

Der Andritzursprung

Meßergebnisse zur Charakteristik einer großen Karstquelle
am Stadtrand von Graz

Von V. MAURIN (Karlsruhe) & J. ZÖTL (Graz)

Vorbemerkung

Meßdaten sind eine wesentliche Grundlage der naturwissenschaftlichen Forschung. Dies gilt insbesondere für die Fachgebiete Hydrologie und Hydrogeologie, in denen langfristige Messungen der Schüttung, Wassertemperatur und der chemischen Zusammensetzung von Gewässern von besonderer Bedeutung sind. Die Veröffentlichung von Daten solcher langzeitlicher Beobachtungen dient vielfach nicht nur der Beschreibung eines Objektes an sich, sondern kann grundsätzliche Aussagen einschließen. Dies ist zum Beispiel für dergestaltete Messungen an Karstquellen der Fall, wo diese Daten der Charakteristik eines Typus der Karstentwässerung dienen können.

Die Tatsache der Bedeutung, die exakten Meßwerten und ihrer Verfügbarkeit zukommt, bewog uns zur Zusammenfassung und Veröffentlichung älterer und eigener Beobachtungen an der großen Karstquelle des Andritzursprunges bei Graz, um so mehr, als langfristige Messungen noch immer relativ selten sind.

Im folgenden werden nach einer kurzen Zusammenfassung von Berichten aus der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg Meßreihen aus den Jahren von 1938 bis 1942, 1946 bis 1952 und 1961 bis 1962 besprochen. Der besondere Wert dieser Aufzeichnungen liegt darin, daß es sich um über längere Perioden laufende tägliche oder an jedem zweiten Tag durchgeführte Messungen handelt, deren Ergebnisse durchaus auch Rückschlüsse genereller Natur gestatten.

1. Lage und Geologie

Der Andritzursprung, die bedeutendste Quelle des Grazer Berglandes, verdankt, wie praktisch alle größeren Karstquellen, ihre Existenz und Situierung dem geologischen Aufbau und der morphologischen Entwicklung ihres Einzugsgebietes. Als solches kommt der wesentlichste Teil des 1445 m hohen Schöckelmassives in Frage

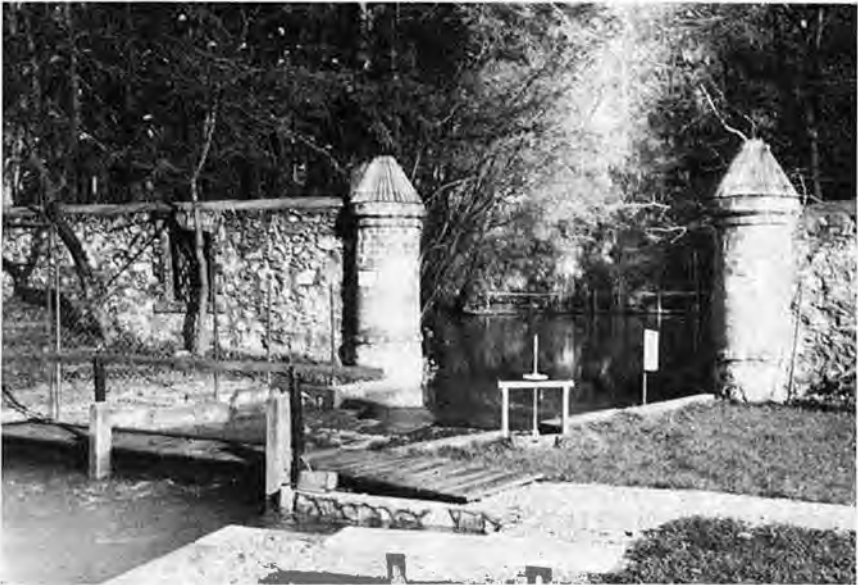


Fig. 1: Der Ablauf des Andritzsprunges bei Hochwasser. Der Hauptauftrieb befindet sich im Hintergrund des Quelltümpels am Fuße der auf dem Foto gut sichtbaren Steilstufe aus Schöckelkalk.



Fig. 2: Blick über den in 401 m Sh. einspiegelnden Quelltümpel des Andritzsprunges.

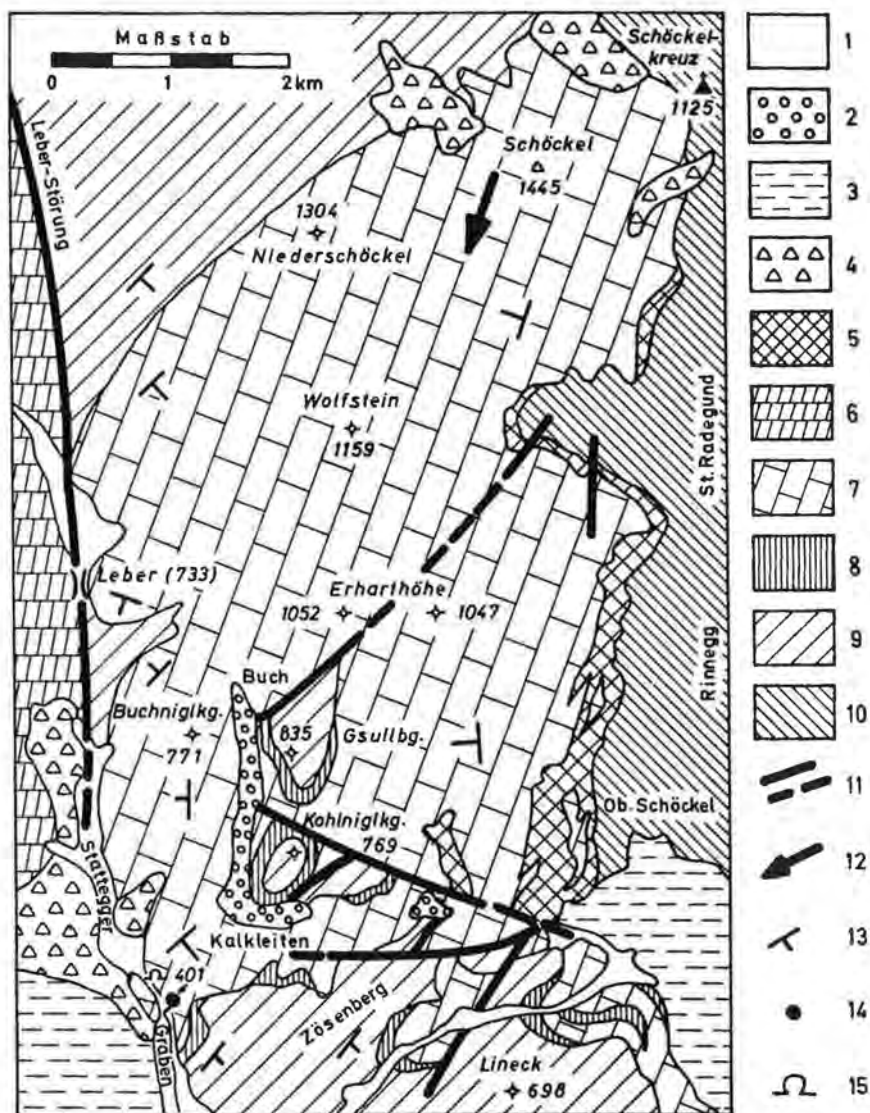


Fig. 3: Geologische Übersichtskarte des Schöckelmassivs (nach E. CLAR, 1935, und H. FLÜGEL, 1960).

1 — quartäre Talfüllungen und junger Hangschutt, 2 — dazische Ver-
 ebungsfläche mit Schottern und Roterden von Kalkleiten in etwa 700 m Sh.,
 3 — neogene Lehme, Sande und Schotter (Sarmat bis Pannon), 4 — Rotschutt
 und „Eggenberger Brekzie“ (Helvet/Torton), 5 — „Grenzzone des Schöckels“
 (Trias?), 6 — Dolomite der Rannach, 7 — Schöckelkalk (wie 7 u. 8), 8 —
 Kalkschiefer, z. T. Tonschiefer („Übergangsschichten“, Mitteldevon), 9 —
 Phyllite, Grünschiefer, Tonschiefer am Schöckelnordrand bzw. auf der Leber,
 auf dem Zösenberg usw. (Mitteldevon?), 10 — Altcrystallin von Radegund,
 11 — Störungen, 12 — Raumlage der Faltenachsen, 13 — Schichtlagerung,
 14 — Andritzursprung, 15 — Hochwasserübersprung (Frauenloch).

(s. Fig. 3). Dieser Gebirgsstock ist tektonisch und lithologisch zweigeteilt. Seine aus Metamorphiten (Injektionsgneisen und Glimmerschiefern) aufgebaute Basis ist im E und N in Form des „Radegunder Kristallins“ aufgeschlossen. Das Gipfelplateau, der Niederschöckel, die Erharthöhe sowie die Hänge um Kalkleiten bis hinunter in den Stattegger Graben werden hingegen von einer (sicher tektonisch) bis zu 500 m mächtigen Kalkplatte, dem sogenannten „Schöckelkalk“, aufgebaut. Es handelt sich bei diesem in der Hauptsache um einen meist dichten bis feinkristallinen weißgrauen bis graublauen, vielfach gebänderten Kalktekonit. Plattige bis dickbankige Ausbildung ist häufig. In seinen primären Liegendanteilen geht er in dunkle Kalkschiefer und Tonschiefer sowie Phyllite und Grünschiefer über. Auf Grund von Fossilfunden in den Kalkschiefern stellt man heute den Schöckelkalk in das Mitteldevon.

E. CLAR (1933) deutet den Schöckelkalkkomplex als liegende, überfaltete Mulde, so daß die am Gsullberg, am Kohlniglkogel und am Zösenberg das Hangende des Schöckelkalkes bildenden Gesteine als inverse Lagerung der Liegendserie anzusehen sind („Übergangsschichten“ E. CLARS). Im E und SE wird die Schöckelkalkmulde noch von Bruchfaltentektonik sowie von jüngeren Störungen betroffen, so daß dieser Bereich in einzelne Blöcke zerlegt ist (s. Fig. 3). Die bedeutendste Störung des ganzen Gebietes trennt die regionalgeologisch einem höheren Stockwerk angehörende Rannach im W vom Schöckelmassiv im E. Dieser als „Leberstörung“ in die Literatur eingegangenen Fraktur folgt der Stattegger Graben. An der im E aufgeschlossenen Überschiebungsbahn des Schöckelkalkes über dem Radegunder Kristallin ist ein mächtiger Reibungssteppich („Grenzzone des Schöckels“) aufgeschlossen, in dessen Gesteinen H. FLÜGEL (1960, 1961) Vertreter der triadischen (?) Raasbergfolge sehen möchte.

Für die Verkarstung des Gebietes war, neben dem eben geschilderten tektonischen Bau des Schöckelmassives, dessen jüngste morphologische Entwicklung maßgebend. A. WINKLER-HERMADEN (1957) stellt die höchsten Verebnungen des Grazer Berglandes (z. B. Gipfelplateau des Schöckels) in das Sarmat. Es muß aber schon vorher eine stärkere Reliefbildung stattgefunden haben, denn die in das Oberhelvet bis Untertorton einzustufenden „Eggenberger Brekzien“ und gleichaltrigen Rotschuttmassen finden sich an der Nordseite des Schöckels heute in 1000 bis 1200 m Sh., reichen aber im Stattegger Graben bis unter die Talsohle hinab (bis unter 400 m). Sie werden hier von sarmatischen und pannonischen Schichten überlagert. Mit H. BOCK (1913) müssen wir annehmen, daß sich die Verkarstung des Schöckelmassivs schon intra-miozän auf das damalige Vorflutniveau, also auf der Höhe des Andritzursprungs unter den heutigen Talboden des Stattegger Grabens, eingestellt hat. In der nachfolgenden, weit hinaufreichenden Verschüttung des Berglandes im Sarmat und Pannon wurden diese Karstsysteme

vollständig inundiert und z. T. wohl auch verschlämmt. Erst während der stärkeren Höhershaltung des Gebirgsrandes im Oberpliozän konnten die Altformen z. T. wieder exhumiert werden. Längere Haltepunkte während dieses Hebungsprozesses sind durch Verebnungsflächen markiert. Die ausgeprägteste davon findet sich im Schöckelgebiet als schotterüberstreute Geländeleiste zwischen Buch und Kalkleiten in etwa 700 m Sh. (s. Fig. 3). Dieses von A. WINKLER-HERMADEN als „Hochstradener Niveau“ bezeichnete Verebnungssystem ist in das Daz (Astium) einzustufen. Es bildet am gesamten Südrand des Grazer Berglandes das ausgeprägteste Formenelement. Roterde- und Bohnerz-bildungen sind häufig. Eine Massierung von Dolinen und horizontgebundenen Karsthöhlen in diesem Niveau ist charakteristisch.

Die weitere Eintiefung der Gerinne im obersten Pliozän und während des Pleistozäns führte z. T. zu epigenetisch angelegten Durchbrüchen. Ein besonders schönes Beispiel präsentiert der Einödgraben zwischen Zösenberg und Lineck (s. Fig. 3). Im Stattegger Graben kam es hingegen, mit Ausnahme eines kurzen Teilstückes, nur zur Ausräumung der neogenen Sedimente. Im Bereich zwischen dem Kalk- und Schotterwerk Stattegg und dem Andritzursprung schnitt sich der Bach in allerjüngster Zeit in einer schmalen Rinne in den Schöckelkalk ein und legte diesen damit an der absolut tiefsten Stelle seines Ausstreichens frei. Sie befindet sich unweit der Auflagerungsfläche der wasserstauenden „Übergangsschichten“ westlich des Zösenberges und ist damit für den Hauptaustritt der im Schöckelmassiv versinkenden Karstwässer prädestiniert. Fördernd wirkt hier noch die früher dargelegte Muldenstruktur des Schöckelkalkes. Daß der Andritzursprung nicht die gesamten Wässer des Karstockes abführt, ist einmal auf die relativ flache Lagerung der Kalke im Plateaubereich und zum anderen auf die Zerstückelung der Kalkplatte durch jüngere Brüche im SE des Massivs zurückzuführen. Diese Umstände bedingen das Auftreten von kleineren Quellen am Nord- und Ostrand sowie im Einödgraben.

Ist also die Situierung der Riesenquelle des Andritzursprungs aus der Geologie her leicht verständlich, so bedarf ihr Erscheinungsbild noch einer näheren Erläuterung. Das Wasser stößt am Fuße einer Felswand, die auf Fig. 1 im Hintergrund des Quelltümpels gut erkennbar ist, als Waller auf. Ist der Wasseraustritt nur dem sich in jüngster Zeit eintiefenden Stattegger Bach gefolgt, so ist die Entstehung des Wallers in einem sehr einheitlichen Kalkkomplex verwunderlich. Nehmen wir aber an, daß die aus dem Hauptmassiv abfließenden Wässer tieferliegende, bereits intramiozän angelegte und in jüngster Zeit wieder regenerierte Karstsysteme benützen, so wäre der Durchbruch an der Kerbe des jungen epigenetischen Einschnittes leicht erklärlich. Der alte Austritt müßte dann weiter im W, im Bereich der verfüllten Tal-

rinne, zu suchen sein. Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich auch am bekannten Aachtopf am Südrand der Schwäbischen Alb.

Trifft die hier geäußerte Meinung zu, so hätten wir also im Einzugsbereich des Andritzursprungs nicht nur ein rasch ausfließendes, dem Schicht- und Achsenfallen folgendes, absteigendes Karstwassersystem vor uns, sondern unterhalb des Talniveaus noch die Möglichkeit der Ausbildung eines größeren Karstwasserreservoirs. Die Ergebnisse der chemischen und physikalischen Reihenuntersuchungen (s. Kap. 2) passen sehr gut in diese Deutung.

Abschließend ist noch die Existenz eines zum Andritzursprung gehörenden Hochwasserspeiers zu erwähnen. Es handelt sich dabei um das etwa 200 m nördlich der Quelle, an der linken Talseite liegende Frauenloch (auch Jammernegghöhle), dessen Eingang allerdings seit einigen Jahren durch eine Abraumhalde des benachbarten Kalkwerkes verschüttet ist. Bei sehr großen Hochwässern entströmt diesem kleindimensionierten, etwa 60 m bis zu einem Siphon begehbaren, fast horizontal verlaufenden Höhlenschlauch Wasser. Nähere Beobachtungen liegen aber leider nicht vor.

2. Meßergebnisse

2.1. Berichte und Aufzeichnungen über exakte Beobachtungen bis 1910

Die ältesten uns bekannt exakten, sich über mehrere Jahre erstreckenden hydrologischen Beobachtungen am Andritzursprung sind die im Rahmen von Vegetationsuntersuchungen in der Zeit von 1835 bis 1839 wiederholt durchgeführten Temperaturmessungen von F. UNGER (1839, p. 339 bis 356).

Die aus den Messungen von F. UNGER resultierende mittlere Wassertemperatur von $10,41^{\circ}$ C nahm auch J. A. JANISCH in die Beschreibung dieser Karstquelle in sein topographisch-statistisches Lexikon von Steiermark (1878) auf, wo er eine „den Winter und Sommer hindurch stets gleichbleibende Temperatur des Wassers von $8,3^{\circ}$ R“ (= $10,4^{\circ}$ C) bei einer Quellschüttung von durchschnittlich $7\frac{1}{2}$ Kubikfuß angibt (p. 686). Da er vorher von französischen Fuß spricht, ist die angeführte Schüttungsmenge 255 l/s gleichzusetzen.

Die nächsten veröffentlichten Meßdaten beziehen sich wieder auf die Wassertemperatur, es sind die „Temperaturstudien im Andritzursprunge“ von J. MÜLLNER in der Grazer „Tagespost“ vom 17. Mai 1896. J. MÜLLNER verglich vereinzelt Messungen der Lufttemperatur, der Wassertemperatur an der Oberfläche und am Grund des Quelltümpels, die er in der Zeit vom Dezember 1895 bis April 1896 durchführte. Wie spätere Messungen zeigen (s. Meßreihe 1938 bis 1942), ist dabei weniger

seine Feststellung von Wert, daß sich die Wassertemperatur an der Oberfläche vom Dezember bis April „um 0,7° C erwärmte“, als das Meßergebnis, nach dem die Wassertemperatur am Grund des Quelltümpels im Dezember 1895 11,2° C, im April 1896 11,0° C betrug.

Monatliche Temperaturmessungen führte im Jahre 1909 F. WONISCH durch. Tabelle 1 bringt die Wiedergabe der Werte bei F. WONISCH (1910, p. 16), die Messungen erfolgten jeweils in den Nachmittagsstunden.

Tabelle 1: Die Temperaturverhältnisse im Andritzursprung im Jahre 1909 (nach F. WONISCH, 1910).

Monat	Tag	Luft °C	Wasser in °C	
			Oberfläche	Grund
Jänner	25.	—5,5	10,0	10,8
Februar	22.	—0,5	10,0	10,6
März	22.	9,0	10,5	10,6
April	23.	16,0	11,0	10,6
Mai	22.	19,5	11,5	10,8
Juni	23.	22,0	12,0	10,8
Juli	26.	29,5	12,5	10,8
August	24.	18,5	12,8	11,0
September	21.	18,0	12,5	11,0
Oktober	23.	12,0	12,0	11,0
November	22.	2,0	11,0	10,8
Dezember	22.	—0,5	10,5	10,8

Daß an der Oberfläche des Quelltümpels die Lufttemperatur von Einfluß ist, ist nicht verwunderlich und erwies sich auch bei späteren Messungen. Die bei F. WONISCH angeführte Jahresamplitude von 2,8° C an der Oberfläche des Quellteiches ist zunächst mit Vorbehalt zu übernehmen, da die Oberflächentemperatur auch täglichen Schwankungen unterliegt und F. WONISCH nur einmal pro Monat gemessen hat. Streng genommen gilt dieser Vorbehalt auch für die Feststellung der Jahresamplitude von 0,4° C, die F. WONISCH aus den Messungen am Grund des Quelltümpels folgert, da außergewöhnliche hydrometeorologische Ereignisse auch hier zu kurzfristigen Schwankungen führen können, die durch monatlich einmalige Messungen nicht erfaßt werden (vgl. Fig. 8, Oktober bis November 1961). Dennoch kommt der Wert von 0,4° C einer tatsächlichen möglichen Jahresamplitude der Wassertemperatur am Boden des Quelltümpels, d. h. am Quellmund des als Waller aufsteigenden Andritzursprungs, sehr nahe (1962 0,5° C).

2. 2. Aufzeichnungen von Meßwerten aus der Zeit vom Juli 1938 bis April 1942

Die folgenden und im Kapitel 2. 3. besprochenen Aufzeichnungen wurden uns vom ehemaligen Direktor des Grazer Wasserwerkes, Herrn

Dipl.-Ing. F. KASSECKER, zur Verfügung gestellt, wofür auch hier nochmals gedankt sei.

Tafel I (s. Beilage) enthält eine Gegenüberstellung von Quelltemperatur, Lufttemperatur, Quellschüttung und Niederschlägen in der Zeit vom Juli 1938 bis April 1942.

Die **Quelltemperatur** wurde an der Oberfläche des Quelltümpels oder an dessen Abfluß gemessen, wie aus den angegebenen täglichen Schwankungen zu ersehen ist. Eine gewisse Parallelität mit dem Jahresgang der Lufttemperatur ist daher nicht zu übersehen.

Tafel I weist als höchste Wassertemperatur 11,1° C aus (am 15. Juli 1941), als niedrigste 9,0° C (17., 18. Jänner 1941). Die Jahresamplitude 1941 von 2,1° C ist damit auch die größte der Beobachtungsreihe. Die gemessene Temperaturspanne von 9,0 bis 11,1° C liegt generell niedriger als die von F. WONISCH für das Jahr 1909 ausgewiesene (10,0—12,8° Celsius), wobei nicht feststellbar ist, ob es sich um einen echten Unterschied handelt oder nur um einen in den verschiedenen Thermometern begründeten.

Mit der Meßreihe von 1938 bis 1942 stehen erstmals Daten über den **Schüttungsgang** in einer längeren Zeitspanne zur Verfügung.

Die Schüttungsschwankungen sind doch sehr respektabel. Die höchste Schüttung der beobachteten Zeitspanne wurde am 30. August 1938 gemessen, sie betrug 1640 l/s. Die geringste Schüttung wurde im Februar 1942 verzeichnet, sie lag bei 100 l/s (Tafel I). Die geringste Wasserführung der einzelnen Jahre findet sich 1939 im Mai (und September), 1940 im Februar, 1941 (Jänner/Februar) November, 1942 im Februar; die kurze beobachtete Jahresreihe zeigt den Spätwinter als bevorzugte Niederwasserzeit.

Die Hochwasserspitzen sind niederschlagsbedingt, sie treten meist am erst- oder zweitfolgenden Tag nach starken Regenfällen auf, so im Juli/August 1938, im Mai 1939, im Mai und September/Oktober 1940 und im April 1942.

Eine stärkere Wasserführung infolge der Schneeschmelze im Einzugsgebiet war im Jänner/Februar 1939, im März 1940 und im Februar 1941 festzustellen. Bezüglich der Kurve der Lufttemperatur auf Tafel I ist zu sagen, daß sie nicht die Tagesmittel, sondern die 7-Uhr-Ablesungen wiedergibt, d. h. im Winter die Werte der kältesten Tageszeit.

2. 3. Die Ergebnisse von Messungen in den Jahren von 1946 bis 1953

Mit Ausnahme der Monate Jänner bis Juni 1946, in denen die Messung der Quellschüttung und der Quellwassertemperatur nur in Abständen von 3 bis zu 10 Tagen erfolgte, wurden mit nur wenigen Unterbrechungen die ganzen acht Jahre hindurch diese Messungen an jedem zweiten Tag durchgeführt.

Die Fig. 4 bis 7 weisen die Ganglinien von Wassertemperatur, Lufttemperatur und Quellschüttung und die Niederschlagshöhen aus. Lufttemperatur (jeweils um 7 Uhr) und Niederschlag wurden den Aufzeichnungen des Hydrographischen Dienstes (Station Graz-Andritz) entnommen.

Die **Schüttungsmessungen** sind die Abflußbeobachtungen über den längsten geschlossenen Zeitabschnitt am Andritzsprung, sie basieren auf Ablesungen des Lattenpegels an jedem zweiten Tag.

Die Ganglinie des Jahres 1946 (Fig. 4) ist hauptsächlich durch die starken Niederschläge von der zweiten Maihälfte bis Mitte Juli geprägt. Daß dem starken Niederschlag vom 9. Juni (172 mm; Starkregen mit Hagel) keine entsprechende Abflußspitze folgte, dürfte nicht den Tatsachen entsprechen, im Juni 1946 wurden die Pegelablesungen noch in größeren Zeitabständen durchgeführt (s. o.; die beiden aufeinanderfolgenden Messungen sind für den 7. und 11. Juni verzeichnet). Offensichtlich sind für das Jahr 1946 das Fehlen einer wesentlichen Auswirkung der Schneeschmelze und die ganz allgemein geringe Wasserführung, die in den Monaten Jänner, Februar, September, Oktober, November und Dezember gänzlich unter 100 l/s blieb.

Die Ganglinie des Jahres 1947 zeigt zunächst bei Jahresbeginn eine Fortsetzung der geringen Schüttung, die am 19. Februar mit 54 l/s ihr Minimum erreichte. Durch die niedrigen Lufttemperaturen im Februar und Anfang März fielen die Niederschläge im Einzugsgebiet als Schnee, der in der zweiten Märzhälfte abschmolz und zu einer außergewöhnlich charakteristischen Schmelzwasserkurve in der Abflußganglinie führte (Fig. 4). Die Sommerniederschläge des Jahres 1947 waren relativ niedrig, und die Schüttung Anfang des Monats November lag mit 65 l/s nur knapp über dem Februarminimum.

Ende Jänner—Anfang Februar 1948 führte ein Warmlufteinbruch bereits zu dieser Zeit zu einem Schmelzwasserdurchgang (Fig. 5), ansonsten zeigt die Ganglinie eine starke Abhängigkeit von den Niederschlägen. Der Evapotranspiration fiel im Sommer 1948 im Einzugsgebiet des Andritzsprungs sichtlich nur ein geringer Prozentsatz der Niederschläge zu. Die Durchschnittsschüttung der Quelle war hoch, das Minimum fiel in keinem Monat unter 100 l/s. Diese wurde erst wieder Ende März und April 1949 unterschritten. Die Ganglinie dieses Jahres ist gekennzeichnet durch den gänzlichen Ausfall einer Frühjahrsschneeschmelze, im ganzen Februar fielen in Graz-Andritz nur 0,6 mm Niederschlag! Die Ganglinie wird hauptsächlich von den Mairegen geprägt, die Sommerniederschläge wurden weitgehend von der Evapotranspiration aufgebraucht. Die relativ hohen Novemberriederschläge bei Temperaturen über 0° C und praktisch fehlender Evapotranspiration brachten einen bedeutenden Schüttungsanstieg.

Die Ganglinie des Jahres 1950 (Fig. 6) ist das Abbild der Schneeschmelze in der zweiten Februarhälfte (siehe Temperaturkurve), der

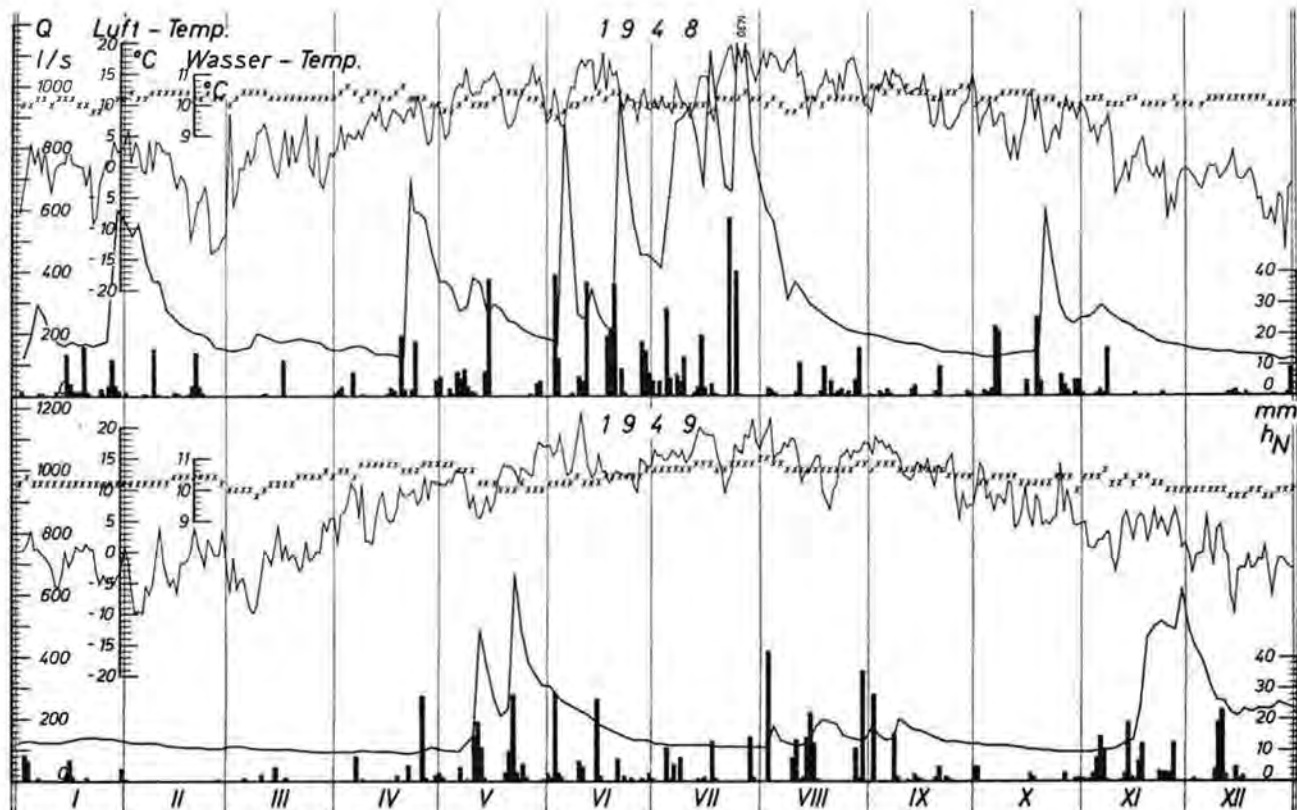


Fig. 4: Die (7-Uhr-)Lufttemperaturen und Niederschläge bei der Station Graz-Andritz und die im Andritzsprung gemessenen Wassertemperaturen (je Messung ein Kreuzchen) sowie der Schüttungsverlauf (Q l/s) in den Jahren 1946 und 1947 (nach Meßdaten des Wasserwerkes der Stadt Graz und des Hydrographischen Dienstes).

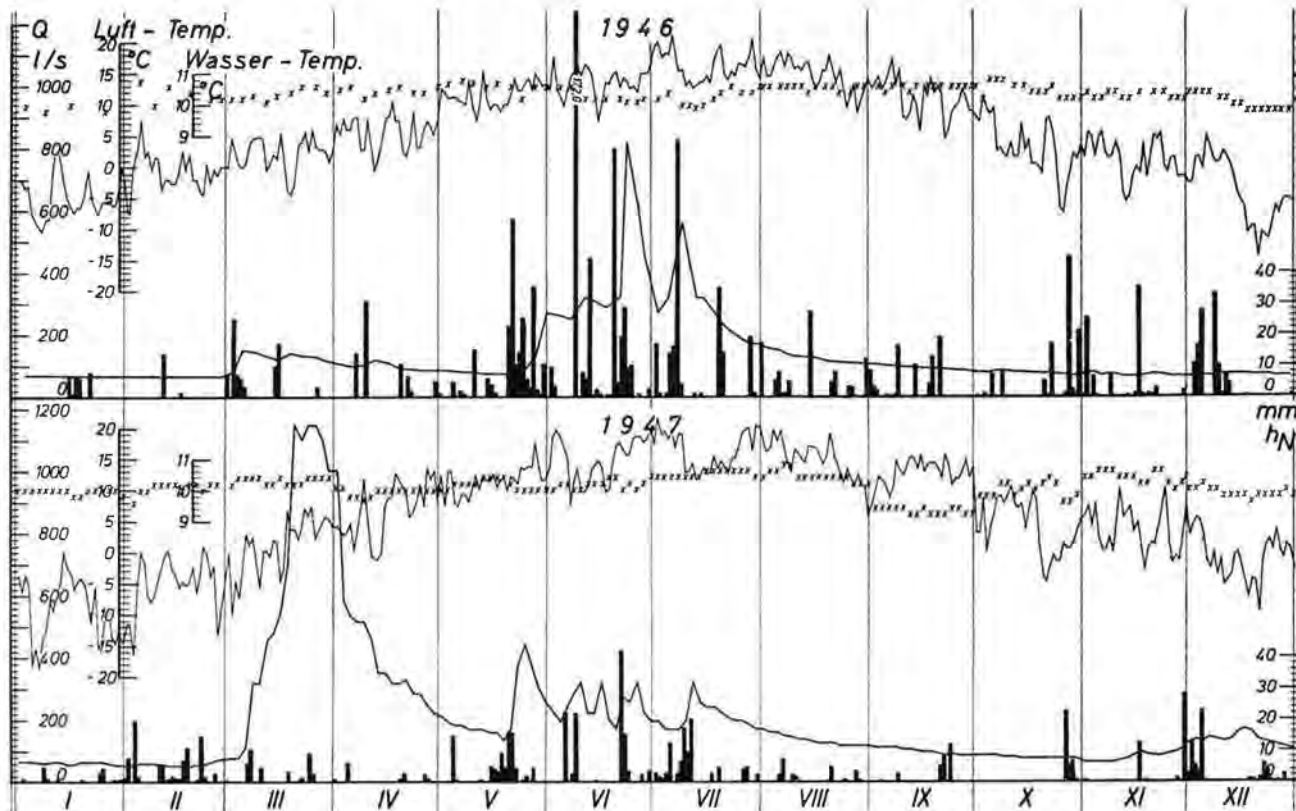


Fig. 5: Die (7-Uhr-)Lufttemperaturen und Niederschläge bei der Station Graz-Andritz und die im Andritzurprung gemessenen Wassertemperaturen (je Messung ein Kreuzchen) sowie der Schüttungsverlauf (Q l/s) in den Jahren 1948 und 1949 (nach Meßdaten des Wasserwerkes der Stadt Graz und des Hydrographischen Dienstes).

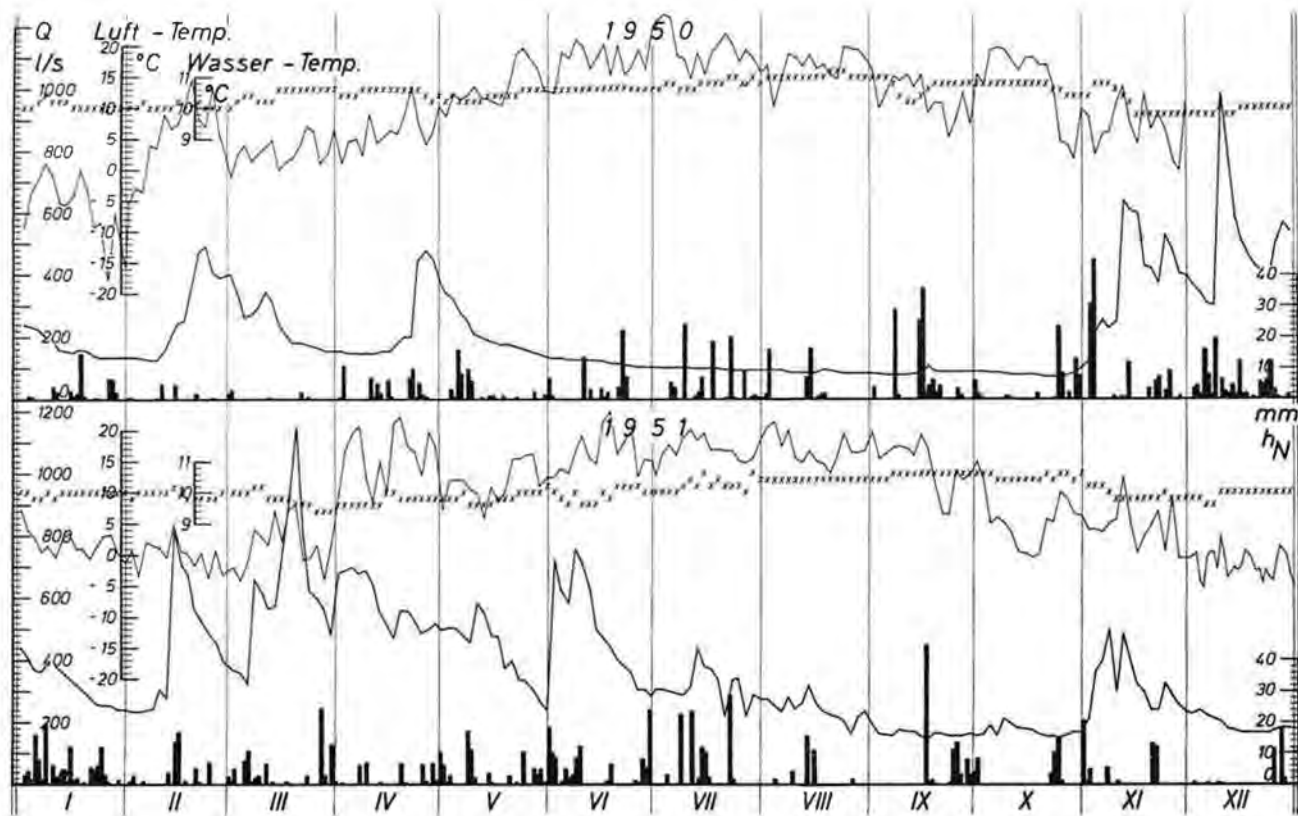


Fig. 6: Die (7-Uhr-)Lufttemperaturen und Niederschläge bei der Station Graz-Andritz und die im Andritzsprung gemessenen Wassertemperaturen (je Messung ein Kreuzchen) sowie der Schüttungsverlauf (Q l/s) in den Jahren 1950 und 1951 (nach Meßdaten des Wasserwerkes der Stadt Graz und des Hydrographischen Dienstes).

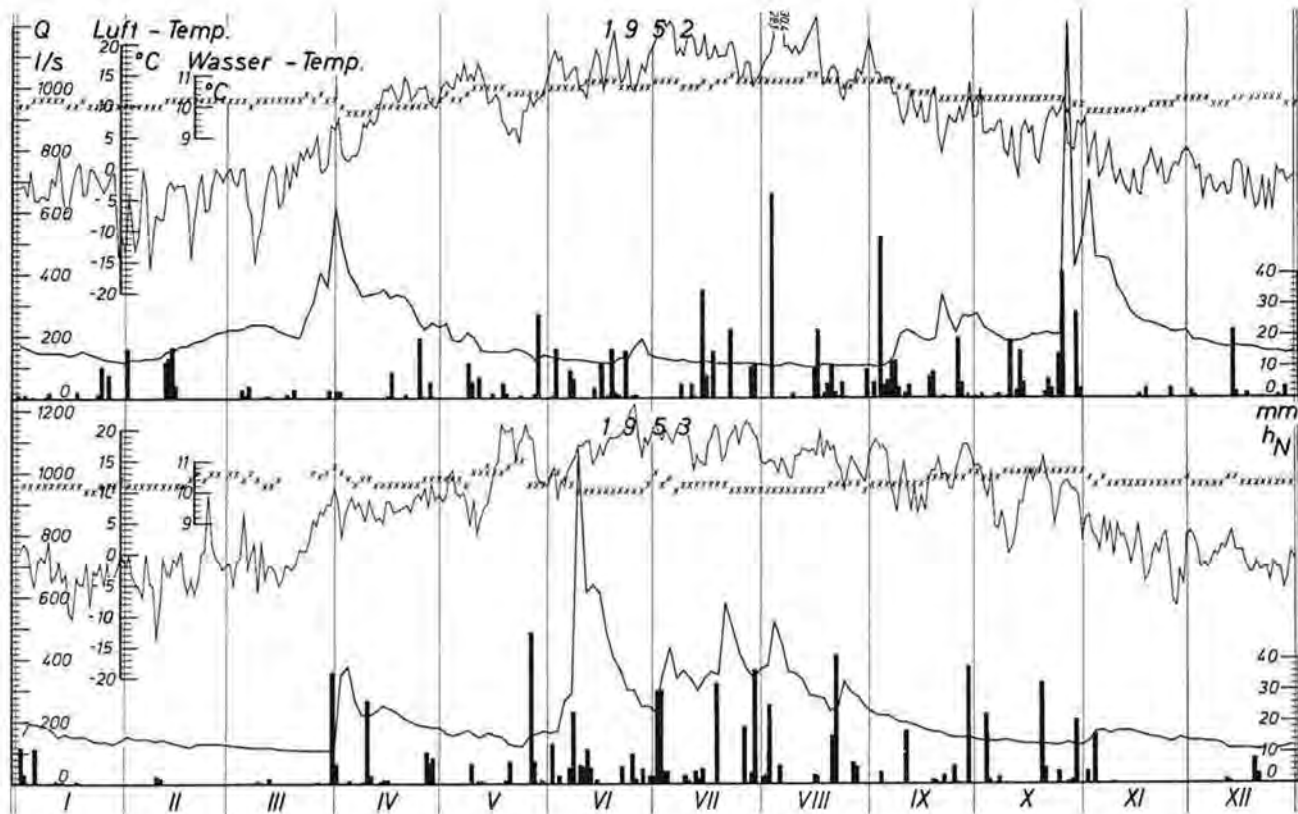


Fig. 7: Die (7-Uhr-)Lufttemperaturen und Niederschläge bei der Station Graz-Andritz und die im Andritzursprung gemessenen Wassertemperaturen (je Messung ein Kreuzchen) sowie der Schüttungsverlauf (Q l/s) in den Jahren 1952 und 1953 (nach Meßdaten des Wasserwerkes der Stadt Graz und des Hydrographischen Dienstes).

Aprilregen, der geringen Intensität der Sommerregen und der damit zusammenhängenden Dominanz der Evapotranspiration. Die Schüttung blieb den ganzen Sommer über gering und erreichte ihr Minimum von 76 l/s in der Zeit vom 21. bis 25. Oktober. Die Niederschläge von Ende Oktober bis Dezember führten zur höchsten Schüttung des ganzen Jahres und zu der seltenen Situation, daß die höchste Schüttung des Jahres im Dezember auftrat (985 l/s am 10. Dezember).

Die außergewöhnlich hohe Lufttemperatur in den ersten Monaten des Jahres 1951 (Fig. 6) ließ die beachtlichen Niederschläge dieses Zeitraumes als Regen fallen, der zum Großteil in den Karstwasserkörper infiltrierte und zur höchsten mittleren Schüttung über einen längeren Zeitraum führte: Die Monatsmittel vom November 1950 bis zum Juni 1951 blieben stets über 300 l/s (November 1950 398 l/s, Dezember 502 l/s, Jänner 1951 328 l/s, Februar 442 l/s, März 626 l/s, April 587 l/s, Mai 426 l/s, Juni 500 l/s), ja selbst die Minima unterschritten vom 15. November 1950 bis zum 30. Juni 1951 niemals 220 l/s. Die Durchschnittsschüttung von 476 l/s über einen Zeitraum von acht Monaten ist die höchste über einen so langen Zeitraum, die je am Andritzursprung beobachtet wurde. Das Minimum der Schüttung trat auch im Jahre 1951 Ende Oktober auf (152 l/s).

Auch die Ganglinie des Jahres 1952 (Fig. 7) ist durch die Schneeschmelze im Frühjahr und die Herbstniederschläge geprägt und zeigt die weitgehende Aufzehrung der Sommerniederschläge durch die Evapotranspiration. Ihr genau entgegen verläuft die Ganglinie des Jahres 1953 mit einer nur geringen Auswirkung der Schneeschmelze und dem Maximum der Schüttung im Gefolge von Sommerniederschlägen, die häufig in Form von Starkregen mit Gewittern nieder gingen.

Viel schwieriger als der Schüttungsablauf sind die Ergebnisse der Messungen der **Quellwassertemperatur** zu interpretieren. Die geringen Schwankungen zeigen, daß die Messungen nahe dem Quellaustritt durchgeführt wurden, es ist jedoch nicht mehr festzustellen in welcher Tiefe des Quelltümpels. Die Jahresamplitude lag in den acht Beobachtungsjahren zwischen 0,8 und 1,4° C. Unter solchen Umständen wirken sich schon geringste Fehlablesungen aus und bergen die Gefahr von unberechtigten Schlüssen. Auch ist für eine sichere statistische Auswertung der Beobachtungszeitraum noch zu kurz. In Tabelle 2 wird eine objektive Datenauslese versucht, es wurden die höchsten und niedrigsten gemessenen Wassertemperaturen der einzelnen Jahre mit Angabe der Monate zusammengestellt und die Jahresamplitude ausgewiesen. Die höchsten in den einzelnen Jahren gemessenen Wassertemperaturen lagen zwischen 10,6 und 11,2° C, die niedrigsten zwischen 9,2 und 10,0° C. Der größte Temperaturunterschied überhaupt beträgt 2,0° C (9,2° C im September 1947, 11,2° C im August 1950).

Tabelle 2: Höchste (HT) und niedrigste (NT) Wassertemperaturen im Andritzursprung in den Jahren 1946—1953.

Jahr	HT in °C	Monate	NT in °C	Monate	Jahresampl. in °C
1946	10,8	II, V, X	9,8	I, XII	1,0
1947	10,6	VII, VIII, XI	9,2	IX	1,4
1948	10,6	IV, IX	9,8	I, V, VI, VIII	0,8
1949	11,0	VII, VIII	9,8	III, XII	1,2
1950	11,2	VIII	9,8	XI, XII	1,4
1951	10,6	VII, IX, X	9,4	III	1,2
1952	11,0	VII, VIII	9,8	IV, X, XI	1,2
1953	11,0	V	10,0	I, VI, VII, VIII	1,0

Die Höchsttemperaturen fielen je einmal in die Monate Februar, April und November, je zweimal in die Monate Mai, September und Oktober und je viermal in die Monate Juli und August. Nie wurden im Beobachtungszeitraum die höchsten Wassertemperaturen in den Monaten Jänner, März, Juni und Dezember gemessen.

Die niedrigsten Temperaturen fielen in den acht Jahren je einmal in die Monate April, Mai, Juli, September und Oktober, je zweimal in den März, Juni, August und November, je dreimal in die Monate Jänner und Dezember und niemals in den Februar.

Scheint so einerseits doch eine Häufung der höchsten Wassertemperaturen in den Sommermonaten Juli und August und der tiefsten in den Wintermonaten Dezember und Jänner aufzutreten, so ist dem entgegenzuhalten, daß gerade in diesen Monaten die Gefahr am größten ist, daß die Lufttemperatur sehr rasch geringe Veränderungen der Thermometeranzeige und damit kleine Ablesefehler verursachen kann.

2. 4. Die Messungen in den Jahren 1961 und 1962

Neben einer Kontrolle der Wassertemperaturen am Quellmund sollten diese Untersuchungen auch eine Überprüfung der chemischen Grunddaten und ihrer Schwankungen umfassen. Die Messungen bzw. Entnahme der Wasserproben erfolgten in etwa 1,7 m Wassertiefe unmittelbar über dem Hauptaustritt vom 28. Oktober 1960 bis Mitte Juli 1961 und im März 1962 täglich (vormittag), in der übrigen Zeit an jedem zweiten Tag¹.

An chemischen Grunddaten wurden der pH-Wert, die elektrolytische Leitfähigkeit sowie Gesamt- und Karbonathärte bestimmt. Die Weiterführung der Schüttungsmessungen wurde mehrmals angestrebt, war jedoch aus technischen Gründen (unkontrollierbare Ableitungen zu den Fischeichen) nicht zu bewerkstelligen. Besondere Schüttungsereignisse wurden jedoch notiert.

¹ Die Temperaturmessungen und Probennahmen führte Herr Ingenieur H. SCHIMEK durch, wofür wir auch auf diesem Wege nochmals danken.

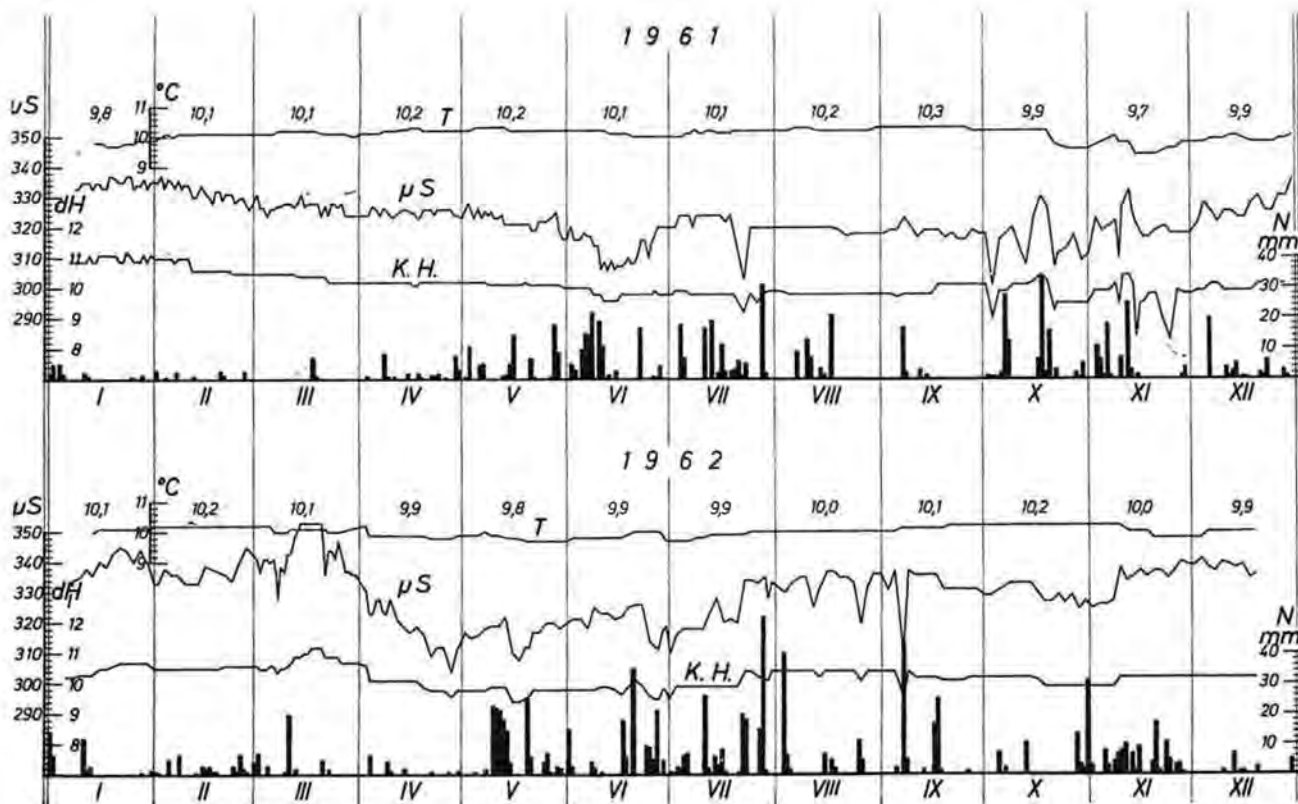


Fig. 8: Die Quellwassertemperaturen ($^{\circ}\text{C}$), Werte der elektrolytischen Leitfähigkeit (μS) und der Karbonathärte (deutsche Härtegrade) des Wassers aus dem Andritzursprung und die Niederschläge bei der Station Graz-Andritz in den Jahren 1961 und 1962.

Fig. 8 gibt die Meßdaten für die Wassertemperatur, die elektrolytische Leitfähigkeit und die Karbonathärte wieder, dazu die Ergebnisse der Niederschlagsmessungen der Station Graz-Andritz².

Die **Wassertemperatur** erwies sich im allgemeinen, wie schon die älteren Autoren erwähnten, als außergewöhnlich konstant. Im Jahre 1962 konnten auch starke Niederschläge im Mai, Juni und Juli die Wassertemperatur nur um $0,3^{\circ}$ C verändern. Die höchsten Wassertemperaturen wurden im Februar und Oktober (jeweils durchlaufend $10,2^{\circ}$ C) gemessen, die tiefsten Ende Mai und Anfang Juli (jeweils $9,7^{\circ}$ C). Die gesamte Jahresamplitude 1962 betrug nur $0,5^{\circ}$ C, ein jahreszeitlich bedingter Temperaturgang war nicht zu erkennen. Das Jahresmittel lag bei $10,0^{\circ}$ C.

Das Jahr 1961 zeigte zunächst vom Jänner bis Mitte April unter sehr geringen Schwankungen leicht ansteigende Wassertemperaturen von $9,7$ auf $10,3^{\circ}$ C, die bis zum 19. Oktober nur um $0,3^{\circ}$ C ($10,0$ bis $10,3^{\circ}$ C) schwankten. Den höchsten Durchschnittswert erreichte der September ($10,3^{\circ}$ C).

Ungewöhnlich sind die im Oktober und November 1961 auftretenden Schwankungen der Wassertemperatur, sie sind eindeutig niederschlagsbedingt. Noch im höchsten Bereich des möglichen Einzugsgebietes (1400 m) wurde Mitte November der Niederschlag in fester Form (Station Stubenberghaus am 7. November 25 cm Schneedecke) wieder von Regen abgelöst und der Schnee vom Regen restlos abgeschmolzen (12. und 13. November). Die in den beiden Monaten Oktober und November weder durch die Verdunstung noch durch die Gefrorenis wesentlich geschwächerten Niederschläge kamen weitgehend zur Versickerung. Sie bewirkten im Quellwasser einen Temperaturrückgang von $0,6^{\circ}$ C ($10,2$ bis $9,6^{\circ}$ C) in der Zeit vom 19. bis 25. Oktober. Vom 31. Oktober bis 8. November stieg die Wassertemperatur wieder auf $10,0^{\circ}$ C. Infolge der neuerlichen Versickerung von Schmelz- und Regenwasser kam es wiederum zu einer Absenkung der Quellwassertemperatur um $0,6^{\circ}$ C von $10,0$ auf $9,4^{\circ}$ C, der bis Mitte Dezember wieder ein langsamer Anstieg auf $10,0^{\circ}$ C folgte. Diese relativ kurzfristigen Schwankungen im Oktober und November 1961 waren jeweils größer als die Jahresamplitude 1962. Die Jahresamplitude 1961 betrug $0,9^{\circ}$ C.

Aus den Schwankungen der Quellwassertemperaturen ergibt sich deutlich der entscheidende Einfluß, den die Niederschläge dieser Monate im Verein mit den Temperaturen im Einzugsgebiet hatten. Die Niederschlagssumme auf dem Schöckel war in 1432 m Seehöhe im November 1962 mit 104,6 mm wesentlich höher als im November 1961 (84,3 mm), doch blieb 1962 in den oberen Lagen die Schneedecke bereits erhalten, und die Schneeschmelze in den tieferen Bereichen konnte nur eine viel

² Für die Zurverfügungstellung dieser Werte haben wir Herrn OBR Dipl.-Ing. W. FRÖHLICH, Hydrographische Landesabteilung, zu danken.

schwächere und weniger akzentuierte Schwankung der Wassertemperatur bewirken als 1961 (vgl. Fig. 8 und Tabellen 3 und 4). In diesen Tabellen kommt auch die im Raume von Graz häufig auftretende winterliche Temperaturumkehr sehr deutlich zum Ausdruck (z. B. vom 21. bis 27. November 1961, 25. bis 31. Dezember 1961 und 4. bis 9. Dezember 1962). Am 23. November 1961 betrug der Temperaturunterschied zwischen dem Stubenberghaus (1432 m 8,0° C) und Graz-Andritz (360 m minus 2,3° C) im Tagesmittel (!) 10,3° C (um 7 Uhr 14,5° C).

Tabelle 3: Vergleich der Niederschlagshöhen (mm), der Schneehöhen (cm) und der Tagesmittel der Lufttemperatur der Novembermonate 1961 und 1962 bei den Meßstellen Stubenberghaus auf dem Schöckel (1432 m Sh.) und Graz-Andritz (360 m Sh., Werte in Klammern. Nach Aufzeichnungen des amtlichen Hydrographischen Dienstes).

Tag	1961			1962		
	hN mm	Schneehöhe in cm	Temp. in °C Tagesmittel	hN mm	Schneehöhe in cm	Temp. in °C Tagesmittel
1.	— (—)	— (—)	6,6 (7,9)	5,2 (2,9)	— (—)	2,0 (6,8)
2.	— (—)	— (—)	5,7 (7,0)	— (—)	3 (—)	0,0 (3,6)
3.	8,7 (11,1)	— (—)	5,4 (4,3)	— (—)	3 (—)	4,9 (4,7)
4.	18,3 (7,7)	15 (—)	—3,2 (2,8)	— (0,6)	— (—)	4,7 (4,8)
5.	— (1,3)	20 (—)	—5,7 (4,8)	4,6 (8,3)	— (—)	1,8 (5,1)
6.	24,8 (18,9)	20 (—)	—3,0 (3,9)	1,7 (3,4)	— (—)	2,1 (7,7)
7.	1,4 (1,2)	25 (—)	—0,3 (3,8)	— (0,2)	— (—)	6,3 (10,0)
8.	— (—)	25 (—)	—1,3 (5,1)	2,0 (3,9)	— (—)	5,0 (8,8)
9.	— (—)	25 (—)	2,2 (5,5)	7,1 (6,4)	— (—)	3,8 (8,2)
10.	11,1 (7,3)	15 (—)	1,5 (5,7)	7,3 (8,9)	— (—)	2,8 (8,3)
11.	— (—)	5 (—)	—0,2 (5,0)	6,4 (9,9)	— (—)	0,2 (5,3)
12.	14,9 (27,3)	5 (—)	0,6 (4,5)	— (—)	5 (—)	0,2 (7,0)
13.	3,4 (3,6)	— (—)	1,5 (7,3)	7,9 (7,6)	3 (—)	1,0 (6,5)
14.	— (—)	— (—)	4,2 (6,2)	0,2 (1,6)	3 (—)	0,6 (4,6)
15.	— (1,1)	— (—)	0,7 (6,5)	11,9 (9,8)	— (—)	0,3 (5,3)
16.	— (—)	— (—)	—1,6 (4,5)	— (—)	— (—)	—6,6 (2,1)
17.	— (—)	— (—)	—1,5 (4,3)	— (—)	10 (—)	—7,9 (1,0)
18.	— (—)	— (—)	—2,1 (2,7)	3,2 (4,1)	5 (—)	—2,8 (— 0,3)
19.	— (—)	— (—)	—3,7 (2,6)	16,8 (17,9)	10 (3)	—2,7 (— 0,8)
20.	— (—)	— (—)	—4,2 (—1,0)	3,8 (0,6)	25 (5)	—5,5 (1,7)
21.	— (—)	— (—)	0,1 (—4,8)	— (—)	30 (2)	—6,5 (— 1,7)
22.	— (—)	— (—)	6,0 (—3,2)	12,4 (11,8)	30 (1)	—4,7 (— 1,0)
23.	— (—)	— (—)	8,0 (—2,3)	— (—)	45 (9)	—8,9 (— 0,8)
24.	— (—)	— (—)	5,2 (0,5)	1,5 (3,7)	45 (6)	—9,3 (— 0,6)
25.	— (—)	— (—)	3,3 (1,9)	— (—)	45 (9)	—5,4 (0,9)
26.	— (—)	— (—)	2,4 (1,7)	12,4 (4,1)	45 (8)	—4,9 (0,8)
27.	— (—)	— (—)	6,6 (5,1)	0,2 (1,2)	60 (5)	—6,1 (0,1)
28.	— (0,4)	— (—)	2,1 (4,7)	— (—)	60 (5)	—6,5 (— 0,7)
29.	1,7 (3,6)	— (—)	1,2 (4,8)	— (—)	60 (4)	—1,1 (— 1,1)
30.	— (0,3)	— (—)	3,1 (4,5)	— (—)	55 (4)	—2,4 (— 2,2)
Summe	84,3 (83,8)	Mittel	1,2 (3,4)	104,6(106,9)	Mittel	—1,7 (3,0)

Tabelle 4: Vergleich der Niederschlagshöhen (mm), der Schneehöhen (cm) und der Tagesmittel der Lufttemperatur der Dezembermonate 1961 und 1962 bei den Meßstellen Stubenberghaus auf dem Schöckel (1432 m Sh.) und Graz-Andritz (360 m Sh., Werte in Klammern. Nach Aufzeichnungen des amtlichen Hydrographischen Dienstes).

Tag	1961			1962		
	hN mm	Schneehöhe in cm	Temp. in °C Tagesmittel	hN mm	Schneehöhe in cm	Temp. in °C Tagesmittel
1.	— (—)	— (—)	6,4 (5,4)	— (—)	55 (4)	— 7,7 (— 1,8)
2.	— (—)	— (—)	5,7 (4,3)	— (—)	55 (2)	—10,6 (— 4,7)
3.	— (—)	— (—)	0,8 (4,3)	— (—)	55 (2)	— 8,4 (— 5,3)
4.	— (—)	— (—)	6,5 (5,7)	— (—)	55 (2)	— 2,9 (— 4,5)
5.	— (—)	— (—)	6,7 (8,0)	— (—)	50 (2)	0,1 (— 0,7)
6.	22,1 (19,8)	— (—)	— 2,5 (2,4)	— (—)	45 (2)	— 0,1 (— 4,5)
7.	— (—)	25 (2)	— 8,7 (1,0)	— (—)	40 (2)	— 1,4 (— 5,5)
8.	— (—)	25 (—)	— 9,7 (— 1,2)	— (—)	40 (2)	0,6 (— 5,8)
9.	— (—)	25 (—)	— 5,1 (— 3,2)	— (—)	35 (2)	2,1 (— 8,5)
10.	— (—)	20 (—)	6,8 (— 3,8)	8,2 (0,7)	35 (2)	— 4,2 (— 3,8)
11.	8,6 (4,2)	15 (—)	3,6 (0,7)	— (—)	40 (2)	— 4,5 (— 2,0)
12.	0,4 (0,3)	10 (—)	2,8 (6,8)	— (—)	40 (2)	— 2,7 (— 2,6)
13.	1,7 (2,4)	5 (—)	2,1 (9,5)	4,7 (6,9)	40 (2)	— 2,6 (1,0)
14.	4,8 (5,4)	8 (3)	— 6,7 (— 3,6)	— (—)	50 (4)	— 6,0 (0,1)
15.	2,7 (—)	15 (9)	—12,8 (— 6,7)	0,4 (0,4)	50 (4)	— 5,2 (— 2,9)
16.	1,2 (0,3)	20 (9)	—16,3 (— 8,5)	8,2 (0,6)	50 (3)	— 1,6 (0,9)
17.	— (—)	20 (8)	—12,5 (— 6,8)	1,0 (0,8)	62 (2)	— 5,7 (1,6)
18.	— (—)	20 (5)	—13,5 (— 8,7)	— (—)	62 (2)	— 5,2 (— 0,1)
19.	— (—)	20 (5)	— 7,5 (— 7,9)	2,7 (2,0)	62 (2)	— 5,6 (— 1,9)
20.	— (—)	20 (5)	— 6,1 (— 3,9)	1,2 (1,6)	67 (8)	— 9,3 (— 4,1)
21.	2,7 (2,1)	20 (4)	— 4,8 (1,2)	— (—)	67 (10)	—11,1 (— 6,6)
22.	— (—)	25 (6)	— 5,4 (— 1,3)	— (—)	67 (8)	—13,4 (— 6,5)
23.	7,3 (6,4)	25 (5)	—10,3 (— 4,9)	1,3 (—)	67 (7)	—17,0 (— 9,4)
24.	— (—)	40 (18)	—10,3 (— 8,7)	— (0,2)	70 (7)	—16,0 (— 8,4)
25.	— (—)	40 (13)	—11,8 (—14,2)	— (—)	70 (7)	—12,2 (—11,1)
26.	— (—)	40 (13)	— 4,9 (—15,0)	2,0 (0,4)	65 (7)	— 8,8 (— 9,6)
27.	2,6 (3,6)	25 (10)	— 0,7 (— 8,0)	0,5 (0,3)	72 (8)	—10,4 (— 7,9)
28.	— (1,4)	30 (15)	— 1,7 (— 3,8)	— (—)	70 (8)	— 7,5 (—11,5)
29.	— (—)	30 (14)	1,1 (— 2,2)	— (—)	70 (8)	— 2,8 (— 7,8)
30.	— (—)	25 (13)	2,8 (— 1,2)	4,2 (5,6)	70 (8)	1,0 (— 2,7)
31.	0,8 (2,6)	20 (12)	3,5 (0,7)	— (1,1)	60 (9)	— 0,4 (— 0,6)
Summe	54,6 (48,5)	Mittel	— 3,8 (— 2,3)	34,4 (19,8)	Mittel	— 5,9 (— 4,5)

Wie gesagt war eine Reaktivierung der Abflußmessungen nicht möglich, besondere Abflußereignisse wurden jedoch durch schriftliche Anmerkungen festgehalten. Diese besagen für Oktober bis November 1961: 20. Oktober abends Beginn eines Hochwassers. Am 21. erfolgten drei Messungen und Probennahmen (9, 12 und 16 Uhr), am 22. zwei (9 und 16 Uhr). Am 21. trat eine so starke Trübung des Wassers auf, daß die Pflanzen im Quelltümpel nicht mehr sichtbar waren. Die Trü-

bung ging schon am 22. wesentlich zurück, die völlige Klarheit des Wassers wurde jedoch erst wieder am 25. erreicht. In dieser Zeit klang auch die Hochwasserführung wieder ab. Am 8. und 9. November wurde neuerdings ein starkes Ansteigen der Schüttung, verbunden mit einer Trübung des Wassers, verzeichnet, die bis zur neuen, am 13. aufgetretenen Hochwasserwelle noch nicht gänzlich abgeklungen war. Erst am 20. November wurde wieder gänzlich klares Wasser vermerkt.

Die Kontrolle des gesamten Lösungsgehaltes des Wassers erfolgte durch die Messung der **elektrolytischen Leitfähigkeit**. Die Werte in μS (bei 16°C) ergeben die Kurven (1961 und 1962) auf Fig. 8. Die Meßgenauigkeit liegt bei $\pm 2 \mu\text{S}$. 1961 zeigt das Mittel der Punkteschar nach einem leichten Anstieg bis Mitte Jänner ein langsames, im großen gesehen gleichförmiges Absinken der Werte bis Ende Mai (von ca. 335 auf $321 \mu\text{S}$). Im Juni 1961 ist eine deutliche, stärkere Absenkung bis Mitte des Monats bis auf $306 \mu\text{S}$ und ein Wiederanstieg bis Anfang Juli auf $324 \mu\text{S}$ ersichtlich. Dieser Kurvengang ist zweifellos in den starken Niederschlägen begründet, die in der Zeit von Ende Mai bis Mitte Juni fielen. Obwohl die Kalke der weiteren Umgebung des Einzugsgebietes von einer Bodenkrume bedeckt und von Vegetation bestanden sind, fiel sichtlich nicht der größte Teil des Niederschlages der Evapotranspiration bzw. der Speicherung im Boden zum Opfer, sondern infiltrierte zu einem wesentlichen Teil in den Karstwasserkörper. Die Wassertemperatur reagierte nur mit einer Schwankung von $0,3^\circ\text{C}$ auf diese Infiltration. Dies scheint zur gegebenen Jahreszeit nur bei intensiven Niederschlägen der Fall zu sein, denn die Niederschläge in der ersten Julihälfte 1961 zeigten keine Auswirkung auf den Chemismus des Wassers. Nicht ohne weiteres erklärlich ist die Schwankung vom 22. Juli 1961, da in dieser Zeit nur relativ geringe Niederschläge fielen. Die Abweichung der Leitwertkurve beruht nur auf einer einzigen Messung, findet sich allerdings auch in der Karbonathärte. Die Werte im August und September zeigten keine wesentlichen Schwankungen.

Der Kurvenverlauf von Oktober bis Dezember 1961 auf Fig. 8 läßt bei sorgfältiger Betrachtung zwei Tatsachen erkennen. Generalisiert man den Verlauf der Leitwertkurve, so ist eine Parallelität mit der Kurve der Wassertemperatur unverkennbar. Der Abfall folgt den starken Niederschlägen und erreicht seinen tiefsten Punkt etwa vier Tage nach dem Maximum der Niederschläge. Dies gilt sowohl für die Temperatur- als auch die Leitwertschwankung. Letztere aber zeigt als zweites Faktum, daß unmittelbar mit dem Maximum der Niederschläge erhöhte Leitfähigkeitswerte verbunden sind, die etwa $10 \mu\text{S}$ über dem vorhergehenden Mittelwert liegen. Das Ausmaß der Erhöhung liegt über der Schwankung der Meßgenauigkeit und ist daher ein echtes Meßergebnis. Wir sehen in diesen höheren Werten eine Auswirkung des Druckes der Infiltrationswässer auf einen tieferreichenden Karstwasserkörper, in dessen Folge zunächst Karstwasser mit stärkerem

Lösungsgehalt herausgedrückt wird, bis sich das rasch eindringende frische Infiltrationswasser in einer Absenkung der Leitwertkurve äußert.

Die Kurve der elektrolytischen Leitfähigkeit des Quellwassers im Jahre 1962 zeigt im Jänner und Februar einen unruhigeren Verlauf als 1961, wobei die Schwankungen die Grenze der Meßfehler überschreiten. Die Erklärung hierzu findet sich in den Rapporten der meteorologischen Beobachtungen. Diese verzeichnen im Jänner 1961 durchwegs Tagesmittel der Lufttemperatur in Andritz (= 360 m Sh.) unter 0°C und eine durchgehende Schneedecke bis zum 8. Februar. Im Jänner 1962 wechseln wärmere (Tagesmittel durchwegs über 0°C) und kältere Tagesreihen (Tagesmittel z. T. unter -5°C), die Schneebedeckung setzt bereits am 27. Jänner zum erstenmal aus, tritt aber sowohl im Februar als auch im März immer wieder über mehrere Tage hin auf. Es sind die Temperaturschwankungen der Luft über bzw. unter 0°C , die in den Leitwertschwankungen eine Parallele finden. Sehr deutlich ist dies auch im März der Fall, wo der in der Zeit zwischen 14. und 20. März deutlich überhöhte Leitwert (mit $353\ \mu\text{S}$ der höchste des Jahres) nicht eine Folge des Niederschlages vom 11. März und einer stärkeren Schüttung war, sondern im Gefolge einer Reihe von sehr kalten Tagen (14. bis 21. März alle Tagesmittel unter $-1,0^{\circ}\text{C}$) und eines Schüttungsrückganges auftrat. Diese großen Unterschiede in der Lufttemperatur des März 1961 und 1962 drücken sich auch noch in den Monatsmitteln aus (vgl. Tabelle 5).

Im Monat April 1962 ist die Kurve der elektrolytischen Leitfähigkeit des Wassers im Andritzsprung von der Schneeschmelze im Plateaubereich des Schöckelmassivs beherrscht. Bis zum 31. März 1962 meldete die Station Stubenberghaus auf dem Schöckel eine geschlossene Schneedecke zwischen 50 und 80 cm Höhe, am 15. April war das Plateau schneefrei. 1961 wurde das Ende der geschlossenen Schneedecke am 8. März verzeichnet. Das Schneeschmelzwasser des Frühjahres 1962 hatte eine Abnahme des Leitwertes des Wassers im Andritzsprung von 346 auf $304\ \mu\text{S}$ zur Folge.

Die Niederschläge in der Zeit vom Mai bis zum September 1962 waren mit Ausnahme der ersten Junihälfte ergiebiger und intensiver als jene dieser Monate im Jahre 1961, und der unruhige Verlauf der Leitwertkurve zeigt, daß trotz der starken Evapotranspiration der Sommermonate immer wieder eine kurzfristige Beimengung von Niederschlagswässern zum Quellwasser stattfand. Neben diesen raschen, mit den Starkregen verbundenen Schüben scheint aber auch eine stete, langsame Auffüllung des Karstwasserkörpers vor sich gegangen zu sein, die zu einem Herausdrücken tiefer gelegenen, stärker mit Lösungstoffen angereicherten Karstwassers führte, was den Ausdruck in einem zwar von häufigen Schwankungen unterbrochenen, aber doch unver-

	1	2	3	4	5	6	7
Graz-Andritz 1961	-3,6	2,6	7,1	12,3	12,5	18,0	17,0
Graz-Andritz 1962	-1,9	-0,1	1,5	9,4	12,2	14,7	16,7
Schöckel 1961	-4,6	-0,6	2,0	6,4	5,7	11,3	10,9
Schöckel 1962	-3,3	-6,3	-5,5	3,3	5,6	8,3	10,5

kennbaren generellen Anstieg der Leitwertkurve von 304 auf 337 μS findet. Diese Auslegung des Verlaufes der Kurve wird dadurch gestützt, daß sich in der Zeit geringerer Niederschläge und Schüttung in der zweiten Septemberhälfte und dem Großteil des Oktobers der Leitwert wieder um ein Mittel von 330 μS einpendelt. Der November des Jahres 1962 wies eine außergewöhnlich hohe Niederschlagssumme von 107 mm in Graz-Andritz auf (langjähriges Novembermittel 53 mm). Doch wird schon ab 17. November eine geschlossene Schneedecke auf dem Schöckelplateau verzeichnet, die am 27. November bereits eine Höhe von 60 cm erreichte und während des ganzen Dezembers erhalten blieb. Die hohen Leitwerte weisen darauf hin, daß im Dezember 1962 der Andritzsprung Wasser mit stärkerem Lösungsgehalt führte.

Soweit das Vorliegen nur zweier Jahreskurven eine vorsichtige Herausschälung allgemeiner Tendenzen erlaubt, scheinen diese in höheren Lösungsgehalten des Wassers im Winter (Dezember, Jänner) und geringeren nach der Schneeschmelze und während des (Früh-)Sommers zu liegen, wobei schon in den einzelnen Jahren der recht verschiedenartige Ablauf der Schneeschmelze viele Variationen zuläßt. Ganz allgemein kann man wohl die Schwankungsbreite der elektrolitischen Leitfähigkeit des Quellwassers als gering bezeichnen, die Jahresamplitude betrug 1961 36, 1962 49 μS .

Da uns in den Jahren 1961 und 1962 die Mittel für eine routinemäßige, langfristige Bestimmung der einzelnen Anionen und Kationen des Quellwassers fehlten, versuchten wir, die Leitwertmessungen wenigstens durch Härtebestimmungen zu ergänzen. Fig. 8 weist die Ergebnisse der Messung der Karbonathärte aus¹. Trotz der größeren Ungenauigkeit der Meßmethode ist die allgemeine Parallelität der Kurven unverkennbar. Im Jahre 1961 betrug der Höchstwert der Karbonathärte des Quellwassers 11,2 deutsche Härtegrade (d. H.), der niedrigste 8,3 d. H., das ergibt eine Jahresamplitude von 2,9 d. H. Das Jahresmittel lag bei 9,3 d. H. Im Jahre 1962 betrug die Jahresamplitude nur 1,8 d. H. (Höchstwert 11,2 d. H., niedrigste Karbonathärte 9,4 d. H.), das Jahresmittel lag bei 10,2 d. H. Die **Gesamthärte** fand sich 1961 zwischen 9,8 und 12,3 d. H., 1962 zwischen 11,0 und 12,8 d. H. Der **pH-Wert** lag in beiden Jahren immer zwischen 7,3 und 7,5.

¹ Die Bestimmung erfolgte über die Messung der Alkalität durch Titration mit n/10-Salzsäure.

8	9	10	11	12	Jahr
17,6	16,7	10,4	3,4	-2,3	9,3
19,0	13,1	9,3	3,0	-4,5	8,5
12,2	12,8	6,1	1,2	3,8	5,0
13,9	8,3	5,2	-1,7	-5,9	2,7

Tabelle 5: Die Monats- und Jahresmittel der Lufttemperatur der Stationen Graz-Andritz (360 m Sh.) und Schöckel (Stubenberghaus, 1432 m) in den Jahren 1961 und 1962 (Hydrographisches Jahrbuch).

3. Zusammenfassung

Am Andritzursprung, einer großen, am nördlichen Stadtrand von Graz gelegenen Karstquelle, wurden seit dem 19. Jahrhundert immer wieder, zuletzt jeweils mehrere Jahre umfassende Messungen durchgeführt, die zuerst vornehmlich die Wassertemperatur, später auch die Schüttung und den Chemismus bzw. deren Schwankungen zu erfassen trachteten.

Das Einzugsgebiet der Quelle stellt das bis 1445 m Seehöhe aufragende Massiv des Schöckels dar, das fast völlig aus nach diesem benannten Devonkalk besteht. Der Schöckelkalk ist ein reiner, meist dichter bis feinkristalliner Kalktektonit in oft dickbankiger Ausbildung und gut verkarstungsfähig. In dem mit Vegetation und einer mehr oder minder mächtigen Bodenkrume bedeckten Kalkmassiv sind die Dolinen das am häufigsten vertretene Karstphänomen. Die auch auf den Hochflächen und Verebnungen fehlende Oberflächenentwässerung weist auf die Infiltration der Niederschlagswässer in den Bergkörper. Im Bereich des Andritzursprungs reicht der Schöckelkalk unter die angrenzenden Tertiär- und Quartärsedimente hinab, und die Quelle stößt als Waller in einem großen Quelltümpel auf. Die abfließenden Quellwässer werden zum Teil in Fischteichen genutzt, bilden aber ansonsten den Hauptteil des Andritzbaches, der auch zur Grundwasseranreicherung im Bereich des Wasserwerkes Graz-Andritz herangezogen wird.

Die Schüttung dieser typischen Karstquelle ist starken Schwankungen unterworfen, gemessene Extreme sind die Hochwasserführung vom 30. August 1938 mit 1640 l/s und das Niederwasser vom 19. Februar 1947 mit 54 l/s.

Faktoren, die die Schüttung beeinflussen, sind vor allem das Ausmaß und der Verlauf der Schneeschmelze und Niederschläge im Frühjahr und Spätherbst. Ob sich die Sommerniederschläge in der Quellschüttung auswirken, hängt vor allem von ihrer Intensität ab. Starkregen haben eine rasch ansteigende Schüttung zur Folge, während auch höhere und länger andauernde Niederschläge minderer Intensität in den Monaten Juli und August nahezu vollständig von der Evapotranspiration und der Speicherung in der Bodenkrume aufgebraucht werden können. Auf diesen Faktoren beruhen die Haupttypen der Ganglinien

der Wasserführung, wie sie Tafel I und die Fig. 4 bis 7 repräsentieren (vgl. die Ganglinien mit Sommerspitze in den Jahren 1938, 1946, 1948 und 1953 mit den sommerlichen Mittel- oder Niederwässern der Jahre 1941, 1947, 1949, 1950, 1951 und 1953).

Die Temperatur des Quellwassers ist nur sehr geringen Schwankungen unterworfen. Nach unseren eigenen Messungen betrug die Jahresamplitude 1962 nur 0,5° C, 1961 0,9° C. In den achtjährigen Messungen von 1946 bis 1953 lag sie zwischen 0,8 und 1,4° C. Ein echter Jahresgang konnte bisher in der Wassertemperatur nicht nachgewiesen werden, eher scheint sich eine Verschiebung der Schwankungsbreite über einen längeren Zeitabschnitt anzudeuten (vgl. Tab. 2). Von kurzfristigem Einfluß sind nachgewiesenermaßen starke Schüttungsschwankungen im Gefolge von Starkregen (z. B. Oktober bis November 1961), sie können das Ausmaß einer Jahresschwankung erreichen.

Ähnliche Aussagen erbrachte die Messung der elektrolytischen Leitfähigkeit bezüglich des Lösungsgehaltes des Quellwassers. Beim Wasser des Andritzursprunges handelt es sich um ein mittelhartes Calcium-Hydrogenkarbonatwasser mit einer Karbonathärte von 8 bis 11 und einer Gesamthärte von etwa 9,5 bis 12,5 deutschen Härtegraden.

Eine von Professor Dr. C. JOB (Balneologisches Institut der Universität Innsbruck) durchgeführte Analyse einer am 22. April 1972 gezogenen Wasserprobe erbrachte folgende Ergebnisse:

Wasserstoffexponent bei 20° C pH = 7,0

elektrolytische Leitfähigkeit: 340 µS bei 1000 Hertz und 20° C

In 1 kg Wasser sind enthalten:

Kationen:	mg	millival	millival %
Natrium (Na')	0,60	0,026	0,65
Kalium (K')	0,55	0,014	0,35
Lithium (Li')	0,00	0,000	0,00
Calcium (Ca'')	76,61	3,823	94,98
Magnesium (Mg'')	1,96	0,161	4,00
Ferro (Fe'')	0,02	0,001	0,02
		4,025	100,00

Anionen:

Hydrogenkarbonat (HCO ₃ ')	219,18	3,592	89,76
Chlorid (Cl')	0,00	0,000	0,00
Fluorid (F')	0,06	0,003	0,07
Nitrat (NO ₃ ')	4,59	0,074	1,85
Sulfat (SO ₄ '')	16,00	0,333	8,32
		4,002	100,00

Metakieselsäure (H₂SiO₃')

echt gelöst 324,30

Wasserhärte: Gesamthärte: 11,16 d °H

Karbonathärte: 10,06 d °H

Nichtkarbonathärte, berechnet: 1,10 d °H

In der elektrolytischen Leitfähigkeit betragen die Jahresamplituden 1961 36, 1962 49 $\mu\text{S}/16^{\circ}\text{C}$. Auch hier läßt sich in den Schwankungen bei der bisher kurzen Beobachtungszeit kein Jahresgang, sondern ein Einfluß der Schneeschmelze (1962, Fig. 8) bzw. von Starkregen erkennen (1961). Beiden folgt im allgemeinen eine Verdünnung des Lösungsgehaltes, doch kann bei Starkregen dieser Verdünnung auch eine kurze Anhebung des Leitwertes vorangehen, was wohl als die Folge einer ersten Druckwelle im Karstwasserkörper gedeutet werden kann.

Die Abflußhöhe und andere Kennwerte des Wasserhaushaltes können aus den früher vorliegenden Unterlagen nicht errechnet werden, sie sind der Auswertung einer bereits vorliegenden Quellaufnahme um das gesamte Schöckelmassiv sowie laufender ergänzender Messungen vorbehalten.

Literatur

- BOCK, H., Die Wetterlöcher auf dem Schöckl. — Mitt. Höhlenk., 3, Graz 1910.
- BOCK, H., Charakter des mittelsteirischen Karstes. — Mitt. Höhlenk., 6, Graz 1913.
- CLAR, E., Zur Geologie des Schöcklgebietes bei Graz. — Jahrb. geol. Bundesanstalt, 83, Wien 1933.
- CLAR, E., Die „Eggenberger Bresche“ und das Alter einiger Formengruppen im Bergland von Graz. — Zeitschr. Geomorph., 8, Berlin 1935.
- FLÜGEL, H., Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes. 1:100.000. — Wien 1960.
- FLÜGEL, H., Die Geologie des Grazer Berglandes. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. u. Techn., 23, Graz 1961.
- JANISCH, J. A., Topographisch-statistisches Lexikon von Steiermark. Bd. 1. — Graz 1878.
- MAURIN, V., Hydrogeologie und Verkarstung des Grazer Berglandes. — Mitt. Museum Bergbau, Geol. u. Techn., 23, Graz 1961.
- MÜLLER, J., Temperaturstudien im Andritzursprunge. — Grazer Tagespost, 17. Mai 1896, Graz 1896.
- UNGER, F., Die Andritzquelle bei Grätz in Bezug auf ihre Vegetation. — Linnaea, Journal f. d. Botanik, 13, Berlin—Halle 1839.
- WONISCH, F., Die Temperaturverhältnisse im Andritzursprung. — Mitt. d. Deutschen naturwiss. Vereins beider Hochschulen in Graz, 28. Vereinssemester, 4, Graz 1910.
- WONISCH, F., Zur Algenflora des Andritzer Quellgebietes. — Mitt. naturwiss. Ver. f. Stmk., 47, Graz 1911.

Summary

Ever since the 19th century measurements have been carried out at the Andritzursprung, a large karst spring situated at the northern outskirts of Graz, which recently comprised several years each and the object of which was initially to record the water temperature in particular, but later on, also the discharge and the chemism and its fluctuations, respectively.

The recharge area of the spring covers the Schöckel massive rising to a sea level of 1,445 m with the whole massive almost entirely consisting of Devonian limestones, which are significantly called "Schöckelkalk". The "Schöckelkalk" is pure, well-bedded and subject to karstification. In this calcareous massive, where vegetation and a more or less thick soil cover can be found, the dolines are the phenomenon that is most frequently encountered. The lack of superficial drainage in high plains indicates that precipitation infiltrates into the massive. In the area of the Andritzursprung the "Schöckelkalk" reaches as far down as to the tertiary and quaternary sediments, and the spring is a typical Vaucluse spring. The waters of the spring that run off partly supply fish ponds, but for the most part they form the Andritzbach, which also serves the purpose of enriching the ground water in the area of the Graz-Andritz water works.

The discharge of this typical karst spring is subject to heavy fluctuations. Extreme values were measured on August 30, 1938 with a high discharge of 1640 l/s, and on February 19, 1947 with a low discharge of 54 l/s.

The most important factors influencing discharge are the amount and process of snow melt as well as precipitation in springtime and late fall. Whether precipitation occurring in summer have any effects on the discharge of the spring, primarily depends on their intensity. Heavy rainfalls usually imply a rapidly increasing discharge, while higher precipitation with minor intensity occurring for a longer period in July and August may almost entirely used up by evapotranspiration and storage in the soil cover. It is these factors upon which the discharge curves are based, as shown by plate I and figures 4 to 7 (see for curves with summer peaks in 1938, 1946, 1948 and 1953, and average and low waters in 1941, 1947, 1949, 1950, 1951 and 1953).

The spring water temperature is subject to minor fluctuations only. According to our measurements the annual amplitude in 1962 was as small as 0.5° C, and in 1961 0.9° C. During the measurements covering a period of eight years from 1946 till 1953, the amplitude was between 0.8 and 1.4° C. It has not been possible yet to prove a real seasonal fluctuation in water temperature, there seem to exist some signs as to a shift of the extent of fluctuation over a longer period (see for table 2). It is proved, however, that high discharge fluctuations after heavy rainfalls (e. g. October until November in 1961) have short-termed influence, sometimes even reaching the extent of annual fluctuations.

Similar results were gained in measurements of the electrolytic conductivity as to the solution content of the spring water. The water of the Andritzursprung is a hydrocarbonate water of average hardness with a carbonate hardness being 8 to 11, and a total hardness being some 9.5 to 12.5 according to German degrees. The annual amplitudes in the electrolytic conductivity were 36 in 1961 and in 1962 49 $\mu\text{S}/16^\circ\text{C}$. It is here again that no seasonal fluctuations have been observed during the investigations carried out so far, but a seasonal influence of snow melt (in 1962, fig. 8) and of heavy rainfalls, respectively (in 1961). In both cases, this generally leads to a dilution of the solution content; in heavy rainfalls, however, this dilution may be preceded by a short increase of the conductivity value, which may well be interpreted as the consequence of a first pressure wave in the karst water massive.

The run-off percentage and other factors of the water balance cannot be calculated on account of data hitherto available. They are gained through evaluation of the surveys comprising the entire Schöckel massive as well as through additional measurements that have not been concluded yet.

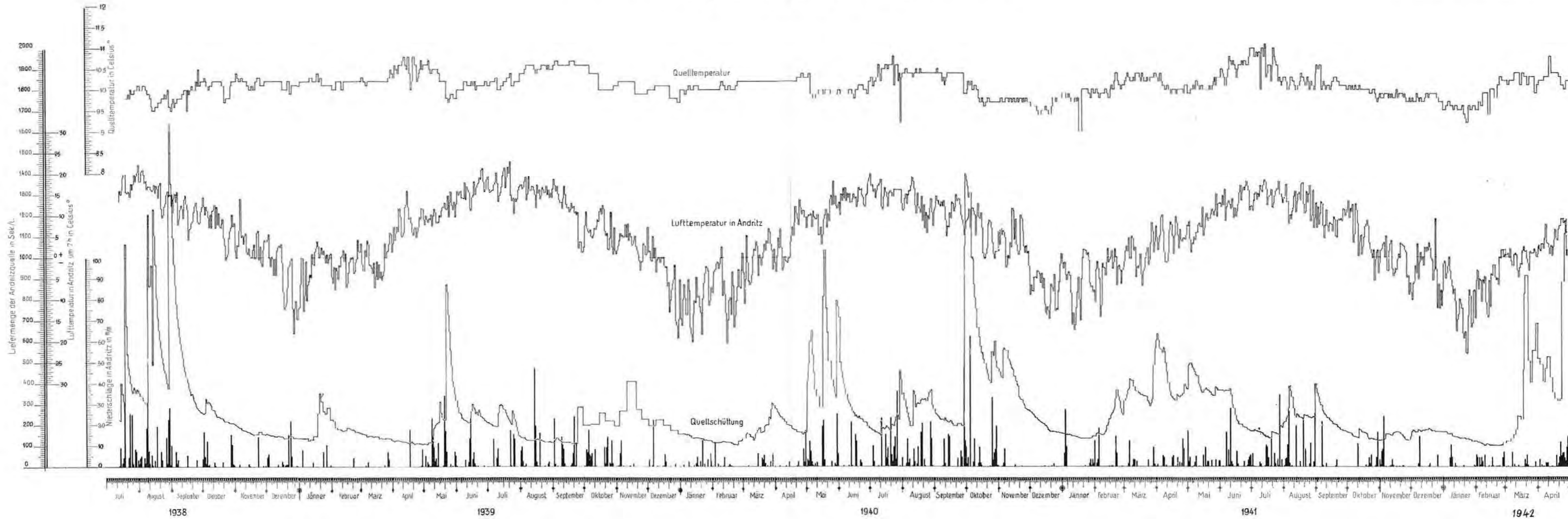
Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. V. MAURIN, 2. Lehrstuhl für Geologie und Abteilung für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe, Kaiserstraße Nr. 12, D-75 Karlsruhe.

Prof. Dr. J. ZÖTL, Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.

Schüttung und Wassertemperatur beim Andritzursprung sowie Lufttemperatur und Niederschläge bei der Station Graz-Andritz 1938—1942 (nach einer Darstellung des Wasserwerkes der Stadt Graz).

Tafel I
zu V. MAURIN & J. ZÖTL



Schüttung und Wassertemperatur beim Andritzursprung sowie Lufttemperatur und Niederschläge bei der Station Graz-Andritz 1938—1942 (nach einer Darstellung des Wasserwerkes der Stadt Graz).

Tafel I
zu V. MAURIN & J. ZÖTL

