1,47	3,87
	A	53,57	0,83	0,62	0,89	3,11	11,38	10,43	11,18	7,06	4,46	1,60	1,17
	%	76,0	20,8	17,7	37,1	62,2	264,7	91,5	110,3	50,4	72,8	108,8	30,2
Preunegg	N	38,58	2,39	1,55	1,06	2,71	2,69	5,88	5,41	7,75	2,89	0,93	2,82
	A	29,75	0,46	0,33	0,50	1,73	6,33	5,79	6,21	3,91	2,48	0,89	0,65
	%	76,3	19,2	20,6	47,2	64,1	234,4	98,1	115,0	50,0	85,5	95,7	23,2
Forstau	N	65,09	4,12	2,50	2,56	5,16	4,70	9,83	9,27	12,99	4,76	1,64	4,96
	*)												
Taurach	N	110,50	7,88	5,08	3,16	10,0	6,24	11,96	16,05	22,05	8,28	2,41	7,49
	*)												
Zauchbach	N	46,82	1,84	4,25	2,13	4,27	2,86	5,65	6,30	8,65	4,21	2,47	2,40
	A	33,08	0,22	0,72	1,47	2,35	3,89	5,23	6,80	4,44	3,34	2,55	1,56
	%	70,7	11,9	16,9	69,0	55,0	136,0	92,6	107,9	51,3	79,3	103,2	65,0
Flachau	N	108,54	6,45	4,55	3,00	10,06	6,59	16,60	15,37	22,50	8,29	2,39	7,76
	A	91,87	3,39	2,69	3,86	9,18	18,58	12,73	11,34	13,10	6,77	3,98	3,74
	%	84,6	52,6	59,1	128,7	91,3	281,9	76,7	73,8	58,2	81,7	162,86	48,2

*) Für Forstau- und Taurachbach konnten zuwenig Abflußmessungen durchgeführt werden, um einen repräsentativen Ausgangswert zu erhalten; in den anderen Fällen konnten amtliche Pegelmessungen und eigene Flüßmessungen soweit ausgewertet werden, daß die erhaltenen Werte den tatsächlichen Gegebenheiten im allgemeinen entsprechen.

T a b. 2: Niederschlag und Abfluß im Oberen Ennsgebiet 1970 (in Mill. m³).

Talgebiet		J	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Obertal	N	96,31	1,84	9,27	4,86	8,15	7,87	9,50	13,35	19,03	8,99	3,14	4,61	2,26
	A	78,99	0,83	1,46	0,69	5,07	22,53	8,50	14,78	5,967	6,19	7,62	1,58	0,57
	%	82,0	17,9	15,8	14,2	62,2	286,3	89,5	110,7	50,9	68,9	242,7	34,3	25,2
Preunegg	N	54,00	1,32	6,21	3,03	4,72	3,80	4,97	7,02	9,67	5,22	4,03	2,33	1,55
	A	44,50	0,18	0,77	0,92	2,82	12,53	4,72	8,34	5,36	3,44	4,24	0,88	0,22
	%	82,4	13,6	12,4	30,4	59,8	329,7	95,0	118,0	55,4	65,9	10,5	37,8	20,7
Forstau	N	90,80	2,26	10,56	5,01	12,89	6,42	8,62	11,86	16,01	8,58	6,87	3,97	2,69
		^{e)}												
Taurach	N	159,09	4,62	17,54	9,47	14,21	9,91	13,88	19,02	30,23	16,42	12,26	7,51	4,06
		^{e)}												
Zauchbach	N	54,20	2,21	4,93	2,78	5,06	3,22	5,60	6,68	10,39	5,06	3,30	2,87	2,10
	A	38,41	0,83	1,41	2,15	3,82	6,41	8,29	5,22	4,78	2,31	1,35	1,20	0,64
	%	70,87	37,56	28,6	75,3	75,5	199,1	148,0	78,1	46,0	45,7	40,9	41,8	30,5
Flachau	N	156,99	4,24	19,42	10,07	15,11	8,56	13,30	18,58	28,55	16,50	12,35	5,79	4,51
	A	125,31	1,95	1,62	2,95	8,12	18,07	24,80	17,87	19,98	10,48	8,44	6,53	3,69
	%	79,8	46,0	8,34	29,3	53,7	211,1	186,5	96,2	70,0	63,5	68,3	112,8	81,8

e) siehe Tabelle 1

schnitte und Teilgebiete auf, die wie in den letztesbeschriebenen Tälern stark durch die Verkarstung geprägt sind. Vor allem das Gasthofplateau zwischen Marbach und Pleißlingbach in 2000 m—2600 m Höhe, welches im Süden vom Mosermandlzug (2680 m) begrenzt wird, stellt das extremste zentralalpine Karstplateau dar; es ist gut mit den Karstplateaus der nördlichen Kalkalpen zu vergleichen. Nach steilen Abbrüchen gegen Norden, die 800—1000 m Höhe erreichen, folgen glazial übertiefte Talwannen, die verschüttet sind. An ihrem Rand entspringen eine Reihe von Karstquellen (Metzgerbründl, Ursprung); auch der Ennsursprung liegt an der Grenze Karbonat- gegen Quarzitgestein.

In dem allgemein bereits sehr hoch gelegenen Tal kommen 84,6 % bzw. 79,8 % des Niederschlags zum Abfluß (1969 bzw. 1970). März, Mai und Oktober besitzen einen Abflußbeiwert von über 100 %, jener des Oktober geht auf eine Herbst-Schneeschnmelze in den Hochlagen (Gasthofplateau) zurück (Abb. 10).

Wie erwähnt, soll den eingehenden Untersuchungen im Rahmen des Autobahnbaues nicht vorgegriffen werden. Zahlreiche Grundwasserkörper (der höchste bei der ehem. Tauriskiahütte) sind von Interesse; die Karstwassereinbrüche beim Bau des Tauern隧nns sind bekannt. Sie zeigen deutlich, daß auch hier die einsickernden Oberflächenwässer in oft beachtlichen Strömen die Karsthohlräume durchziehen.

Im Anhang sind Tabellen über die gewonnenen Gesamt-Niederschlags- und Abflußmengen sowie die Ergiebigkeit angeführt. Bilanzdiagramme und Skizzen ergänzen den Text. Deutlich zeigen sie die Bedeutung der Februar-Niederschläge an, welche, da sie als Schnee fallen, für die sommerlichen Abflußverhältnisse von besonderer Bedeutung sind. Die höchsten Abflußwerte, welche den jeweiligen monatlichen Niederschlag oft weit übertreffen, fallen auf Mai und Juli, während der Juni zurückbleibt. Die monsunale Abkühlung im Juni führt zu einer Zerteilung der Schneeschnmelze, welche im Mai in den tieferen Lagen, im Juli aber erst in den höheren Lagen (endgültige sommerliche Erwärmung) ihr Maximum erreicht. Auch dieses Phänomen wird mit Hilfe der täglichen Temperaturkurven usw. weiter untersucht, und die Ergebnisse sollen später veröffentlicht werden. Jedenfalls erscheint es notwendig, den zentralalpinen Wasserverhältnissen in einer Zeit, in der der Wassermangel vielfach spürbar wird, und weite Zonen der nördlichen Kalkalpen mit ihren großen Karstquellen weitgehend ausgenützt sind, mehr Beachtung zu schenken. Ihr Wasserreichtum ist oftmals noch unangetastet und wird bei ordnungsgemäßem Schutz in Zukunft ein großes Plus im Brauchwasserhaushalt Österreichs darstellen.

T a b. 3:

Flußgebiet	Fläche d. EG	durchschn. N in mm		durchschn. A in l/sek.	
		(Jahresmittel)		(Jahresmittel)	
		1969	1970	1969	1970
Obertal	58,3	1200	1658	29,2	43,1
Preunegg	37,6	1026	1436	25,1	37,5
Forstau	67,8	960	1339		
Taurach	90,2	1225	1764		
Zauchbach	40,8	1148	1328	25,7	29,9
Flachau	89,6	1211	1752	32,5	44,3

Anschrift des Verfassers: Univ.-Ass. Dr. Hubert NAGL, Geographisches Institut der Universität Wien, Universitätsstr. 7/V, A-1010 Wien.