

## Karsthydrologische Untersuchungen im Schneetalpennstollen in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen

Von F. BAUER (Wien)

Rund 20 bis 25% des Wasserbedarfes der Stadt Wien werden durch die I. Wiener Hochquellenleitung aus Quellen des Schneeberges, der Raxalpe und der Schneetalpe gedeckt (Fig. 1). Bereits im Jahr 1896 wurde die am Nordost-Abfall des Schneetalpennmassivs bei Hinternaßwald ent-

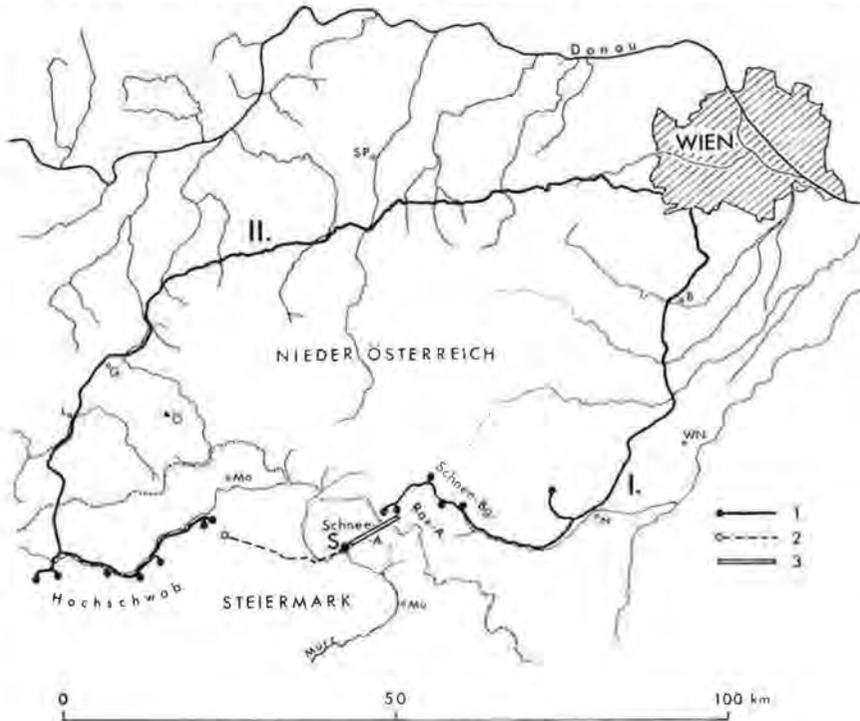


Fig. 1: Die I. und II. Wiener Hochquellenleitung.  
1 = gefaßte Karstquellen und bestehende Leitungen.  
2 = projektierte Quellfassungen und Leitungen.  
3 = Schneetalpennstollen.  
(B = Baden, G = Gaming, L = Lunz, Ma = Mariazell, Mü = Müritzschlag, N = Neunkirchen, Ö = Ötscher, S = Siebenquellen, SP = St. Pölten, WN = Wiener Neustadt)



Fig. 2: Die „Hutmanskeusche“ mit den Siebenquellen. Foto: Wiener Wasserwerke, 1966.

springende Wasseralmquelle in diese Leitung einbezogen. Im Jahr 1899 wurden die im Karlgraben bei Neuberg am Südfuß der Schneeealpe entspringenden „Siebenquellen“, die der Mürz zufließen, von der Stadt Wien angekauft (Fig. 1 und 2).

Um unter Ausnutzung der vollen Kapazität des Leitungskanals der I. Wiener Hochquellenleitung Wasser der Siebenquellen der Stadt Wien zuführen zu können, wurde ein 9681 m langer Stollen durch die Schneeealpe geschlagen. Der Vortrieb des Stollens erfolgte gleichzeitig vom Karlgraben im Süden (1580 m) und vom Reistal im Norden (8101 m) aus. Der Anschlag wurde am 6. Dezember 1965 durchgeführt, der Durchschlag wurde am 8. Juli 1968 nach 31monatiger Bauzeit erzielt. Das Mundloch des Südtrums liegt im Karlgraben in 792 m Seehöhe, das Mundloch des Nordtrums im Reistal in 772 m Seehöhe, woraus sich ein Gefälle von 2‰ gegen Norden ergibt. Bezüglich der technischen Details und Probleme muß auf die einschlägigen Veröffentlichungen (siehe Literaturverzeichnis!) verwiesen werden.

Der Stollen durchörtert das Schneeealpenmassiv zum größten Teil an der Basis der Kalkmasse (Gutensteinerkalk und -dolomit, Wettersteinkalk und -dolomit), knapp über den wasserstauenden Werfener Schichten (siehe Tafel I und II). Letztere bilden im südlichen Drittel des Stollens eine Aufwölbung mit Anhydrit, die über eine Strecke

# Tafel I

## Der Schneetalpennstollen.

Im einzelnen sind von oben nach unten angeführt

1) Geologisches Profil entlang der Stollentrasse (nach Dr. T. Gattinger, Geologische Bundesanstalt Wien), mit Einzeichnung des Stollens und der Projektionspunkte der Siebenquellen (S-Qu.) und der Wasseralmquelle (WA-Qu.).

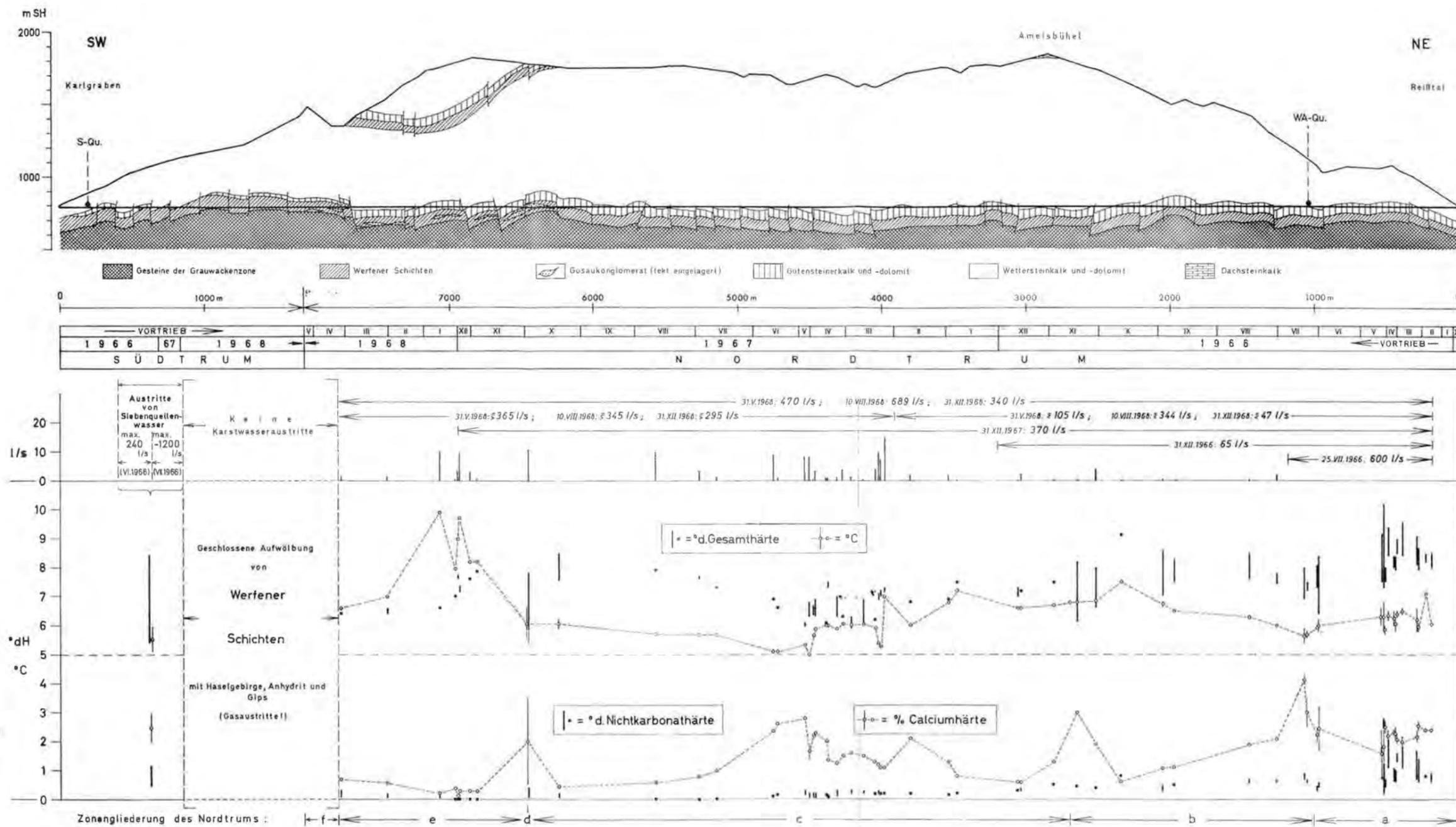
2) Stollenmeterskala für Süd- und Nordtrum.

3) Vortriebszeiten im Süd- und Nordtrum (Nordtrum 8101 m, Südtrum 1580 m, Gesamtlänge 9681 m).

4) Schüttungen: Für einzelne getrennt meßbare Stollenabschnitte wurden einige besondere Gesamtabflußwerte angeführt. Die Durchschnittsschüttungen (1967/68) der wesentlichsten Einzel-Wasseraustritte des Nordtrums wurden in Säulenform dargestellt; es handelt sich hierbei zweifellos um Mindestwerte, da bedeutende Wassermengen direkt in den Wassergraben austreten und meßtechnisch nicht erfassbar waren. (So beträgt die am Stollenmund gemessene Abflußmenge bis über das dreifache der Summe der Einzelmessungen!)

5) Gesamthärte und Nichtkarbonathärte (in deutschen Härtegraden), Wassertemperatur (°C) und Anteil der Calciumhärte an der Gesamthärte (in %) der wesentlichsten Wasseraustritte. Konstante Werte sind durch Punkte bzw. Kreise dargestellt; für schwankende Werte geben senkrechte Striche den Schwankungsbereich an.

6) Zonengliederung des Nordtrums (siehe Text).



von 1078 m durchfahren wurde. Im übrigen Stollenbereich wurden stellenweise von der Tiefe aufgeschuppte Späne von Werfener Schichten festgestellt<sup>1</sup>. Die Überlagerung beträgt unter dem Plateaubereich der Schnealpe für rund 5 km Stollenstrecke mehr als 900 m (Maximalüberlagerung etwa 1020 m).

Der Stollen liegt in seiner ganzen Erstreckung tiefer als der Karstwasserspiegel; das Mundloch im Karlgraben liegt 10 bis 20 m unter den Austritten der Siebenquellen, das Mundloch im Reistal etwa 30 m unter dem Hauptaustritt der Wasseralmquelle.

Siebenquellen und Wasseralmquelle sind die Hauptwasseraustritte aus dem vom Stollen durchfahrenen Bereich des Schnealpenmassivs (siehe Fig. 3). Während die Siebenquellen auf Niederschläge und Schneeschmelze rasch mit hohen Spitzenschüttungen reagieren ( $Q_{\min}: Q_{\max} \bar{z} 0,04!$ ), zeigt die Wasseralmquelle einen weitaus ausgeglicheneren Schüttungsgang ( $Q_{\min}: Q_{\max} \bar{z} 0,14$ ). Die niedrigsten Temperatur- und Härtewerte treten an beiden Quellen während der durch die Schneeschmelze bedingten Spitzenschüttungen auf, die Höchstwerte werden im Hochwinter erreicht. (Siebenquellen 1966: 5,0° C bis 5,6° C und 5,7° dH bis 8,2° dH; Wasseralmquelle 1966: 5,3° C bis 5,8° C und 6,4° dH bis 8,1° dH.)

Markierungsversuche haben die Herkunft der Wässer der Siebenquellen und der Wasseralmquelle aus dem östlichen Schnealpenmassiv bestätigt (siehe Tafel II).

Der im Osten dem Altenberger Bach zufließende Lombach (Jahresmittel 1966 = 75 l/s) könnte zwar Wässer von verdeckten Karstquellen führen, ein Zufluß aus dem Massiv konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Der Tirolbach führt überwiegend Wasser aus dem über Werfener Schichten angelegten Moorgebiet des Naßköhr, das durch die Schwinde des „Durchfall“ entwässert wird. Anteile von im östlichen Plateaubereich eingespeisten Markierungsstoffen konnten auch in der „Kalten Quelle“ (10 bis 20 l/s) am Ausgang der Dirlter Schlucht nachgewiesen werden.

Die Lage der Stollentrasse unter den Hauptquellenaustritten und damit unter dem Karstwasserspiegel ließ bedeutende Wassereintrüche während des Vortriebes erwarten. Um eine allfällige Beeinträchtigung von genutzten Quellen feststellen zu können, wurden ab 1964 zirka 40 Quellen im Bereich Neuberg—Altenberg im Zuge eines Beweissicherungsprogramms wöchentlich gemessen und vierwöchentlich der Chemismus der Quellwässer bestimmt; die Hauptquellen (Wasseralmquelle und Siebenquellen) wurden nach Möglichkeit täglich gemessen. Sämtliche im Zuge des Stollenvortriebes angefahrenen Wasseraustritte wurden erfaßt und in ein Dauerbeobachtungsprogramm einbezogen (täglich

<sup>1</sup>) Bezüglich der geologischen Details muß auf die noch unveröffentlichten Aufnahmen von Dr. T. GÄTTINGER (Geologische Bundesanstalt Wien) verwiesen werden, der die geologische Bearbeitung des Stollens durchführte.

liche bis wöchentliche Messungen und Probenentnahmen je nach Bedeutung der Austritte). Im Rahmen dieses Beobachtungsprogramms wurden in den Jahren 1964 bis 1968 an Wässern des Schneesalpenmas-

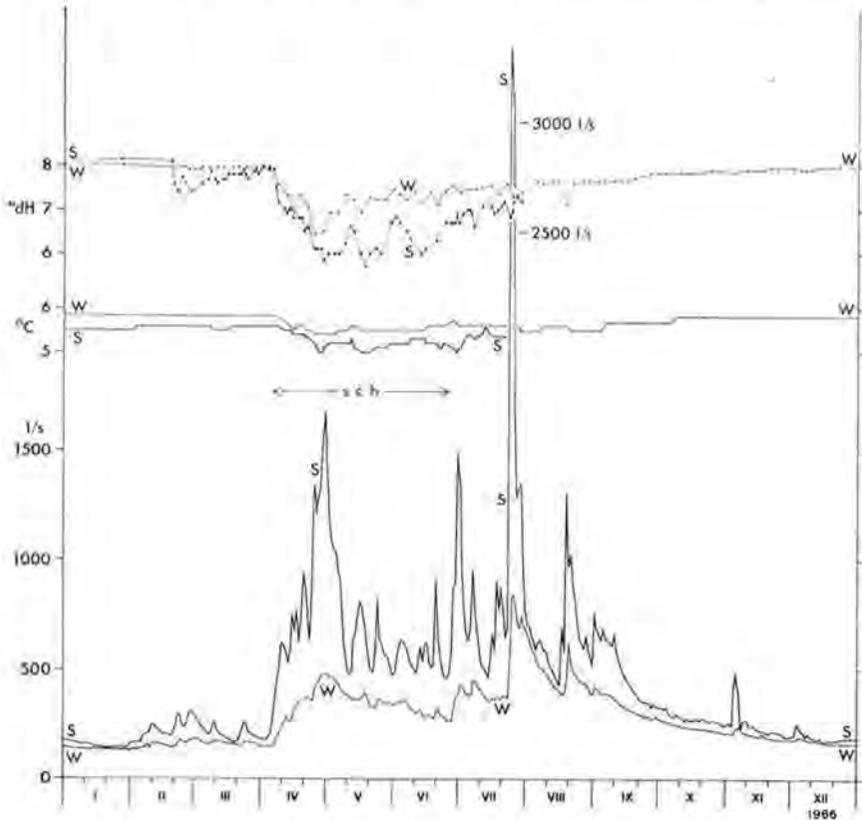


Fig. 3: Siebenquellen und Wasseralmquelle 1966.

Jahresgänge von Schüttung (l/s), Wassertemperatur ( $^{\circ}$ C) und Gesamthärte ( $^{\circ}$ dH).

(S = Siebenquellensystem, W = Wasseralmquelle I, sch = Schneeschmelzperiode)

Die hier angegebene Schüttung des Siebenquellensystems umfaßt die Schüttung sämtlicher obertägigen Quellaustritte und der Austritte von Siebenquellenwasser im Stollen.

Die hier angegebenen Schüttungen der Wasseralmquelle I betragen ca. 90% des Gesamtjahresabflusses des Wasseralmquellensystems. (Der temporäre Übersprung der Wasseralmquelle II war nicht meßbar.)

Temperatur und Härte der Siebenquellenwässer wurden nur bis Anfang Juli dargestellt, da ab 12. Juli die Siebenquellenwässer zur Gänze im Stollen austraten und dort die Messung dieser Werte durch bauliche Maßnahmen stark beeinträchtigt war.

Tafel II

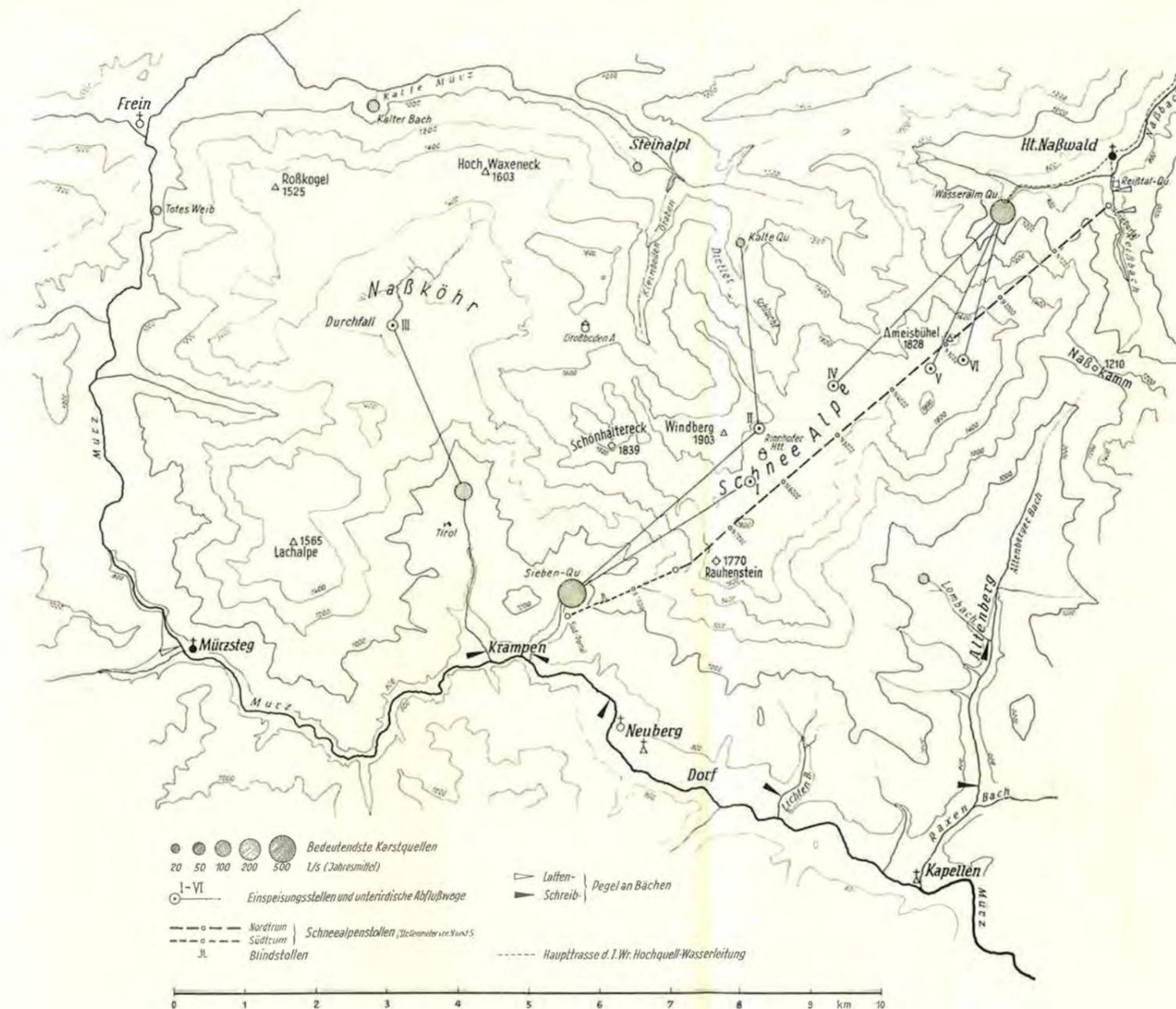
Das Schneevalpegebiet.

Karstquellen, Markierungsversuche und Stollentrasse.

In der Karte nicht dargestellt sind die Meßstellen an Siebenquellen und Wasseralmquelle sowie an den Stollenportalen.

Von den Karstquellen der Schneevalpe wurden nur die wesentlichsten in die Karte aufgenommen.

In die einzelnen eingezeichneten Einspeisungsstellen wurden folgende Markierungsstoffe eingespeist: In I (1962) und VI (1963) Uranin (Hygien.-Bakteriolog. Untersuchungsanstalt der Stadt Wien, Univ.-Prof. Dr. F. DOSCH). In II grüne Sporen (1962 und 1963) und Uranin (1969), in III rote Sporen (1962 und 1963), in IV blaue Sporen (1963) und in V violette Sporen (1963) vom Speläologischen Institut (Wien).



sivs insgesamt rund 27.000 chemische Einzelbestimmungen (vor allem Gesamt-, Karbonat- und Calciumhärte) durchgeführt.

Da dieses Stollenprojekt die wohl einmalige Gelegenheit bot, Einblick in die hydrologischen Verhältnisse in der Tiefe eines alpinen Karstmassivs über eine das Zentrum des Massivs querende Strecke von nahezu 10 km (bei einer Überlagerung von 900 bis 1000 m im zentralen Teil) zu gewinnen, wurden mit Mitteln der Hydrologischen Dekade und des Speläologischen Instituts Untersuchungen, die weit über den Rahmen der Beweissicherung hinausgingen, durchgeführt. Die Erfassung der hydrologischen Verhältnisse im Stollenbereich und die Erfassung des Wasserhaushaltes des Massivs waren Hauptziele dieser Untersuchungen, die sich noch über mehrere Jahre erstrecken werden. Einige der bisher gewonnenen vorläufigen Untersuchungsergebnisse sollen hier eine kurze Darstellung erfahren.

Der Stollen wurde von Norden und Süden bis in die Aufwölbung der Werfener Schichten vorgetrieben. Dieser Aufbruch von stauenden Schichten im südlichen Drittel des Stollens stellt nach den bisherigen Untersuchungen auch in hydrologischer Hinsicht eine Grenze in der Stollentrasse dar: Südlich der Aufwölbung traten im Stollen ausschließlich Wässer des Siebenquellensystems aus; nördlich der Werfener Schichten wurden Wässer erschrotet, die keine direkte Beziehung zu einem Quellsystem zeigen und nur indirekt ihre Herkunft aus dem Karstwasserkörper, der die Wasseralmquelle speist, erkennen lassen. In der Folge werden daher das Südtrum (Elisabethstollen) und das Nordtrum (Leopoldinenstollen) des Schneealpenstollens getrennt behandelt.

## 1. Schneealpenstollen — Südtrum

Bis zum Stollenmeter 380 wurden nur einige kleine Wasseraustritte (um 1 l/s, Schüttung rasch abklingend) angefahren. Im Bereich um 400 bis 420 m wurden erstmals Wässer (um 20 l/s) erschrotet, deren Temperatur und Chemismus eindeutig auf ihre Herkunft aus dem Siebenquellensystem wiesen. Bei Stollenmeter 510 bis 522 kam es zu den ersten massiven Einbrüchen von Siebenquellenwasser (bis über 200 l/s). Bereits damals war zu erkennen, daß bei Anfahren entsprechend wasserwegsamere Klüfte mit einem Austritt der gesamten Siebenquellenwässer im Stollen gerechnet werden mußte. Es wurde versucht, diese Austritte durch eine Auskleidung dieses Stollenabschnittes zu bewältigen. Die Schließung der an den Hauptaustritten angebrachten Schieber führte zwar zu einer teilweisen Zurückdrängung der Wässer in das Siebenquellensystem (ein Anstieg der Siebenquellenschüttung konnte nachgewiesen werden), ein Teil der in den Berg zurückgedrängten Wässer trat aber in Klüften vor und hinter der ausgekleideten Strecke aus. Ende Mai 1966 traten aus dem Stollen bereits über 200 l/s



Fig. 4: Stollenbrust im Südtrum des Schneetalstollens bei Stollenmeter 637 zur Zeit des großen Wassereinbruches im Juli 1966. Foto: Wiener Wasserwerke, 1966.

aus! Am 20. Juni 1966 wurde bei Stollenmeter 637 (in rd. 550 m Horizontalabstand von den Siebenquellen) eine mit sandigem Lehm und Felsbrocken erfüllte, quer zur Stollenachse streichende Kluft angefahren, die sich über die ganze Brust zog und aus der anfangs ca. 50 l/s austraten (siehe Fig. 4). Da trotz verschiedener baulicher Maßnahmen dieser Wassereinbruch nicht beherrscht werden konnte, kam es durch Ausschwemmung der Kluftfüllung zu einer erhöhten Wasserwegsamkeit. Die Wasserzutritte aus der Kluft stiegen bis zum 25. Juni auf über 100 l/s bei gleichzeitigem Absinken der Schüttung der Siebenquellen auf 80 l/s; der Gesamtabfluß aus dem Stollen betrug bis zu 400 l/s. Nach starken Niederschlägen stieg am 30. Juni die Gesamtschüttung des Stollens auf 490 l/s (Siebenquellen über 700 l/s). Der aus der Kluft ausgeschwemmte Sand und Ton wurde z. T. im Stollen selbst abgelagert (bei Stollenmeter 140 noch 80 cm mächtig) und z. T. über den Karlgrabenbach der Mürz zugeführt, wo die Trübe zeitweise noch bis gegen Mürzzuschlag erkennbar war.

In der Folge ging die Schüttung der Siebenquellen immer weiter zurück, bis sie am 12. Juli 1966 erstmals zur Gänze trocken fielen: Das gesamte Siebenquellenwasser gelangte, wie bereits vorhergesagt worden war, im Stollen mit rd. 500 l/s zum Austritt. Nach den Niederschlägen vom 23. und 24. Juli (Station Karlgraben: 115 mm) stieg die

Stollenschüttung auf rd. 1300 l/s, während die Siebenquellen gleichzeitig bis über 2000 l/s erreichten. Nach Abklingen der Schüttungen lagen die Siebenquellen wieder trocken, und die Stollenwasseraustritte bei Stollenmeter 510 bis 522 waren fast zur Gänze versiegt: Die Lehmkluft an der Brust (Stollenmeter 637) war zum Hauptaustritt des Siebenquellenwassers geworden und fungierte sozusagen als „Grundablaß“ des Siebenquellensystems. Bei Maximalschüttungen kam es mehrmals zu einer weitgehenden Überflutung des mit 2‰ gegen den Berg fallenden Stollens; am 28. Juni 1966 trat das Stollenwasser sogar beim Mundloch aus!

Da an einen weiteren Vortrieb durch diese nunmehr stark ausgewaschene Klufftzone (deren Mächtigkeit nicht bekannt war) aus technischen Gründen nicht mehr zu denken war, wurde der Stollen im Oktober 1966 bei Stollenmeter 532 endgültig abgemauert. Bei Stollenmeter 488 wurde mit dem Schlag eines östlich des (nunmehrigen) Blindstollens in 25 m Entfernung parallel zu diesen verlaufenden Umfahrungsstollens (nunmehr Hauptstollen) begonnen, der nun zwecks leichter Wasserhaltung mit 1‰ steigend vorgetrieben wurde. In diesem wurde bei Stollenmeter 642 die im (Blind-)Stollen bei 637 m angefahrne Klufftzone mit Wasseraustritten wieder erreicht. Während des weiteren Vortriebes, der sich unter schwierigsten Bedingungen (Tagesvortriebe um 1 bis 1,5 m) vollzog, diente der Blindstollen als Wasserentlastungsstollen.

Nachdem der Stollen bis zum 3. Febr. 1967 bis Stollenmeter 748 bereits durch eine 106 m (!) lange Strecke von Sand, Lehm und Blockwerk mit ausgeschwemmten Hohlräumen (siehe Fig. 5) vorgetrieben worden war, ohne das Ende der Klufftzone erreicht zu haben, mußte bei Stollenmeter 629 eine provisorische Abmauerung des Umfahrungsstollens ausgeführt werden, um eine Zerstörung der in der Klufftzone erst teilweise ausgekleideten Stollenstrecke durch den zu erwartenden Schmelzwasserandrang im Frühjahr zu verhindern. (Während eines Tauwetters in der ersten Märzhälfte stieg die Stollenschüttung bereits über 600 l/s!) Am 29. März 1967 wurden die Schieber an der Abmauerung im Blindstollen und im Umfahrungsstollen geschlossen: 10 Stunden nach Schieberschließung sprangen die nunmehr seit über 7 Monaten trockengelegenen Siebenquellen wieder an und erreichten nach weiteren 6 Stunden die volle Schüttung. Nach einer dreitägigen Öffnung der Schieber, die sich zur Druckentlastung zwecks Ausführung zusätzlicher Dichtungsarbeiten im Stollen als notwendig erwies und wieder zum Versiegen der Siebenquellen führte, wurden die Schieber am 3. April 1967 erneut geschlossen, worauf die Siebenquellen wieder ansprangen. Die Auswertung der Schüttungsmessungen im Stollen und an den Siebenquellen während des Schieberschließens ergab ein Hohlraumvolumen von rd. 12.000 m<sup>3</sup>, das aufgefüllt werden mußte, bevor die Siebenquellen wieder in voller Stärke (am 30. März 1967



Fig. 5: *Begehbare Hohlräume in der wasserführenden Kluftzone des Südturms (Umfahrungsstollen). Foto: F. Bauer, 1966.*

mit rd. 130 l/s; am 3. April mit rd. 80 l/s) zum Austritt gelangten. Die ersten schwachen Austritte erfolgten schon nach Auffüllung eines Teiles dieses Volumens.

An den Abmauerungen wurden laufend die Wasserdrücke gemessen. Es ergab sich eine eindeutige Beziehung zwischen den Schüttungen der Siebenquellen und den Wasserdrücken in den abgemauerten Stollenteilen (Fig. 6). Der größte Druck wurde an der Abmauerung (Stollenmeter 629) am 31. Mai 1967 mit 4,2 atü gemessen (Siebenquellenschüttung rd. 2400 l/s, Stollenschüttung 195 l/s). Der Wasserspiegel lag damals im Bereich des gefluteten Stollenteiles (hinter der Abmauerung bei Stollenmeter 629) rd. 20 m höher als die Hauptaustritte der Siebenquellen. Bei einer Horizontalentfernung von rd. 550 m von den Siebenquellen zu den Abmauerungen ergibt dies einen Spiegelanstieg von 4%. Dieser durch die Druckmessungen im Bereich der stark wasserwegsamem Klüfte und Kanäle des Austrittssystems der Siebenquellen (und hierzu muß die im Stollen angefahrne Kluftzone noch gerechnet werden) festgestellte Spiegelanstieg kann natürlich nicht gegen das Zentrum des Massivs extrapoliert werden; die Druckhöhen müssen vielmehr gegen das Innere des Massivs (bis zur Abflachung im Bereich der zentralen Kulmination des Karstwasserkörpers) weitaus stärker ansteigen.

Nach dem Schließen der Schieber am 3. April 1967 traten im Stollen an einigen Stellen außerhalb der Abmauerungen Wasser aus. Die Schüttungen dieser Austritte waren ziemlich konstant und lagen — je nach den Druckhöhen in den abgemauerten Stollenteilen — zwischen 120 l/s (Siebenquellen um 300 l/s, Druckhöhen rd. 3 atü) und 195 l/s

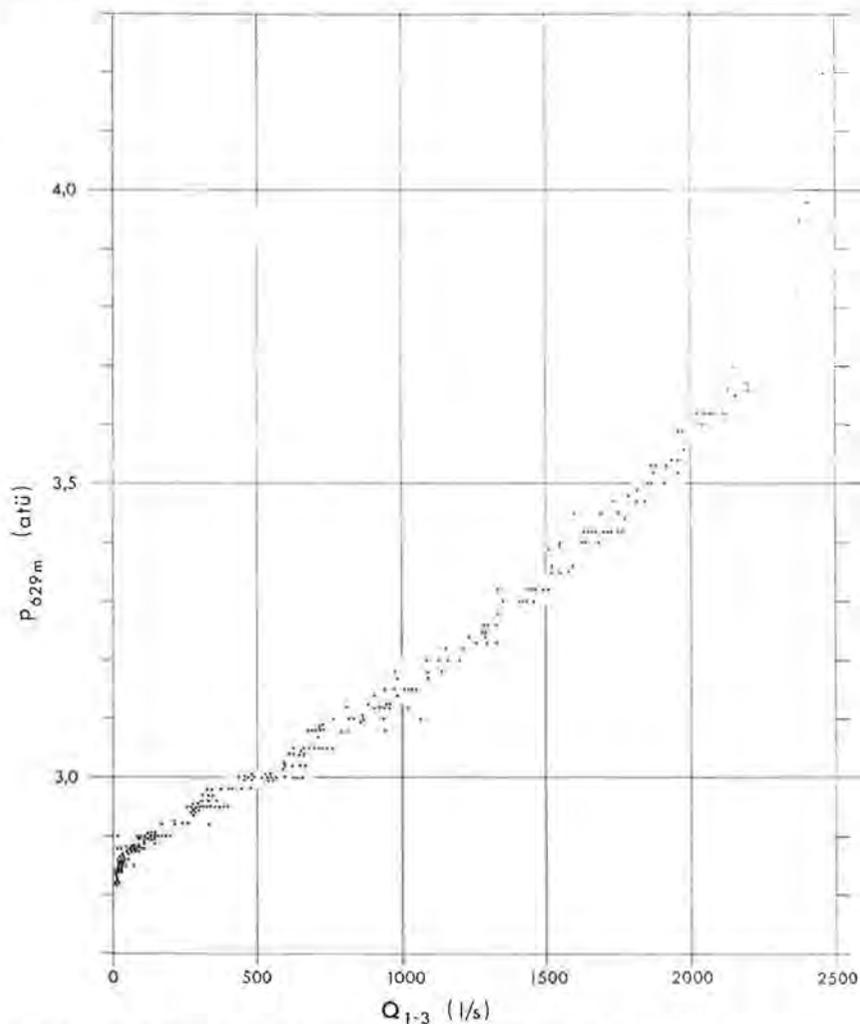


Fig. 6: *Siebenquellenschüttung und Stollenwasserdrücke.*  
 $Q_{1-3}$ : Schüttung der Hauptaustritte (1 bis 3) der Siebenquellen.  
 $p_{629m}$ : Im Umfahrungenstollen an der Abmauerung bei Stollenmeter 129 gemessene Wasserdrücke.  
 Erfasster Zeitraum: 27. April bis 21. September 1967.

(Siebenquellen rd. 2400 l/s, Druckhöhe 4,2 atü). Eine vorübergehende Erhöhung der Stollenschüttung über diese Werte wurde durch einen Sohlenbruch bei Station 522 m des Blindstollens, dessen Sanierung eine vorübergehende Öffnung des Schiebers bei Station 522 m erforderlich machte, verursacht.

Nachdem die Gesamtschüttung des Siebenquellensystems (Siebenquellen und Stollenwässer) bis auf rd. 320 l/s zurückgegangen war, wurde der Schieber an der Abmauerung des Haupt-(Umfahrungs-) Stollens, der seit 3. April geschlossen war, am 25. September 1967 wieder geöffnet. Das in den Stollen austretende Wasser wurde durch eine inzwischen installierte Heberleitung in den Karlgraben abgeführt. Bereits nach einer Stunde fielen die Siebenquellen trocken. Eine exakte wasser-mengenmäßige Auswertung dieser Maßnahmen war wegen der starken Sand- und Schlammlieferung und der dadurch bedingten Beeinträchtigung der Mengenummessungen an den Stollenmeßwehren nicht möglich.

Nach weiterem schwierigem Vortrieb durch die Kluftzone des Siebenquellensystems wurde bei Stollenmeter 847 die Aufwölbung der Werfener Schichten angefahren und damit das im Umfahrungs-(Haupt-)Stollen bei 642 m aufgeschlossene Siebenquellensystem verlassen. Der innerste Austritt von Wässern des Siebenquellensystems lag bei Stollenmeter 842 (Gesamtlänge der durchfahrenen Störungszone 205 m!).

Während des Durchfahrens der gesamten Störungszone wurde in der Regel ein Mitgehen der Wasseraustritte mit dem Vortrieb festgestellt. Die Absenkung des Karstwasserspiegels durch Aufschließung entsprechend wasserwegsamere Klüfte hatte vielfach ein Trockenfallen der vorher angefahrenen Austritte oder zumindest eine Verminderung deren Schüttung zur Folge.

Nach einem weiteren Vortrieb durch eine 733 m lange Strecke von Werfener Schichten mit Anhydrit und Gasaustritten wurde bei Stollenmeter 1580 der Durchschlagpunkt erreicht.

Zwischen den durch das große Siebenquellenmeßwehr erfaßten Hauptaustritten (Siebenquellen 1 bis 3) und den 30 bzw. 50 m unterhalb des Meßwehres austretenden Wässern des Siebenquellensystems (Siebenquellen 4 und 5) ließ sich durch die seit 1964 durchgeführten Messungen schüttungsmäßig eine eindeutige Beziehung nachweisen (siehe Fig. 7).

Diese Beziehung zwischen den Schüttungen der einzelnen Siebenquellenaustritte untereinander, die Beziehung zwischen Gesamtschüttung der Siebenquellen und den an den Abmauerungen gemessenen Drücken sowie die Ergebnisse der Schieberschließungen am 29. März und 3. April 1967 und der Schieberöffnungen am 30. März und 25. September 1967 zeigten klar, daß die Siebenquellen mit allen ihren Nebenaustritten und die in der Störungszone im Stollen angefahrenen Wasser einem System (dem Austrittssystem der Siebenquellen) ange-

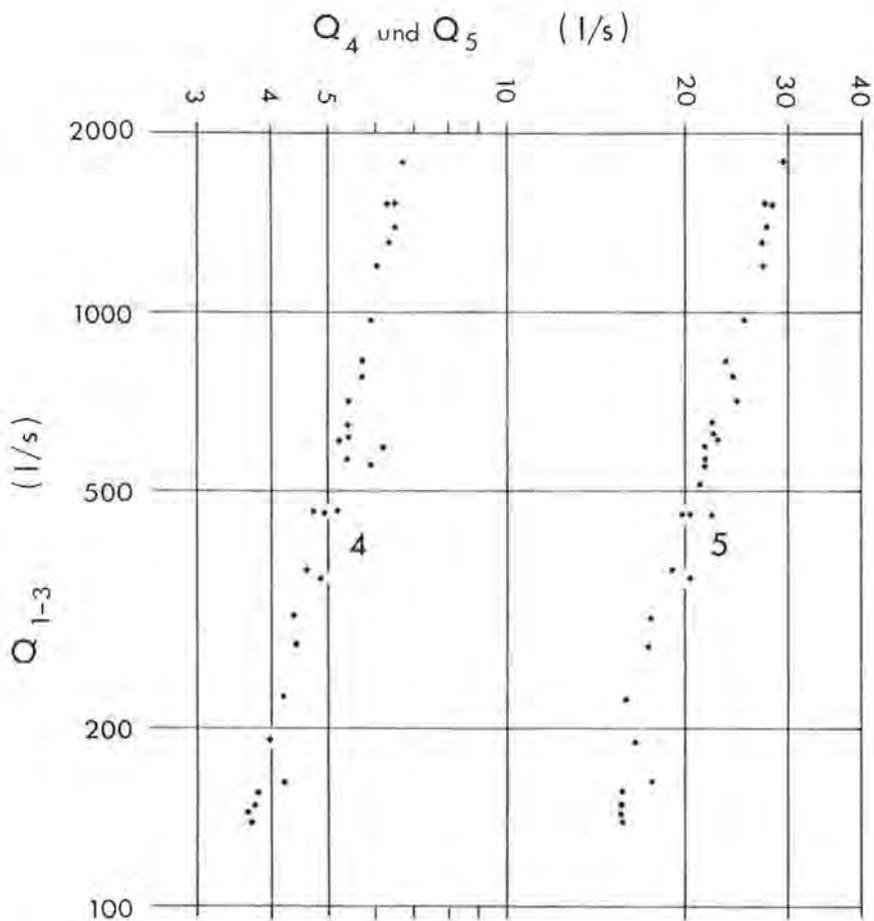


Fig. 7: Schüttungsbeziehungen zwischen den Teilaustritten der Siebenquellen.

$Q_{1-3}$ : Schüttung der Hauptaustritte 1 bis 3 der Siebenquellen, gemessen am großen Meßwehr.

$Q_4$  und  $Q_5$ : Schüttungen der Nebenaustritte 4 und 5, gemessen an den Kleinmeßwehren.

hören. Durch Öffnung der Schieber im Stollen kann Siebenquellenwasser durch den Stollen abgelassen werden (was zu Zeiten geringer Schüttungen ein Trockenfallen der Quelle zur Folge hat); durch Schließen der Schieber werden die zuströmenden Wässer im Berg aufgestaut, bis sie nach Auffüllung der Kanäle des Quellsystems wieder in den Siebenquellen zum Austritt gelangen. Die vom Schließen der Schieber

bis zum Austritt der gesamten Wassermenge an den Siebenquellen verstreichende Zeit ist allein von der jeweils herrschenden Schüttung des Systems und vom Volumen der aufzufüllenden Hohlräume abhängig. Letzteres wurde zwischen 29. März und 3. April 1967 mit rund 12.000 m<sup>3</sup> errechnet. Es ist anzunehmen, daß dieses aufzufüllende Hohlraumvolumen inzwischen durch Ausschwemmung weiterer Hohlräume eine gewisse Vergrößerung erfahren hat; Aufschluß darüber wird der (nach Abschluß der baulichen Maßnahmen) für die erste Hälfte des Jahres 1969 vorgesehene neuerliche Abschluß der Stollenwasseraustritte ergeben. Die durch die Wasseraustritte im Karlgrabenstollen verursachte temporäre Beeinträchtigung der Siebenquellenschüttung ist auf jeden Fall reversibel und technisch ohne weiteres beherrschbar.

## 2. Schnealpenstollen — Nordtrum

Das Nordtrum des Schnealpenstollens durchfährt die zentralen Teile des Massivs und ist mit einer Gesamtvortriebsstrecke von 8101 m der längste in Europa von einer Seite aus vorgetriebene Wasserleitungsstollen. Nach der Art ihrer Reaktion auf die Frühjahrsschneesmelze kann nach den bisherigen Messungen auf eine zonale Gliederung der im Stollen austretenden Wässer geschlossen werden. Wenn auch die in der Folge beschriebenen Zonen a bis f z. T. gewisse Übergänge zeigen (z. B. die Zonen a und b), scheint ihre Unterscheidung auf Grund der Hauptmerkmale der austretenden Wässer doch gerechtfertigt. Im allgemeinen zeigten die einzelnen Wasseraustritte beim Anfahren Spitzenschüttungen (um 200 l/s bei Stollenmeter 182 und 3987; um 50 bis 100 l/s bei Stollenmeter 4005, 4012, 4502, 5562, 6445, 6851 und 6927), die in der Regel innerhalb weniger Tage stark abfielen und nach ein- bis zweijähriger Austrittszeit auf weniger als 5 bis 10% ihrer Anfangswerte zurückgegangen waren.

Zahlreiche Wasseraustritte, vor allem solche mit geringer Schüttung, fielen im Zuge des weiteren Vortriebes beim Anfahren neuer Austritte trocken. Die Hauptaustritte sowie die meisten im innersten Stollenabschnitt angefahrenen Austritte blieben, wenn auch meist unter kontinuierlicher Schüttungsverminderung, aktiv. (Ausnahme: Wasseraustritt bei Stollenmeter 182 bis 192; siehe unten.)

Exakte Schüttungsmessungen waren an den wenigsten Austritten möglich, da stets getrachtet wurde, die Wässer mit Schläuchen oder durch Einbau von Stahlblechen direkt dem Wassergraben zuzuleiten. Außerdem haben die meisten Austrittsstellen durch bauliche Maßnahmen eine mehrmalige Veränderung erfahren, wodurch die Erhebung vergleichbarer Werte über einen längeren Zeitraum vielfach unmöglich wurde. Es liegen daher zum größten Teil (und vor allem von den großen Austritten) nur Schätzwerte vor, durch die aber bedeutende Änderungen sicher erfaßt werden konnten. Die Gesamtschüttung des Stollens wurde durch Meßwehre im Reistal erfaßt.

Bei der Beurteilung der Beobachtungsergebnisse aus dem Nordtrum des Schneealpenstollens ist zu beachten, daß der letzte Wasseraustritt erst rund 2 Jahre nach dem Anfahren des ersten erschlossen wurde. Es liegen daher von den einzelnen Austrittsstellen unterschiedlich lange Beobachtungsreihen vor. In vielen Fällen fehlen Vergleichsmöglichkeiten: So konnten z. B. die Auswirkungen der Katastrophenniederschläge vom Juli und August 1966 nur an den damals bereits erschlossenen Wasseraustritten bis Stollenmeter 1400 erfaßt werden. Die Störung des Wasserhaushaltes des Massivs durch den dauernden Wasserentzug über den Stollen mag die in der Innenzone angefahrenen Wasseraustritte in ihrer anfänglichen Wasserführung bereits beeinträchtigt haben.

#### **a) Stollenmeter 0 bis 1000**

Nach einer trockenen Vortriebsstrecke wurde am 11. Febr. 1966 bei Stollenmeter 170 erstmals ein Wasseraustritt von max. 25 l/s angefahren. Bei Station 182 erfolgte am 16. Febr. 1966 ein Wassereinbruch von anfangs 200 bis 250 l/s, dessen Schüttung bis zum 21. Februar auf rd. 80 l/s zurückging (Schätzungswerte, da die Meßstellen noch nicht in Betrieb waren). Nach dichter Auskleidung der Stollenstrecke von Meter 171 bis 200 und Einbau eines Schiebers bei Stollenmeter 192 (ca. 1 m über der Sohle) wurde der Vortrieb weitergeführt. Bis über Stollenmeter 900 wurden laufend kleine Wasseraustritte angefahren (Hauptaustritte im Bereich Stollenmeter 200 bis 600). Die anfangs oft an der Firne oder an den Ulmen liegenden Austrittsstellen sanken im Zuge des weiteren Vortriebes bis auf die Sohle ab. Vielfach fielen Austritte bei Anfahren neuer Wasseraustritte im Zuge des Vortriebes trocken („Mitgehen des Wassers mit der Brust“). Schließlich stellte sich in dieser Zone eine nahezu vollständige Einspiegelung der angefahrenen Wasseraustritte auf die Stollensohle bzw. auf das Niveau des Wassergrabens ein. Die Wasseraustritte zwischen Station 200 und 600 erfolgten zum größten Teil diffus aus den Klüften und Feinklüften des Gebirges. Die Aufschließung dieser Wasseraustritte hatte ein starkes Absinken der Schüttung des Austrittes bei Stollenmeter 192 zur Folge, der im April 1966 überhaupt trocken fiel.

In einer stark zerrütteten Zone zwischen Stollenmeter 977 und 1000 wurden zwei Kamine mit starker Wetterführung angefahren, die im Sommer vom Berg in den Stollen und im Winter vom Stollen in den Berg gerichtet war. Es handelt sich hier somit um ausgesprochen dynamisch bewetterte Karstschlote, deren Obertag-Ausbisse jedenfalls hoch über dem Stollenniveau liegen müssen. Die Wetterführung war so stark, daß sie während des weiteren Vortriebes kurzfristig sogar als natürliche Stollenbewetterung verwendet werden konnte.

Die Einspiegelung der Wasseraustritte auf das Wassergrabenniveau, die zum größten Teil eine kontinuierliche Messung der überwiegend

diffus aus dem Kluftnetz austretenden Wasser unmöglich machte, sowie das Vorliegen trockener, wetterführender Hohlräume zwischen Stollenmeter 977 und 1000 zeigt an, daß in diesem Abschnitt des Stollens eine totale Absenkung des Karstwasserspiegels auf das Stollenniveau eingetreten ist. Nur bei starken Niederschlägen oder während der Schneeschmelze war ein bedeutendes Ansteigen der Schüttung dieser Wasseraustritte zu beobachten. So wurde am 25. Juli 1966, nachdem die Gesamtschüttung des zu diesem Zeitpunkt bis Stollenmeter 1170 vortriebenen Stollens bis auf 168 l/s gesunken war, nach Niederschlägen von 175 mm (Station Naßwald vom 23. bis 25. Juli) eine Gesamtschüttung des Stollens von maximal rd. 600 l/s erreicht! Am 19. August stieg die Stollenschüttung nach 86 mm Niederschlag kurzfristig auf 420 l/s (Brust bei Stollenmeter 1475). Diese großen Wassermengen traten fast zur Gänze aus der Zone zwischen Stollenmeter 200 und 600 aus; die Wasseraustritte stiegen dort z. T. bis auf einige dm über das Wassergrabenniveau an, um mit dem Schüttungsrückgang wieder auf das Wassergrabenniveau abzusinken.

Die zu diesen Zeiten erhöhter Schüttung an dieser Zone durchgeführten Messungen zeigten, daß die dort austretenden Wässer z. T. bedeutende Unterschiede im Chemismus haben, daß sie aber auf Grund des gleichartigen Schüttungsganges zu einem gemeinsamen hydraulischen System gehören.

## **b) Stollenmeter 1000 bis 2700**

In diesem Bereich liegen nur wenige bedeutende Wasseraustritte vor. Zahlreiche geringfügige Wassereintritte während des Vortriebes (Größenordnung von 1 l/s) fielen im Zuge des weiteren Vortriebes (meist nach wenigen Tagen) wieder trocken. Der bedeutendste Wasseraustritt dieser Zone liegt bei Stollenmeter 2509. Er zeigt bei einer ziemlich konstanten Schüttung (um 3 l/s) im Chemismus eine starke Reaktion auf die Schneeschmelze, während die Temperatur nur zögernd und geringfügig anspricht (siehe Tafel III). Eine ähnliche Reaktion zeigen auch die Wasseraustritte bei Stollenmeter 2640 und 2690 mit zusammen ca. 0,5 bis 1,0 l/s. Zahlreiche Wasserzutritte an Ulmen und Firste, sowie Bereiche mit Firstenregen und Deckentropf weisen darauf hin, daß diese Zone zur Gänze unter dem Karstwasserspiegel liegt.

Die Reaktionen dieser Wasseraustritte auf die Schneeschmelze zeigen, daß sie zwar noch (qualitativ) von den Schneeschmelzwässern beeinflußt werden (somit also dem Karstwasserspiegel noch relativ nahe sein müssen), daß sie aber bereits so tief unter dem Karstwasserspiegel liegen, daß sich Änderungen seiner Höhe in der Schüttung der Austritte nicht mehr stark auswirken können. (Bei Stollenmeter 1070 und 1260 war nach den Augustniederschlägen 1966 noch ein Schüttungsanstieg wahrnehmbar.)

### c) Stollenmeter 2700 bis 6445

Die karsthydrologische Innenzone des Reistalstollens unterscheidet sich von den beiden Außenzonen grundlegend. Hier treten die größten Einzelaustritte mit ständigen Schüttungen bis zu 20 l/s auf, die bei einer weitgehenden Schüttungskonstanz (eine exakte Messung der Gesamtschüttungen ist meist nicht möglich!) bisher keine akzentuierte Reaktion von Chemismus und Temperatur auf Schneeschmelze oder Starkregen erkennen ließen (siehe Tafel III). Der größte Teil der Austritte hat in der bisherigen Beobachtungszeit keinerlei eindeutige Reaktionen gezeigt. In einigen Fällen (Wasseraustritte bei Stollenmeter 4117, 4207, 4308, 4471 und 4532) zeichnet sich eine geringe Schwankung im Chemismus ab, die allenfalls noch jahreszeitlich (durch die Schneeschmelze) bedingt sein kann.

Es muß natürlich berücksichtigt werden, daß durch die Aufschließung dieser im Kern des Karstmassivs liegenden Gefäße die gesamte natürliche Dynamik der Karstwasserwege gestört wurde. Die Wasseraustritte stellen sozusagen Grundablässe des Karstwasserkörpers im Bereiche seiner Kulmination dar! Es muß daher angenommen werden, daß nach anfänglichem Austritt der ältesten, aus den tiefsten Teilen des Karstwasserkörpers stammenden Wässer ein steigender Zufluß von Wässern aus dessen höheren Stockwerken erfolgt, was ebenfalls eine Änderung des Chemismus zur Folge haben kann.

Der in jeder Hinsicht bedeutendste Wasseraustritt der Innenzone wurde bei Stollenmeter 4497 bis 4502 am 20. April 1967 angefahren. Der Wassereinbruch (anfangs bis zu 90 l/s) brachte in den ersten Tagen rd. 2000 m<sup>3</sup> lehmigen Sand, der zum größten Teil bis zu Stollenmeter 3000 abgelagert wurde. Nach Räumung der Ablagerungen und Freilegung der Brust zeigte sich dort ein Hohlraum von rd. 500 m<sup>3</sup> sichtbarem Volumen, der durch den Stollen direkt angefahren worden war. Der Hohlraum selbst war nicht begehbar: Aus seinem Scheitel stürzte ein Wasserfall, begleitet von dauerndem Nachbruch von Felsmaterial (siehe Fig. 8).

Das Vorliegen des Hohlraumes an der Basis des Karstmassivs in dessen tiefstem Kern über der Sohle des Karstwasserkörpers und seine Erfüllung mit Sand läßt auf eine — zumindest zeitweise — tiefgreifende Karstwasserbewegung schließen, die möglicherweise erst mit der Einschwemmung des Sandes in diesen Teil des Hohlraumsystems ihr Ende gefunden hat. Sanderfüllte Hohlräume wurden auch in anderen Bereichen des Stollens, so z. B. bei Stollenmeter 225, 948 bis 950, 977 und 6445, angetroffen. Die Durchfahrung des Hohlraumes (von einer Umfahrung wurde Abstand genommen) gestaltete sich technisch äußerst schwierig (P. STEINWENDER u. J. DONNER, 1968). Die Gesamtschüttung der von Stollenmeter 4495 bis 4537 reichenden Austrittszone sank bis zum Dezember 1967 auf ca. 30 bis 40 l/s.

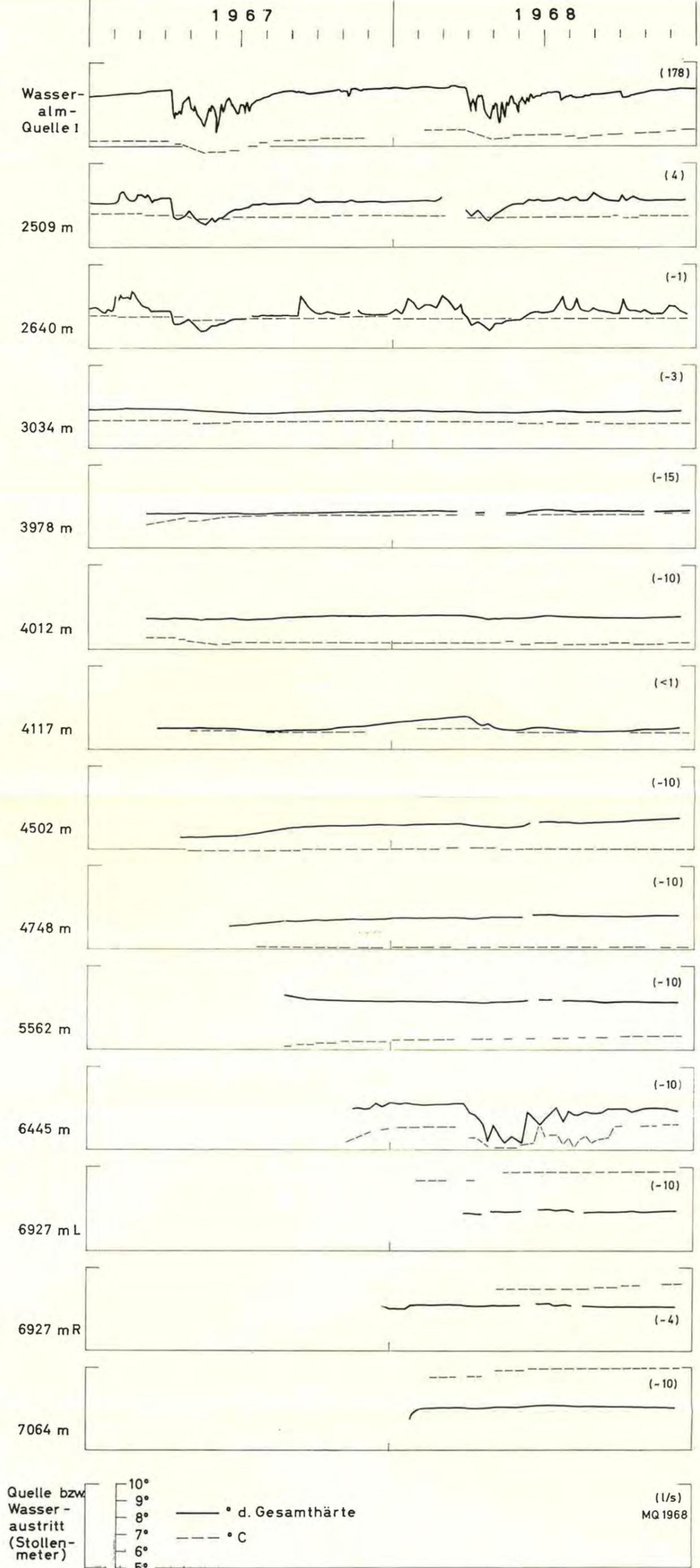


Fig. 8: *Schlammereinbruch bei Stollenmeter 4497 des Nordtrums (19. bis 21. April 1967). Foto: Wiener Wasserwerke, 1967.*

Die bisher nur an wenigen Wasseraustritten dieser Zone nachweisbaren Änderungen des Chemismus, die (mit Vorbehalt!) allenfalls als Reaktion auf die Schneeschmelze gedeutet werden können, lassen deutlich erkennen, daß hier der Kern des Karstwasserkörpers unter seiner Kulmination durchfahren wurde. Der Karstwasserspiegel erreicht hier die größte Höhe über der Stollentrasse.

#### **d) Stollenmeter 6445**

Der Austritt bei Stollenmeter 6445 (Anfangsschüttung 30 bis 50 l/s mit bedeutender Sandlieferung, dann abfallend bis auf 3 l/s) zeigte im April 1968 in Chemismus und Temperatur eine ausgeprägte Reaktion auf die Schneeschmelze (siehe Tafel III), wobei auch die Schüttung



Tafel III: Ganglinien von Wassertemperatur und Gesamthärte der Wasseralmquelle I und einiger Wasseraustritte im Schneesalpenstollen — Nordtrum.  
 Für jeden Austritt sind rechts die Durchschnittsschüttungen 1968 in l/s angegeben. Der Vergleich der Ganglinien der Wasseralmquelle mit den Ganglinien zeigt deutlich die unterschiedlich starke Beeinflussung der Stollenwasseraustritte durch die Frühjahrs-

vorübergehend wieder auf 10 bis 20 l/s anstieg. Dieser Austritt muß also über stark wasserwegsame Kanäle direkt aus den obersten Zonen des Karstwasserkörpers alimentiert werden.

#### **e) Stollenmeter 6445 bis 7756**

In dieser Zone, die bis zum Beginn der Aufwölbung der Werfener Schichten bei Stollenmeter 7756 reicht, treten nur Wässer mit konstantem Chemismus und konstanter Temperatur aus. Hier sind besonders die Austritte bei Stollenmeter 6927 (links) und 7064 zu erwähnen: Beide liefern nach einjähriger Schüttung noch immer 10 bzw. 5 bis 10 l/s bei konstanten Wassertemperaturen von 9,7 bzw. 9,9° C. Es sind dies die wärmsten im Stollen austretenden Wässer, sie können keine direkte Verbindung zu den obersten Bereichen des Karstwasserkörpers haben.

#### **f) Stollenmeter 7756 bis 8101**

In dieser Zone wurde der Nordteil der Aufwölbung der Werfener Schichten durchfahren. Einzelne kleine Wasseraustritte (z. T. nur Tropfwasser, z. T. mit Sulfatgehalt) sind für die Beurteilung des Karstwasserpunkts ohne Belang. Bei Stollenmeter 8101 wurde der Durchschlagspunkt erreicht.

Für das Stollen-Nordtrum kann also festgestellt werden: Die Zone a (0 bis 1000 m) liegt im Bereich des (abgesenkten) Karstwasserspiegels. Während der Schneeschmelze und nach starken Niederschlägen steigen hier die Schüttungen stark an (bei gleichzeitiger Änderung von Härte und Temperatur). Die Zone b (1000 bis 2700 m) liegt bereits unter dem (gegen innen ansteigenden) Karstwasserspiegel. Eine starke und rasche Beeinflussung des Wasserchemismus durch Schneeschmelze oder Niederschläge ist hier zwar noch möglich, Schüttung und Temperatur sind aber ab Stollenmeter 1500 weitgehend konstant. Die zentralen Zonen c und e (2700 bis 6445 m und 6445 bis 7756 m) erfassen den tiefsten Kern des Karstwasserkörpers. Nur an einigen Austritten lassen schwache jahreszeitliche Schwankungen nur des Chemismus auf eine Beeinflussung aus dem Bereich des hier hochliegenden Karstwasserspiegels schließen. Der Wasseraustritt d (6445 m) mit seinem starken Ansprechen von Schüttung, Temperatur und Chemismus auf die Schneeschmelze muß als Sonderfall (direkte Verbindung in die obersten Zonen des Karstwasserkörpers) angesehen werden. (In Tafel I sind die Durchschnittswerte 1967/1968 der Hauptdaten der wesentlichsten Wasseraustritte dargestellt.)

Aus diesen Ergebnissen war zu schließen, daß die im Bereich Stollenmeter 2700 bis 7756 angefahrenen Wässer (mit Ausnahme des Wasseraustrittes d bei Stollenmeter 6445) dem tiefsten Kern des Karstwasserkörpers angehören und daher ein (zumindest z. T.) relativ hohes Alter haben müßten. Diese Annahme wurde durch eine Detail-

beobachtung bestätigt: In der Austrittszone Stollenmeter 3034 bis 3040 (mit rd. 3 l/s) wurde anlässlich der Vorbereitung des Markierungsversuches 1968 in den Wässern ein Uraningehalt von rd. 0,06 mg/m<sup>3</sup> festgestellt, der in der bisherigen Beobachtungszeit (Mai 1968 bis Februar 1969) konstant blieb. In dieser Zone treten somit pro Monat 0,5 Gramm Uranin aus. Dieses Uranin entstammt einem im Jahre 1963 von der Hygienisch-bakteriologischen Untersuchungsanstalt der Stadt Wien durchgeführten Färbeversuch! Am 18. Juni 1963 waren am Ameisbühel 15 kg Uranin eingespeist worden; die ersten Farbstoffspuren traten in der Wasseralmquelle (als einziger nachweisbarer Austrittsstelle) bereits 13<sup>3</sup>/<sub>4</sub> Stunden nach der Einspeisung auf (siehe Tafel II). Insgesamt konnte dort nur der Wiederaustritt von 4,14 kg Uranin nachgewiesen werden. Die Fehlmenge von über 10 kg Uranin mußte im Berg zurückgehalten worden sein (mündl. Mitteilung von Herrn Univ.-Prof. Dr. F. DOSCH). Als im August 1965 alle Quellen des östlichen Schneeanpenmassivs mittels Aktivkohle (F. BAUER, 1967) auf allfällige Uraninaustritte geprüft wurden (Blindproben für einen für 1966 geplanten Färbeversuch), konnte in der Wasseralmquelle noch ein schwacher Uraninaustritt qualitativ festgestellt werden (Konzentration kleiner als 0,01 mg Uranin/m<sup>3</sup>). Dies bestätigt die Zurückhaltung großer Farbstoffmengen im tieferen Bereich des Karstwasserkörpers der Schneeanpen, von wo aus sie (in immer größerer, bis unter die Nachweisgrenze absinkender Verdünnung) der Wasseralmquelle zugeführt wurden. Die Uraninführung der Wässer der Austrittszone Stollenmeter 3034 bis 3040 zeigt an, daß an diesen Austritten Wässer beteiligt sind, die vor 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahren am Ameisbühel zur Versickerung gelangten! Damit ist natürlich nicht gesagt, daß alle dort austretenden Wässer das gleiche Alter haben müssen. Es wird vielmehr eine Mischung von 5<sup>1</sup>/<sub>2</sub>-jährigen Wässern mit jüngeren oder/und älteren Wässern vorliegen. Möglicherweise werden die über Initiative von Dr. T. GATTINGER (Geol. Bundesanstalt) eingeleiteten Isotopenbestimmungen darüber Auskunft geben. Das relativ hohe Alter von Wässern in der Randzone des Kernes des Karstwasserkörpers ist durch den Uraninnachweis bei Stollenmeter 3034 bis 3040 jedenfalls bewiesen. Der Schluß, daß im zentralen Bereich des Kernes Wässer von noch höherem Alter austreten können, liegt daher nahe.

Der Vergleich der Durchschnittswerte von Chemismus und Temperatur im Nordtrum des Schneeanpenstollens (siehe Tafel I) zeigt, daß die tiefsten Temperaturen und die niedrigsten Härtewerte im zentralen Bereich des Stollens auftreten (5<sup>0</sup> C, 6<sup>0</sup> Gesamthärte). Dies weist am ehesten auf einen überwiegenden Einfluß von Schneeschmelzwasser bzw. von Niederschlagswasser aus den (über diesen Stollenabschnitt liegenden) zentralen Plateauteilen hin. In den gegen Norden und Süden anschließenden Zonen treten Wässer mit höheren Temperaturen und Härtewerten auf (Zufluß aus tieferen, bewaldeten Flächen?).

Zu beachten ist ferner, daß im Bereich der Hauptaustrittszonen des Kernes (wie Stollenmeter 3978 bis 4037 und 4500 bis 4532) über kurze Stollenstrecken (30 bis 50 m) bedeutende Unterschiede in Wassertemperatur und Chemismus festzustellen sind. Dies zeigt, daß selbst benachbarte Einzelaustritte dieser (als zentraler Grundablaß des Karstwasserkörpers fungierenden) Zone aus unterschiedlichen Bereichen des Karstwasserkörpers alimentiert werden können!

Der Stollen mit seinen zahlreichen Wasseraustritten ist als Sohlen-drainage des Schneeealpenmassivs zu betrachten, die im Zuge des Vortriebes und der damit verbundenen Aufschließung neuer Wasseraustritte zu einer von außen nach innen fortschreitenden Absenkung des Karstwasserspiegels führte. Die Absenkung war am auffälligsten in der Außenzone, wo eine Einspiegelung auf die Stollensohle erfolgte. In den inneren Stollenbereichen kann allenfalls das an einzelnen Austritten zu beobachtende kontinuierliche Absinken der Schüttungen zum Teil auf eine Absenkung des Karstwasserspiegels zurückgeführt werden.

Der durch den Stollen erfolgende ständige Abfluß aus dem Karstwasserkörper mußte natürlich eine Umgestaltung der Karstwasserbewegung zur Folge haben. Alle nach dem ersten großen Wassereintrich bei Stollenmeter 182 angetroffenen Verhältnisse müssen als bereits gestört betrachtet werden! Die laufende Veränderung der hydrologischen Verhältnisse im Karstwasserkörper wird am Wasseraustritt bei Stollenmeter 4502 deutlich: Vom 20. April 1967 (erster Austritt mit rund 90 l/s) bis Ende 1968 (5 bis 10 l/s) sind die Gesamthärtewerte fast kontinuierlich von 5,7° bis auf 6,9° angestiegen. Die gleiche Erscheinung konnte nur noch am benachbarten Austritt Stollenmeter 4472 beobachtet werden.

Im Zuge des Vortriebes hat sich der Schwerpunkt des Wasserentzuges unter Zunahme des Gesamtabflusses immer weiter stolleneinwärts verlegt. Dies wird durch den Vergleich der winterlichen Minimalwerte der Gesamtschüttungen deutlich:

1. Februar 1967: Stollenschüttung = 57 l/s; Stollenbrust bei 3548 m;
1. Februar 1968: Stollenschüttung = 347 l/s; Stollenbrust bei 7179 m.

Der Kernbereich zwischen Stollenmeter 3500 und 7200 lieferte also im Februar 1968 allein rund 300 l/s! Die äußeren Austritte waren unter 50 l/s zurückgegangen. Im Jahre 1968 betrug der Jahresdurchschnitt der Stollenschüttung 400 l/s; hiervon sind 300 bis 350 l/s dem innersten Stollenteil zuzuschreiben.

Im Jahre 1968 wurde im Schneeealpenmassiv ein weiterer Markierungsversuch durchgeführt, dessen Ziel es war, allfällige direkte Verbindungen zwischen einer Hauptversickerungsstelle am Plateau und den einzelnen Stollenwasseraustritten festzustellen. Am 17. Mai 1968 wurden in eine östliche des Windberges gelegene Schwinde mit Schmelzwasserzufluß 10 kg Uranin eingespeist. Diese Schwinde war

bereits in den Jahren 1962 und 1963 mit Sporen beschickt worden, deren Hauptaustritt in den Siebenquellen festgestellt werden konnte; geringe Sporenmengen waren in der Kalten Quelle am Ausgang der Dirtler Schlucht nachweisbar (siehe Tafel II). Von dieser Schwinde aus war also am ehesten ein Zufluß auch zu den zentralen Stollenteilen zu erwarten. Die übrigen in den Jahren 1962 und 1963 im Bereich der jetzigen Stollentrasse beschickten Schwinden zeigten damals einen eindeutigen Abfluß entweder zu den Siebenquellen oder zur Wasseralmquelle. Der Zeitpunkt des Versuches war insoferne günstig, als im Frühjahr 1968 bereits sämtliche Wasseraustritte im Stollen aufgeschlossen waren. Ein Schlechtwettereinbruch während der Einspeisung mit Schneestürmen am Plateau hatte für mehrere Tage einen starken Rückgang des Schmelzwasserzuflusses zur Schwinde zur Folge, was in diesem Falle eher als Vorteil zu werten war. Es war damit die Gewähr gegeben, daß der Farbstoff nicht etwa über die oberste Zone des Karstwasserkörpers rasch und zum größten Teil den Quellen zugeführt wird, sondern zumindest zum Teil in tiefere Zonen des Karstwasserkörpers eindringen und damit (nach entsprechend langer Laufzeit) im Stollen zum Austritt gelangen konnte. Trotzdem konnte das Uranin bisher nur an den Siebenquellen nachgewiesen werden (erster Austritt 2 Tage nach der Einspeisung, Maximum des Farbstoffaustrittes mit rund 7 mg Uranin/m<sup>3</sup> nach weiteren 8 Tagen!). Bis Ende 1968 ist erst 1/4 der eingespeisten Uraninmenge zum Austritt gelangt. Im Dezember 1968 war die Uraninkonzentration in den Siebenquellen bereits unter 0,05 mg/m<sup>3</sup> gesunken, der weiter andauernde Farbstoffaustritt konnte nur mehr mittels der Aktivkohlemethode nachgewiesen werden. Mehr als 7 kg Uranin wurden also im Berg zurückgehalten. Im Stollen konnte bis Februar 1969 noch kein Uraninaustritt festgestellt werden. Es werden hier also ähnliche Verhältnisse wie nach dem Färbeversuch der Hygienisch-bakteriologischen Untersuchungsanstalt im Jahre 1963 eingetreten sein: Im Karstwasserkörper schwimmt eine beachtliche Farbstoffwolke, aus deren oberen Bereichen geringste Farbstoffmengen den Quellen (hier: den Siebenquellen) zugeführt werden. Durch die Schneeschmelze 1969 wurde dieser im Berg lagernde Farbstoff neuerdings mobilisiert. Vom 27. April bis Ende Juni 1969 konnte in den Siebenquellen der Austritt von rund 770 g Uranin nachgewiesen werden. Ob, wann und wo Uranin der Einspeisung 1968 im Stollen zum Austritt gelangen wird, kann nicht abgeschätzt werden. In der zweiten Hälfte des Jahres 1969 wird der Stollen voraussichtlich nicht mehr zugänglich sein: Wenn bis dahin im Stollen kein Uranin zum Austritt gelangt ist, wird diese Frage offen bleiben.

Der dauernde Wasserentzug aus dem Kern des Karstwasserkörpers durch das Nordtrum des Schneecalpenstollens ließ eine Beeinträchtigung von aus ihm alimentierten Quellen erwarten. Bisher konnte ein Schützungsrückgang nur an der Wasseralmquelle in Hinternaßwald (die, wie

die Stollenwässer des Nordtrums, dem Naßbach zufließt) beobachtet werden. Der Schüttungsrückgang erfolgte nur langsam und war im Winter 1967/68 erstmals zu erkennen. Die Wasseralmquelle wird wieder ihre normale Schüttung erreichen, wenn der Karstwasserspiegel auf seine ursprüngliche Höhe angehoben worden ist. Dies wird durch einen Wiederaufstau der Bergwässer, mit dem nach Abschluß der baulichen Maßnahmen begonnen werden soll, erzielt werden.

## Schlußbemerkung

Die karsthydrologischen Untersuchungen im Schneealpenmassiv sind noch nicht abgeschlossen. Die hier dargelegten bisherigen Teilergebnisse sind daher als vorläufig zu betrachten und werden durch weitere Untersuchungen wesentliche Ergänzungen erfahren. Endgültige Aussagen, vor allem über den Wasserhaushalt des Schneealpenmassivs, werden erst nach Abschluß der Arbeiten und zusammenfassender Verarbeitung aller bis dahin erhobenen Daten möglich sein.

## Literatur

- BAUER, F.: Erfahrungen beim Uraninnachweis mit Aktivkohle. Steir. Beitr. z Hydrogeologie, 19, 1966/67, Graz 1967.
- DRENNIG, A. & J. DONNER: Fassung und Einleitung der „Siebenquellen im Karlgraben“ in die I. Wiener Hochquellenwasserleitung. Gas — Wasser — Wärme, 1966, 4/5, Wien 1966.
- DRENNIG, A. & J. DONNER: Fassung und Einleitung der „Siebenquellen im Karlgraben“ in die I. Wiener Hochquellenwasserleitung; Bericht über das Geschehen im ersten Baujahr. Gas — Wasser — Wärme, 1967, 1, Wien 1967.
- STEINWENDER, P. & J. DONNER: Fassung und Einleitung der „Siebenquellen im Karlgraben“ in die I. Wiener Hochquellenwasserleitung; Bericht über das Geschehen im zweiten Baujahr. Gas — Wasser — Wärme, 1968, 5/6, Wien 1968.

## Summary

The tunneling trough the karst massif of the Schneealpe offered the unique opportunity of determining, along a stretch of 9681 m, hydrological conditions prevailing at the base of that limestone mass, which is up to 1000 m thick. The yield, temperature, and chemism of the waters issuing in the tunnel as well as their different reactions to the spring thaw indicated a zonal division of the karst water body, which in its central part is doubtlessly very high. In the interior zone of the tunnel the presence of dyed water, which infiltrated on the plateau 5 years ago, was established. In the southern part of the tunnel the supplying channels of the Siebenquellen-system were struck, which caused the springs to dry up. The tunneling was, in places, greatly complicated by water issuing in great quantities. The runoff —

maxima were 1300 l/s in the southern and up to over 600 l/s in the northern part of the tunnel. The hydrological investigations in the Schneealpentunnel are being carried on. The results stated here are based on the data established up to the end of the year 1968.

Anschrift des Verfassers:

Dr. F. BAUER, Direktor des Speläologischen Institutes,  
Hofburg, Bettlerstiege, A-1010 Wien