

## Spät- und postglaziale Gletscherstände im Gebiet des Radstädter Tauernpasses und ihre Bedeutung für die Hydrogeologie dieses Raumes

Von HUBERT NAGL\*

Mit 2 Abbildungen

### Inhalt

Landschaftsübersicht  
Klimatische Übersicht  
Die geologisch-morphologischen Verhältnisse der Paßregion  
Die hydrologischen Probleme am Radstädter Tauern

Im Rahmen einer mehrjährigen hydrologischen Untersuchung\*\* im Gebiet des oberen Ennstales und seiner Nebentäler sowie des Ybbs- und Tullngebietes wurde den hydrologischen Verhältnissen im Quartär besonderes Augenmerk geschenkt. Als besonders typische Quartärlandschaft, die durch stark differenzierte hydrologische Abschnitte auffällt, wurde das Gebiet des Radstädter Tauernpasses herausgenommen und eingehender in bezug auf seine Grund-, Hang- und Karstwasserverhältnisse untersucht, ohne allerdings bisher ein vollständiges Bild zu erbringen. Dennoch scheinen wesentliche Ergebnisse, die auch in anderen, verwandten Räumen Gültigkeit haben, eine Veröffentlichung wert zu sein, um so mehr, als durch die starke Belastung der Gewässer durch den (Winter-)Fremdenverkehr eine Gefährdung des Taurachgebietes unmittelbar bevorsteht. Aus diesen Gründen wurden nicht nur die bisher feststehenden Tatsachen angeführt, sondern auch die Möglichkeiten von häufig negativ beeinflussten Wasserkörpern bzw. deren Bewegung angeführt, deren wirkliche Lage oder unterirdische Laufrichtung erst durch Färbversuche oder ähnliches eindeutig bewiesen werden könnte.

### Landschaftsübersicht

Zu den am stärksten glazial überformten Gebirgen der Ostalpen zählen die Niederen Tauern. Der sich über 130 km in W-E-Richtung erstreckende Alpenhauptkamm zeigt bis zum Sölker Paß (1790 m) durchwegs die For-

\* Anschrift des Verfassers: Dr. Hubert NAGL, Assistent am Geographischen Institut der Universität Wien, Universitätsstraße 7/V, A-1010 Wien.

\*\* Für die finanzielle Unterstützung durch ein Wissenschaftsstipendium bin ich dem Kulturrat der Stadt Wien (MA 7) zu großem Dank verpflichtet.

men des typischen Grat- und Karhochgebirges; im Landschaftsbild dominieren die zugespitzten Gipfel, die einander verschneidenden Kare und Trogtäler, die von scharfen Graten überragt werden. Gegen Osten nimmt dieser Charakter ab, um schließlich das Bild eines mäßig überformten Hochgebirges mit isolierten Karen und nur regionalen Trögen zu zeigen. Eine weitere Unterscheidung kann auf Grund der lithologischen Verhältnisse durchgeführt werden. In den westlichsten Radstädter Tauern dominieren Kalke, Dolomite und Dolomitbreccien, unterbrochen von Schiefen und Phylliten. In den östlich anschließenden Schladminger Tauern, die im Hochgolling (2863 m) die höchste Spitze der gesamten Niederen Tauern aufweisen, herrschen Gneise und Granite vor, welche eine markante Schärfe der Formen verursachen. Östlich des Sölker Passes in den Wölzer Tauern sind es schließlich die Glimmerschiefer, welche das bedeutend ruhigere Relief, weiter durch die geringeren Höhen abgeschwächt, bedingen. Erst die ganz im Osten isoliert liegenden Seckauer Tauern zeigen wieder neben Glimmerschiefer (im Süden) Granite, die bereits in den Rottenmanner Tauern nordwestlich des Triebener Tauern einsetzen; sie bedeuten trotz der den Wölzer Tauern entsprechenden Höhe eine Betonung der glazialen Erosionslandschaft, welche in den harten Intrusivmassen besser konserviert worden ist.

Mit Ausnahme der Seckauer Tauern zeigen alle Gebirgstteile eine fiederförmige, im wesentlichen Nord- und Süd-Entwässerung; die erstgenannten hingegen auf Grund ihrer Endlage eine radiale. Dementsprechend sind dort die lokalen Unterschiede in der Vereisung am stärksten gewesen.

#### Die Radstädter Tauern:

Dem zur Enns entwässernden Raum gehören die Flachau mit der Ennsquelle, das Zaubachtal und das Taurachtal, welches zum Radstädter Tauern (1739 m) führt, an. Die Gipfelhöhen liegen zwischen 2300 m und 2500 m, im wasserscheidenden Hauptkamm (Enns — Mur) erreichen der Faulkogel 2654 m und das Mosermandl, der höchste Berg im Enns-Einzugsbereich, 2680 m. Nördlich von ihm erstreckt sich ein hochalpines Karstplateau, das Gasthofkar, reich an Schlünden und Höhlen und durch eine Karren-Dolinen-Landschaft geprägt. Im östlichen Abschnitt vom Pleißling bis gegen den Paß dominieren triassische Dolomite und Tonschiefer. Auch hier sind deutlich Verkarstungserscheinungen (Dolinen, Uvalas, unterirdische Wasserläufe) ausgebildet, die für die Hydrographie von Bedeutung sind.

Die geologische Forschung hat die Radstädter Tauern zu einem Zentrum der ostalpinen Deckenanalyse gemacht. Nach zahlreichen Autoren ist es A. TOLLMANN (16), der in vielen Arbeiten die Stellung der unterostalpinen, mittel- und oberostalpinen Decken auf Grund von Forschungen in diesem Raum deutet. Für die vorliegende Fragestellung ist jedoch nur der lithologische Faktor von Bedeutung, so daß für tektonische Fragen auf die

Spezialliteratur verwiesen wird. Die enge Verquickung von Karst- und Glazialformen (Doline-Kar, Uvala-Trogtalboden) führte zu einer eigenen Hochgebirgsformenwelt, die für die Zentralalpen einmalig ist. In den höher gelegenen Räumen, wo undurchlässige Phyllite usw. fehlen, sind die quartären Akkumulationen (vor allem Grundmoränen) wichtige Grundwasserkörper. Sie liegen vorwiegend in den Hochtal- und Karzonen, über deren Vorformen vor allem E. SEEFELDNER (12) berichtet hat. Sie stellen ein deutliches Zwischenstockwerk dar und trennen Trogtäler von Kammzonen.

In der folgenden Untersuchung wurden im Paßbereich und im Gebiet der Kehralm Messungen der ober- und unterirdischen Abflußverhältnisse durchgeführt und damit zwei für die Radstädter Tauern typische hydrogeologische Lokalitäten aufgezeigt. Die Paßhöhe ist überwiegend durch mehrfach übereinanderliegende Moränenstaffeln, die ihrerseits eine geologische Grenze überdecken, gekennzeichnet — diese Situation ist für die ganzen Radstädter und die westlichen Schladminger Tauern charakteristisch —, die Kehralm bildet eine Karstlandschaft, die zwar noch voll von Vegetation bedeckt ist, aber infolge der relativ hohen Niederschläge (Schnee!) deutlich ausgebildete Karsterscheinungen aufweist, die nicht nur theoretisch, sondern vor allem praktisch (Fremdenverkehr + Wasser) interessant sind.

Wenn auch infolge der kurzen Beobachtungszeiten keine absolut sicheren Jahresmittelwerte usw. gegeben werden können, so konnten wichtige Wetterlagen mit hohen und niederen Abflußverhältnissen erfaßt und Hinweise auf die Wichtigkeit genauerer Beachtung gegeben werden.

Das nebeneinanderliegende Vorkommen von Dolomiten (Kalken) und Tonschiefern hat vor allem die Bodendecke stark beeinflußt, soweit die tieferen Lagen nicht durch Hang- und Schwemmaterial bestimmt werden. Eine lehmige Bodendecke, die wasserstauend ist, verändert daher in manchen Fällen das Wasserregime. Auch Grundmoränen, die reich an feinem Gesteinszerreißel sind und die Bodenbildung begünstigen, können zu wasserundurchlässigen Böden führen, die nördlich des Passes die weiten vermoorten Landschaften bedingen. So müssen drei Zonen beachtet werden:

1. Der Untergrund (durchlässig oder nicht),
2. Sedimente (Lithologie, Korngröße, Ausdehnung),
3. Verwitterungsdecke und Boden.

Sie entscheiden über Menge und Geschwindigkeit von Grundwasser und damit auch über das verbleibende Oberflächenwasser.

### Klimatische Übersicht

Den zweiten entscheidenden Komplex bilden die klimatischen Faktoren; sie sollen spezifisch für die vorgelegte Frage angeführt werden.

Überblickt man den weiteren Raum, so fällt die gegenüber den angrenzenden Gebirgsräumen deutliche Öffnung des Radstädter Gebiets gegen NW zum Salzachraum auf. Dadurch ist es den niederschlagsbringenden Winden bei Westwetterlagen möglich, den Radstädter Tauernpaß mehr als die anschließenden Gebiete zu beeinflussen. Aber auch von Süden her (Vb-Wetterlagen) kommt es durch einen Stau im Lungau, der ringsum von Gebirgen abgeschlossen wird, zu einem besonders starken Luftmassenaustausch über den Tauernpaß. Diese beiden niederschlagsbegünstigenden Momente sind sowohl für die relativ hohen Abflußwerte als auch für die optimale Wintersaison infolge langer und hoher Schneelagen verantwortlich. Wie die folgenden Tabellen zeigen, nimmt gerade im Paßbereich die Niederschlags- und Schneehöhe enorm zu und übertrifft weit die Mittelwerte der höhenbedingten Zunahme. Viel eher ist talein eine Abnahme der absoluten Werte häufig, die auf die Leewirkung der Seitenkämme zurückzuführen ist und erst in Höhen über 1700 m, noch stärker über 2000 m, wegfällt. Die Verteilung der Niederschläge geht leider nur selten aus den vorhandenen Ombrometer- oder Totalisatormessungen hervor, da diese in der notwendigen Höhe fehlen oder ihre Anordnung (horizontal, hangparallel, Luv, Lee, Kamm, Plateau, Talbereich) einen Vergleich unmöglich macht. Es müssen daher auch hier einige zu verschiedenen Wetterlagen durchgeführte Parallelmessungen herangezogen werden, die den Unterschied in der Niederschlagshöhe bei Gewitter-, Stark-, Dauer- oder Nieselregen aufzeigen. Da sich die Temperaturen und die davon abhängige Verdunstung nicht von den umgebenden Gebirgsräumen unterscheiden, können die Niederschläge als Hauptagens für das an sich günstige Wasserregime bezeichnet werden (Diagramm 1).

Zieht man die Normalwerte des Niederschlags als Vergleichsbasis heran, so ergibt sich folgendes Bild:

Flachau	925 m SH	1112 mm Jahresniederschlag
Radstadt	856 m SH	1077 mm Jahresniederschlag
Untertauern	1004 m SH	1384 mm Jahresniederschlag
Obertauern	1658 m SH	1630 mm Jahresniederschlag
Tweng	1235 m SH	1037 mm Jahresniederschlag
Tamsweg	1021 m SH	764 mm Jahresniederschlag

Monatswerte siehe Tabelle im Anhang!

Diese Normalwerte zeigen die allgemeine Zunahme der Niederschläge mit der Höhe und der Leelage der südlichen Orte. Sie täuschen aber insofern, als weite Gebirgszonen höher liegen und in eine Region viel rascherer Zunahme hineinreichen, eine für die Wasserverhältnisse wesentliche Tatsache. Dazu kommt eine häufige Abnahme der Niederschläge talauf bis Untertauern und höher (Leewirkung der Seitenkämme), so daß die Gesamtniederschlagsmenge aus den höchsten Regionen die flächenmäßig

weiter ausgedehnten der tieferen weit übertreffen kann. Daraus geht deutlich die Bedeutung der Paßregion für Grund- und Oberflächenwasserabfluß hervor und muß vor jeder unbedachten Verwendung oder Verunreinigung gewarnt werden.

Die erwähnten Niederschlagsdifferenzen zwischen Tal- und Kammbereich wurden bei gleichzeitiger Messung während verschiedener Niederschlagstypen (Schwachregen, Gewitterregen, Schneefall) durchgeführt und ergaben folgende Steigerung mit der Höhe:

Datum	Niederschlagsmenge bei folgenden Seehöhen		
	1100 m	1700 m	2200 m
21. Februar 1970	24,6 mm/17 cm	24,5 mm/30 cm	46 mm/55 cm *
15. Juli 1970	50,6 mm/ 2 cm	50,8 mm/27 cm	114 mm/40 cm *

\* Erste Zahl N in mm Wasser, zweite Zahl Schneehöhe in cm.

Berechnungen für den Jänner 1969 ergaben Niederschlagswerte von 96 mm für die Höhenstufe 900—1500 m, 90 mm für 1500—2000 m und 184 mm für über 2000 m! Im August 1970 betragen die Werte 287 mm, 344 mm und 680 mm, also eine extreme Steigerung ab 2000 m.

Es scheint daher von besonderem Interesse, den Anteil der Höhenstufen am Gesamtniederschlag und -abfluß zuberechnen. Der Flächenanteil beträgt:

Höhenbereich	Fläche	Fl.-Anteil	Niederschlag*	N-Anteil
bis 1000 m	9,7 km <sup>2</sup>	10,7 %	10,5 Mill. m <sup>3</sup>	5 %
1000—1500 m	28,8 km <sup>2</sup>	32,0 %	38,8 Mill. m <sup>3</sup>	19 %
1500—2000 m	45,8 km <sup>2</sup>	50,9 %	128,9 Mill. m <sup>3</sup>	64 %
über 2000 m	5,9 km <sup>2</sup>	6,4 %	23,9 Mill. m <sup>3</sup>	12 %
Taurachgeb.	90,2 km <sup>2</sup>	100,0 %	202,1 Mill. m <sup>3</sup>	100 %

\* Der Niederschlagswert wurde auf Grund der eingangs erwähnten Vergleichsmessungen in verschiedener Höhe aus den Normalwerten berechnet.

Die Tabelle zeigt anschaulich die Bedeutung der höheren Lagen für die Niederschlagsmengen. Die Flächenanteile bis 1500 m erbringen trotz 42,7 % der Gesamtfläche nur 24 % der Gesamtniederschlagsfracht, die 57,3 % über 1500 m gelegenen Gebiete hingegen 76 %! Die Verhältniswerte der einzelnen Höhenstufen (von unten nach oben) lauten daher (gerundet) 0,5 — 0,6 — 1,3 — 1,9! Diese steigende Bedeutung der höheren Regionen wird noch wirkungsvoller, wenn man die Verteilung von festen und flüssigen Niederschlägen, die langdauernde Speicherung in Form von Schnee und die geologische Situation (Karst- und Grundwasserträger) berücksichtigt. Allgemein können für die Niederschlagshöhen folgende Faktoren angegeben werden: Untertauern (1008 m) — Obertauern (1664 m) 0,7 bis

4,4; Untertauern — Paßhöhe (1700 m) 1,7 und Untertauern — Karböden (2100 m) 3,0 und mehr. Die Summe der Neuschneehöhen und die maximalen Schneehöhen weisen extrem hohe Werte auf, welche das Radstädter-Tauern-Gebiet als Schigebiet bekannt gemacht haben. In Obertauern wurden folgende Größen gemessen: Summe der NSH 9,2 m (1969) bzw. 13,8 m (1970), die maximalen SH lagen am 19. 4. 1969 bei 165 cm, am 4. 4. 1970 bei 330 cm und am 3. 6. 1970 bei 300 cm. Der Wasserwert des Schneefalls vom Februar 1970 ergab 203 mm (392 cm Schneehöhensumme); zur gleichen Zeit erreichten die Schneehöhen im Wildseekar (1925 m bis 2150 m) westlich der Zehnerkarspitze maximal 4—6 m! Neben diesem Frühjahrsmaximum der Niederschläge tritt in Abständen von einigen Jahren ein zweites Niederschlagsmaximum im Herbst auf, welches den von Süden kommenden Einfluß betont und für die Wasserversorgung günstige Auswirkungen zeigt.

Für die Abflußverhältnisse ist demnach die Paßregion und die anschließenden höheren Gebirgsteile von entscheidender Bedeutung. Die Taurach weist gegenüber den anderen Bächen der Niederen Tauern besonders hohe Abflußwerte auf, die auch im Abflußfaktor ihren Ausdruck finden. So liegen die monatlichen Mittel zwischen 2,5 und 6,3 m<sup>3</sup>/sek., im Jahresmittel der Untersuchungszeit (1969/70) bei 5,6, das ist etwa das Doppelte der benachbarten Tauernbäche. Insgesamt kommen 120—140 Mill. m<sup>3</sup> jährlich zum Abfluß.

Die günstige geologische Grundlage und die starke Beregnung sowie Schneehäufigkeit (vom Tauernpaß aufwärts fallen 60—80 % des Niederschlags in fester Form!) machen die Erforschung der Verhältnisse in der Höhenregion notwendig, die im weiteren dargestellt werden soll.

### **Die geologisch-morphologischen Verhältnisse der Paßregion**

Für die Beurteilung der hydrologischen Probleme ist vor allem die Lagerung und Sedimentüberdeckung der verschiedenen Gesteinszonen von Interesse, wobei letztere in zwei Gruppen — den wasserlöslichen und wasserunlöslichen — zusammengefaßt werden müssen. Abb. 2 zeigt diese in ihren wesentlichen Zügen, wobei versucht wurde, die für unterirdische Wasserwege bevorzugt wirksamen Gesteinsgrenzen zu rekonstruieren. Die wichtigste von ihnen, jene zwischen dem „Altkristallin“ der Schladminger Tauern und dem „Radstädter Mesozoikum“, liegt nicht unmittelbar parallel der Tiefenlinie, sondern etwas nördlich von ihr im glazial überformten Paßgelände. Dadurch kommt es zur regionalen Ausbildung von Karsterscheinungen mit allen ihren Problemen im Bereich der Kehralm, die wesentlich erscheinen. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Raum der Felseralm, die nahezu gänzlich im norischen Dolomit liegt. Nördlich des Pases selbst dominieren die glazialen Formen (Zungenbecken, Moränen), überwiegend in jungquartären Ablagerungen ausgebildet, so daß die Verkarstung oberflächlich nicht erkennbar ist und typischer bedeckter Karst

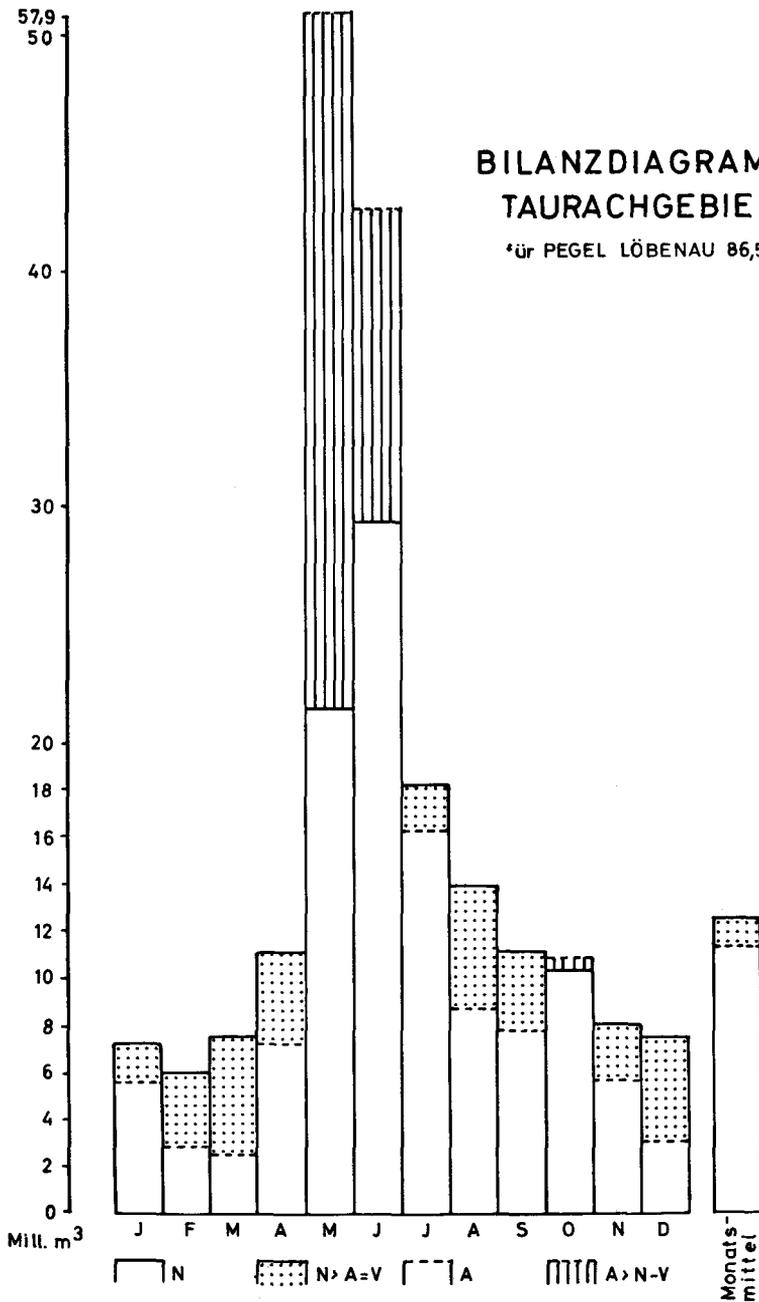


Abb. 1

auftritt, der jedoch auf Grund der reichlich entwickelten Lehme außer Aktion gesetzt erscheint.

Alle genannten Kleinlandschaften sind auf Resten eines alten Talbodens 1660—1800 m ausgebildet. Dieser folgt dem heutigen Gefälle gegen Westen (vom Hundsfeldsee 1785 m über den Kehrkopf 1835 m zur Felseralm 1660 m); er ist aber infolge der mehrmaligen Eisüberflutung von Nordosten (Lokalgletscher) und Südosten (Murgletscher) stark überformt und in eine Rundhöcker- und Muldenlandschaft zerlegt worden. Dazu kommt noch die junge Talbildung der Taurach von Westen her. Der alte Talboden ist jedoch auch weiter talaus in Resten deutlich erkennbar und von E. SEEFELDNER (12) näher beschrieben worden.

Die Eisstromhöhe während des Würm-Maximums (vor ca. 20.000 Jahren) lag in der Paßregion bei 2150—2200 m, was aus den Schliffgrenzen und Erratikafunden zu ersehen ist. Grundmoränen aus dieser Epoche sind nur in den höheren Regionen (Gründwaldsee 1935 m) erhalten, während sie tiefer größtenteils von jüngerem Material überlagert sind.

Landschaftsbeherrschend sind die gsnitzzeitlichen Ablagerungen, welche nach jüngsten Forschungen als letzte Phase dem Glazial zuzuordnen (prä-Alleröd) sind (G. PATZELT, mündliche Mitteilung 1973). Der Hauptgletscher aus dem Seekar stieg bis 1900—1700 m an und hinterließ mehrere parallelliegende Seitenmoränen. Von seinem durch mehrere kleine Vorstöße unterbrochenen Rückzug ist die große Endmoräne westlich des Kehrkopfs (an der Straße), die allerdings auch aufgearbeitetes älteres Material enthält, sowie das kleine Zungenbecken nördlich des Passes erhalten. Jüngere Glazialablagerungen (Daun usw.) sind m. E. auf die inneren Kare beschränkt (z. B. am Wildsee, Endmoräne in 1950 m, inneres Seekar 1950 bis 2050 m), so daß auch die südlich des Hundsfeldsees abgelagerte Moräne einem späten Gsnitz zugerechnet werden muß. Es ist jedoch notwendig, die Problematik solcher Zuordnungen aufzuzeigen, denn für alle gsnitzzeitliche Gletscherstände steht nur eine relativ kurze Zeit zur Verfügung (unter 1000 Jahren).

Als höchstes Sedimentpaket sind lehmartige Bodensedimente zu nennen, die sowohl von den leicht verwitterbaren Glimmerschiefern und Phylliten stammen als auch als Kalksteinbraunlehme entwickelt sind und in den Mulden zu oft mehrere Meter mächtigen Schichten zusammengeschwemmt wurden. Sie sind die Ursache für perennierende oder periodische Gewässer in den Uvalas und Dolinen; letztere haben gewisse lokale Bedeutung als Viehtränke.

### **Die hydrologischen Probleme am Radstädter Tauern**

Aus dem bisher Gesagten ist leicht die Vielfalt der Grund- und Oberflächenwasserverhältnisse zu verstehen. In der nachfolgenden Betrachtung müssen die beiden Karstgebiete und die Moränengebiete voneinander ge-

trennt werden, so daß sich folgende hydrographische Einheiten ergeben (Karte, Abb. 2).

- a) Die Tiefenzone selbst
- b) Die Moränenlandschaft nördlich des Passes
- c) Die Karstlandschaft der Kehrer-Alm
- d) Die Karstlandschaft der Felser-Alm

Zu a): Die heute in Erscheinung tretende Tiefenlinie zeigt eine klare Zweigliederung: Ihr östlicher Abschnitt ist durch Moränen und auf diese übergreifende alte Schutthalden verschüttet (Kirchbichl), ihr westlicher Teil, in welchen die Taurach einbiegt, ist mit jungen Flußschottern erfüllt; an der Grenze der beiden Sedimentkörper treten mehrfach Quellen aus, da die Moräne von südlich abkommendem Hangwasser gespeist wird und einen lokalen Grundwasserkörper darstellt. Die junge Taurach, die sowohl aus dem Seekar oberirdisch (Grünwaldsee- und Hundsfeldseeabfluß) als auch aus der Kirchbichlmoräne unterirdisch gespeist wird, erreicht infolge der Karstzuflüsse bald für ihre Länge (6 km) einen beachtlichen Wasserreichtum, der im Jahresdurchschnitt  $0,6 \text{ m}^3/\text{sek.}$  erreicht. Das ergibt auf das vorliegende Einzugsgebiet von  $11,5 \text{ km}^2$  bis zur Meßstelle einen Abfluß von ca. 1700 mm, was wieder einem Abflußfaktor von 75,2 % entspricht. Das erscheint allerdings etwas zu wenig, bedenkt man, daß der Abflußfaktor des gesamten Taurachgebiets je nach Jahr 80—90 % erreichen kann und in den höchsten Einzugsbereichen eher noch höher liegen müßte. Ein Gutteil des Gesamtabflusses ist demnach einem bisher nicht genau erfaßten Grundwasserstrom zuzuschreiben, der ca.  $0,1—0,2 \text{ m}^3/\text{sek.}$  erreichen wird.

Zu b): Obwohl die Grund- und Endmoränenlandschaft zwischen der Paßzone und dem Hundsfeldsee oberirdisch entwässert (im Bereich der Hundsfeldalm gibt es sogar eine Bifurkation), bieten die glazialen Sedimente einen günstigen Grundwasserweg. Die Anreicherung von feinem Material in den höheren Schichten (Verwitterung) führt zu einem starken Wasserstau, der sich in einer weitflächigen Vermoorung äußert. Verstärkend wirken die glazialgebildeten Mulden, welche die unterirdisch zuströmenden Wässer sammeln und an den tieferen Schwellenabschnitten zu extremen Versumpfungen und Quellaustritten führen. Das größtenteils neben Gräsern von den Latschen beherrschte Landschaftsbild ist ein weithin sichtbarer Ausdruck hierfür. Ein Teil wird in die Karstzone eingespeist und tritt zum kleineren Prozentsatz an Quellen der Tiefenlinie wieder zutage. Im wesentlichen dominiert in diesem Bereich der oberirdische Abfluß, da er des Grundwassers stark gehemmt wird und so die Durchflußmengen gering bleiben.

Zu c): Das  $1,3 \text{ km}^2$  große Karstgebiet der Kehr-Alm zeigt besonders komplizierte Wasserverhältnisse. Das östliche Uvala (Karstmulde) erhält das Wasser von einem Ast des sich gabelnden Grünwaldseeabflusses sowie vom Hang südlich des Sees. Das westliche Uvala wird von einer Quelle

an seinem Ostrand gespeist und von etlichen Quellen (periodisch) bzw. Grundwasserströmen (infolge des raschen Zufließens wäre richtiger Hangwasserströme) des nördlich anschließenden Hanges. Ersterer speist einen kleinen Dolinensee mit unterirdischem Abfluß, letzterer einen größeren Uvalasee, dessen Abfluß nach kurzem Lauf in einem Ponor am Nordrand des Kehrkopfes verschwindet. Der weitere unterirdische Lauf kann erst durch Färbversuche eindeutig festgestellt werden, doch sind auf Grund von Mengenmessungen zwei Abflußrichtungen wahrscheinlich: eine direkt durch den Kehrkopf zu südlich davon liegenden Quellen und eine gegen Westen in den moränenbedeckten Abschnitt. Daneben sind etliche Dolinen ganzjährig wasserführend. Gerade hier besteht die große Gefahr einer Verunreinigung und ungenügender Filtrierung durch die kurze Karstwegstrecke. Die eindringenden Wassermengen liegen — soweit sie meßbar waren — zwischen 0,1 m<sup>3</sup>/sek. (Sommer) und 0,8 m<sup>3</sup>/sek. (Frühjahr), die meßbaren Abflüsse an den genannten Quellen jedoch bei nur 50 % (Sommer) bzw. 20—30 % (Frühjahr), so daß auch hier ein Grundwasserstrom direkt zur Taurach bzw. ihrem Akkumulationskörper angenommen werden muß.

Zu d): Ähnliche Verhältnisse befinden sich auf der Felser-Alm. Die Moränenstreu erreicht hier nur geringe Dicken und die Verkarstung tritt deutlich oberflächlich zutage. Ein kleiner See westlich der alten Felser-Alm weist ein Ponor auf, in welchem Mittelwasser noch abfließen, höhere Wasserstände jedoch zu Überflutungen führen können. Die Lehmbedeckung erreicht auch hier 1—3 m! Das nahezu völlige Fehlen von Grundmoränenmaterial — es sind nur einzelne erratische Blöcke festzustellen — kann wohl durch die hohen Korrosionswerte erklärt werden, die aus der postglazial neu verkarsteten Rundhöckerlandschaft abzuleiten sind. Sowohl tiefe Rinnenkarren und Kluftkarren als auch scharf in die glaziale Flur eingefressene Dolinen beweisen ein jüngeres Alter als Gschnitz, welches nach den jüngsten Forschungen von G. PATZELT und S. BORTENSCHLAGER (9) wahrscheinlich vor 11.000 Jahren B.P. anzusetzen ist.

Wie anfangs angedeutet, zeigt das Tal durch die glaziale Umformung hervorgerufen einen Wechsel von Becken- und Talstufen (Engen). Das erste und zugleich das eigentliche nordgerichtete Taurachtal einleitende ist jenes der Gnadenalm in 1280—1300 m, das ebenfalls von einer moränenbegrenzten Felsschwelle abgeschlossen wird. Es weist den größten Grundwasserkörper des Untersuchungsraumes auf und sammelt nicht nur alle talaufliegenden oberordischen Zuflüsse, sondern auch alle Grund- und Hangwasserströme des Pleißingkammes. Mehrere Karst- und Grundwasserquellen, die eine oberflächliche Wasservermehrung verursachen, aber auch die deutliche Querschnittszunahme sind deutliche Beweise dafür; im Durchschnitt von 34 jahreszeitlich verteilten Messungen, die westlich der Kehralm und bei der Gnadenalm durchgeführt wurden, ergaben sich Zunahmen der Wassermenge von 0,6 auf 1,6—1,8 m<sup>3</sup>/sek. und damit eine Verdoppelung bis Verdreifachung. Der Raum der Gnadenalm stellt aber auch einen beachtlichen Grundwasserkörper dar, der obendrein den Vor-

teil einer hohen Durchflußmenge besitzt. Bei einer Fläche von 0,83 km<sup>2</sup> und einer Minstdurchschnittstiefe von 20 m (= 16,6 Mio m<sup>3</sup>) ergibt dies bei einer Porenziffer von 30 (Durchschnittswert) eine Grundwassermenge von ca. 5,5 Mio m<sup>3</sup>!

Damit ersieht man bereits bei den vorgelegten kleinräumigen Untersuchungen eine sehr große Vielfalt an hydrologischen Problemen, welche in engem Zusammenhang mit den Gesteinsgrenzen und dem quartären Geschehen stehen. Wichtig erscheint speziell für das oberste Taurachgebiet die Feststellung, daß ein wesentlicher Anteil der Wasserfracht von der Paßregion ausgeht und gerade diese durch die hohe Motorisierung als einer der häufigst befahrenen Alpenübergänge und ein stark besuchtes Wintersportzentrum ist. Es fehlen aber bisher jedwede Einrichtungen der Abwasser-sanierung oder des Umweltschutzes, so daß der wasserreichste Tauernbach im Radstädter und Schladminger Ennsbereich zunehmend gefährdet erscheint, obwohl er als Vorfluter und für die Wasserversorgung immer größere Bedeutung erlangt. Es sollen daher die bisherigen Einzelbeobachtungen dieses Raumes Auftakt zu ausgedehnteren hydrologischen Forschungen sein.

## Anhang: Klima- und Abflußtabellen des Taurachgebiets

Niederschlag <sup>1</sup> : (in mm)	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr
Radstadt	65	59	57	70	94	132	159	149	99	74	61	64	1083
Untertauern	92	76	78	98	120	156	192	175	122	91	82	90	1372
Obertauern	103	94	101	119	141	192	222	197	143	113	104	98	1627
Tweng	67	56	53	67	91	122	149	140	101	83	75	61	1065
Abfluß <sup>2</sup> : (in m <sup>3</sup> /sek.)													
Gnadenalm	0,3	0,2	0,8	1,3	2,0	6,0	2,8	2,3	1,0	0,9	0,4	0,2	1,8
Löbenau	2,7	2,5	2,8	4,3	8,0	11,3	6,8	5,2	4,3	3,9	3,1	2,8	4,8
Abflußfaktor <sup>3</sup> (in ‰)	78	47	34	65	270	145	89	63	69	105	72	42	90

<sup>1</sup> Normalwerte

<sup>2</sup> Auf Grund der Pegelaufzeichnungen und eigener Messungen

<sup>3</sup> Berechnet aus den Abflußwerten und den auf das Einzugsgebiet fallenden Gesamtniederschlag bei der besprochenen Niederschlagszunahme mit der Höhe

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
Niederschlag in m <sup>3</sup>	7,231.680	6,048.000	7,499.520	11,145.600	21,427.200	29,289.600
Wasserfracht in m <sup>3</sup>	5,640.726	2,842.560	2,549.830	7,244.640	57,853.440	42,469.920

	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Niederschlag in m <sup>3</sup>	18,213.120	13,927.680	11,145.600	10,445.760	8,035.200	7,499.520
Wasserfracht in m <sup>3</sup>	16,209.659	8,774.451	7,690.464	10,968.090	5,785.344	3,149.790

Niederschlag in m<sup>3</sup> pro Jahr: 151,372.800

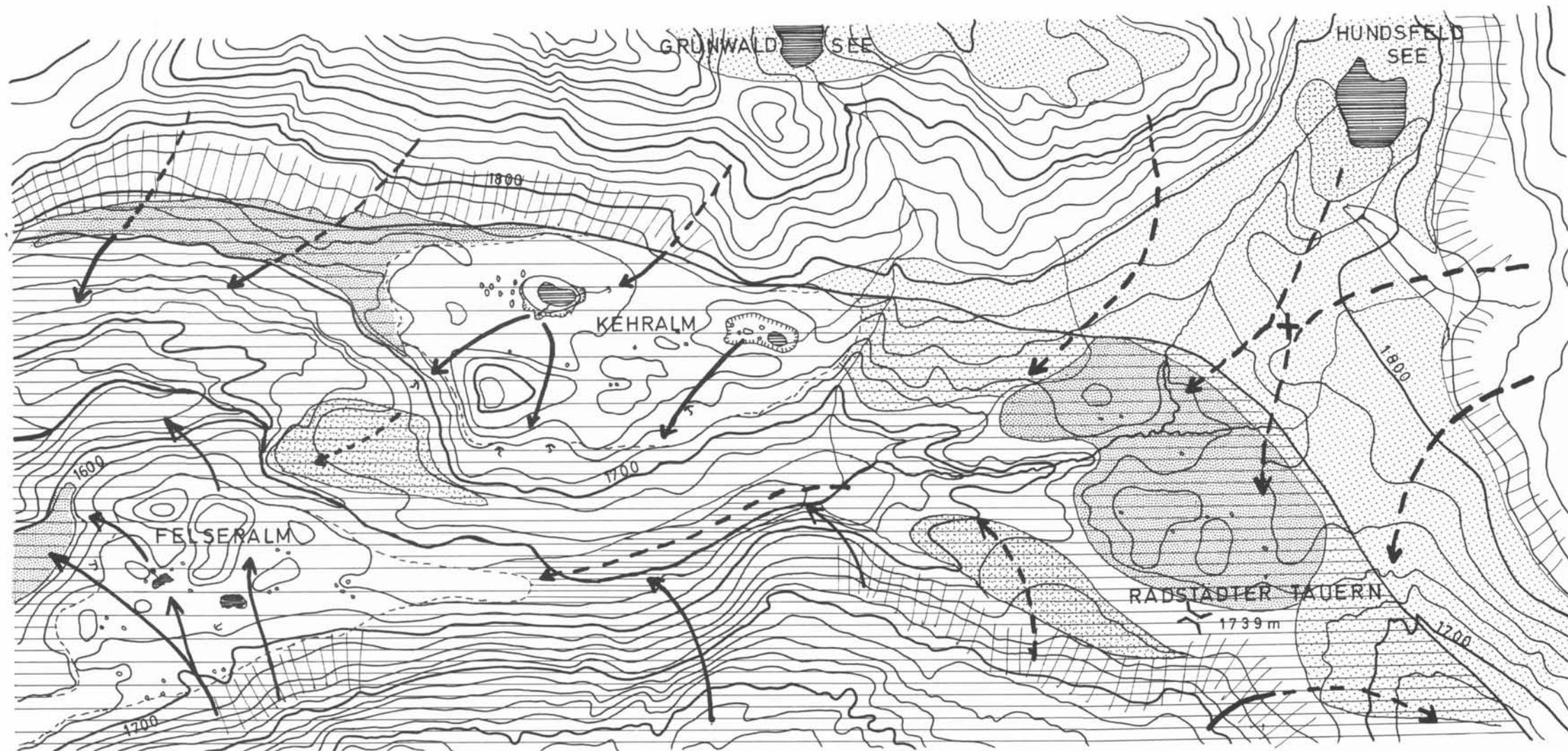
Wasserfracht in m<sup>3</sup> pro Jahr: 136,235.520

**Literaturhinweise**

1. BESCHEL, R.: Flechten als Altersmaßstab rezenter Moränen. — *Zeit. f. Glkde. u. Glazialgeol.* 1, 152—161, Innsbruck 1950.
2. BRUNNER, I.: *Der Radstädter Tauern in Salzburg.* — Diss. Graz 1969.
3. DEL-NEGRO, W.: *Geologie von Salzburg,* Salzburg 1949.
4. Ennsregulierung, 100 Jahre —: FS, red. v. E. GÜNTSCHL, Wien 1960 (mehrere A.).
5. FRIEDL, H.: Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. — *Wetter und Leben* 4, 73—86, Wien 1952.
6. FROSS-BÜSSING, H.: Morphologie des nördlichen Kungaus. — *Geogr. Jber. Österr.* XVIII, 34—40, Wien 1935.
7. *Jahrbücher der Hydrographischen Dienste in Österreich sowie nicht publiziertes statisches Material (Salzburg).*
8. NAGL, H.: Hydrologische Untersuchungen im Ennsgebiet. — *Mitt. Naturwiss. Ver. Stmk.,* Bd. 103, 104, Graz 1973 und 1974 (i. Dr.).
9. PATZELT, G., S. BORTENSCHLAGER: Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe. — *Ztschr. f. Geom., Suppl.-Bd.,* Berlin 1973.
10. PENCK, A., E. BRÜCKNER: *Die Alpen im Eiszeitalter,* Leipzig 1901—1909.
11. SCHWINNER, R.: *Geologie der Niederen Tauern.* — AV-Jb. 1923, 24—53, Innsbruck.
12. SEEFELDNER, E.: *Salzburg und seine Landschaften. Eine geographische Landeskunde.* — Salzburg-Stuttgart 1961.
13. SENARCLENS-GRANCY, W.: Beiträge zur Eingliederung der Moränen der Schladminger Tauern usw. — *Jb. Geol. BA* 105, 65—128, Wien 1962.
14. SÖCH, J.: *Die Landformung der Steiermark.* — Graz 1928.
15. SÖCH, J.: *Studien über Gebirgspässe.* — *Forsch. z. dt. Ld. Vks.-Kunde* XVII/2, Stuttgart 1908.
16. TOLLMANN, A.: *Radstädter Tauern.* — *Exk.-Führer* I/4. — *Mitt. Geol. Ges.* 57, 49 bis 56, Wien 1964.
17. TOLLMANN, A.: *Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 3. T. Westabschn.* — *Mitt. Geol. Ges.* 62, 78—170, 3 Karten, Wien 1969.
18. TOLLNER, H.: *Über Wetter und Klima des Radstädter Tauernpasses.* — AV-Jb. 1970, 26—32, Innsbruck-München 1970.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 29. Oktober 1973.

# HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISS E AM RADSTÄDTER TAUERNPASS



- |            |                 |                      |                              |
|------------|-----------------|----------------------|------------------------------|
| KRISTALLIN | KARSTPLATEAU    | GSCHNITZ - GRUNDMOR. | ÄLTERE od. AUFGEARB. MOR.    |
| MESOZOIKUM | KARSTHOHLFORMEN | GSCHNITZ - ENDMOR.   | ZONE STARKER REZ. HANGABTRG. |
|            |                 | ALLUVIONEN           | SEEN                         |

- |  |   |         |                 |                                |
|--|---|---------|-----------------|--------------------------------|
| OBERIRD. GEWÄSSER<br>< 1 m <sup>3</sup> /sek. > 1 m <sup>3</sup> /s. | wahrscheinlicher Verlauf von<br>KARSTWASSER | GRUNDW. | PONOR<br>QUELLE | 20 m -<br>100 m -<br>ISOHYPSEN |
|--|---|---------|-----------------|--------------------------------|