

# Das Grundwasser im Leibnitzer Feld (Steiermark)

Von J. ZÖTL (Graz)

## Vorbemerkung

1. Geographische Lage und geologischer Aufbau
  2. Das Grundwasser
    - 2.1. Die natürlichen Grundwasserschwankungen, die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers und seine Überdeckung
    - 2.2. Auswirkungen des Aufstaus der Mur bei Gralla auf den Grundwasserkörper
    - 2.3. Der Grundwasserhaushalt im Leibnitzer Feld
  3. Zusammenfassung
- Literatur  
Summary

## Vorbemerkung

Die bedeutendsten Grundwasservorkommen der Steiermark liegen in den quartären Talfüllungen des Enns-, Mürz- und Murtales. Besonders im Mürz- und Murtal kommt durch die Ballung von Siedlungen und Industrien den Grundwasservorräten eine eminente Bedeutung zu. Der noch immer steigende Wasserbedarf zwingt dazu, der Wasserbilanz der einzelnen Tal- und Beckenlandschaften mehr Augenmerk zu widmen, wenn nicht eine (teilweise bereits spürbare) Überforderung dieser Grundwasservorräte eintreten soll. Zu beachten ist, daß neben dem noch ständig steigenden Bedarf von Siedlung und Industrie in Zukunft auch die Landwirtschaft größere Wassermengen benötigen wird. Im Zuge der Beteiligung an größeren Märkten wird gerade in Trockenperioden auch die Landwirtschaft unseres an sich humiden Bereiches nicht einer fallweisen intensiven Bewässerung entbehren können, wenn ihr Wettbewerbsfähigkeit zukommen soll.

Im Mürztal wurde bereits 1961 seitens der Steiermärkischen Landesregierung mit Arbeiten für eine wasserwirtschaftliche Rahmenplanung begonnen (W. TRONKO, 1963). Im oberen Murtaal laufen koordinierte Untersuchungen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung mit Instituten der Hochschulen in Graz und Leoben und der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz. Im Grazer und Friesacher Becken liegen die Untersuchungen in Zusammenarbeit mit den bereits genannten Institutionen vor allem in der Hand der zielbewußten Leitung des Wasserwerkes der Landeshauptstadt.

Der Bereich des Murtales von Wildon bis zur Staatsgrenze hat durch den geplanten und teilweise begonnenen Ausbau einer Kraftwerkskette, wirtschaftlich bedeutsame Schotterentnahmen, der notwendigen Erweiterung der Siedlungswasserwirtschaft und einer bedeutenden Landwirtschaft seine besondere Problematik. Der verantwortungsbewußten Haltung der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG und der Förderung der Arbeiten durch das Bundesministerium für Handel, Gewerbe und Industrie und die Steiermärkische Landesregierung ist es zu verdanken, daß in Zusammenarbeit der Hydrographischen Landesabteilung, verschiedener Hochschulinstitute, der STEWEAG und der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz Untersuchungen in einem Ausmaß vorliegen, die einen ersten Überblick über die hydrologischen Gegebenheiten dieses Bereiches gestatten. Die Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz konnte daher mit Hilfe des Österreichischen Nationalkomitees der Internationalen Hydrologischen Dekade eine Studie über die Grundwasserverhältnisse des Leibnitzer Feldes erstellen.

Für die Unterstützung dieser Arbeit sei es gestattet, vor allem dem Leiter des Österreichischen Nationalkomitees für die Internationale Hydrologische Dekade, Herrn Ministerialrat Diplomingenieur H. SCHIMPF, den ergebensten Dank auszusprechen. Für die Überlassung wertvoller Daten hat der Verfasser der Baudirektion der Steirischen Wasserkraft- und Elektrizitäts-AG, insbesondere Herrn Diplomingenieur H. NIEDERL, der Hydrographischen Landesabteilung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung (vor allem Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Dr. H. KREPS und Frau Dr. I. ARBEITER) und dem Wasserwerk Leibnitz, Herrn H. BAUMANN, zu danken.

## 1. Geographische Lage und geologischer Aufbau

Als Leibnitzer Feld werden im engeren Sinn die quartären Terrassenflächen zwischen Laßnitz, Sulm und Mur bezeichnet (Österr.-Karte 1 : 50.000, Blatt 190, Leibnitz). Es handelt sich um einen

Raum, der siedlungs- und wirtschaftsgeographisch nicht nur vom umgebenden Hügel- und Bergland absticht, sondern auch wesentlich günstigere Siedlungsverhaltnisse aufweist als weite Teile der Anlandungsflachen östlich der Mur. Aber während Laßnitz und Sulm, von wenigen Ausnahmen abgesehen, tatsächlich die orographische West-

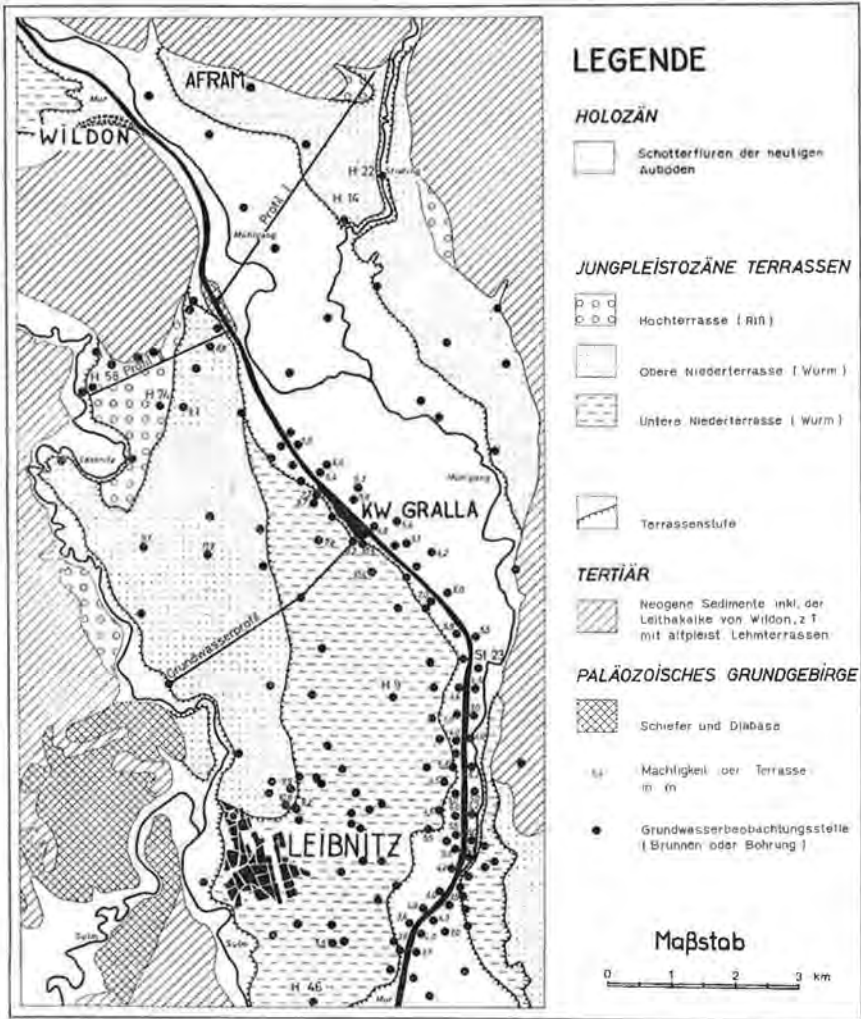


Abb. 1: Geographisch-geologische Übersichtsskizze des Leibnitzer Feldes.

grenze des Leibnitzer Feldes bilden, durchschneidet die Mur den quartären Terrassenkörper, der auch östlich des Flusses noch ausgedehnte Flächen einnimmt. Die vorliegende Studie muß infolgedessen auch die links der Mur liegenden Terrassen mit einbeziehen, und im folgenden wird der Begriff „Leibnitzer Feld“ auf den gesamten jungquartären Aufschüttungskörper zwischen Wildon und Wagna ausgedehnt.

Die Begrenzung des Beckens bilden im Norden die Südhänge des Aframer Tertiärbereiches, die Enge des Murfeldes bei Wildon und die Wildoner Berge (Abb. 1).

In der Enge von Wildon ist der jungquartäre Aufschüttungskörper, die Verbindung des Grazer und Leibnitzer Feldes, bis auf eine Breite von etwas mehr als 1 km eingeengt. Die Südhänge des Aframer Hügellandes und der Wildoner Berge bestehen aus sandig-kalkigen Miozän-sedimenten. Daß die Kalke (Leithakalkserie) bis tiefer hinab verkarstet sind, beweisen sowohl Dolinen und Ponore im Raume von Sukdull (im Hinterland nördlich von Afram) als auch große Dolinen am Plateaurand des Wildoner Buchkogels. Nördlich und östlich von Wildon wurden die Kalke auch als Basis des jungquartären Aufschüttungskörpers erbohrt. Die geologischen Verhältnisse am Südhang des Wildoner Buchkogels sind nicht völlig geklärt. Während auf der geologischen Karte der Steiermark von K. METZ (1957) die paläozoischen Schiefer unter den Tertiärsedimenten am Südhang des Wildoner Buchkogels ausstreichen, weist die Detailkartierung von G. KOPETZKY (1957) hier kein Paläozoikum aus; die Leithakalke reichen nach G. KOPETZKY bis zu den quartären Terrassen herab. Im Gebiet von Lebring sind paläozoische Grünschiefer und Diabase als anstehendes paläozoisches Grundgebirge von der Mur freigelegt.

Im Nordwesten bildet zunächst die Laßnitz die Grenze. Der Fluß hat bei seinem Eintritt in das Leibnitzer Feld sein Bett so tief in das die Basis des Quartärs bildende Tertiär eingeschnitten, daß bis in den Raum von Jöb auch Hochwässer die Tegeloberkante nicht übersteigen.

Im Gebiet beiderseits des Sulmdurchbruches übernehmen schließlich paläozoische Schiefer auf eine N-S-Erstreckung von etwa 3 km die Westbegrenzung. An sie schließen gegen Süden wiederum tertiäre Sande und Leithakalke an.

Auch im Nordosten, östlich der Stiefing, begrenzt zunächst das tertiäre Hügelland den quartären Terrassenkörper östlich der Mur. Anschließend übernehmen diese Grenzfunktion immer mehr ausgedehnte, mittel- und altpleistozäne Terrassensysteme, die sich bei starker Lehmüberdeckung und meist geringer mächtigem Kieskörper auf tertiärer Basis in hydrographischer und orographischer Hinsicht wesentlich von den jungpleistozänen und holozänen Terrassen unterscheiden (vgl. auch V. MAURIN & J. ZÖTL, 1964).

Gegen Südosten ist das Leibnitzer Feld offen. Die Mur, die sich südöstlich von Gralla den altpleistozänen Terrassen, d. h. der Ostbegrenzung des Feldes, nähert, quert im SO von Leibnitz neuerdings den quartären Kieskörper und hält sich fortan bis zum Abstaller Feld an die südliche Talflanke.

Die Kiesterrassen des Leibnitzer Feldes entstanden wie jene in den anderen Weitungen in den eiszeitlich nicht vergletscherten Bereichen des Murtales im Wechselspiel klimatisch bedingter Aufschüttung und Ausräumung im Laufe des Jungpleistozäns und Holozäns. Die systematische Bearbeitung der Murterrassen im Grazer und Leibnitzer Feld begann mit F. ROLLE (1856). Inzwischen haben sich vor allem E. CLAR (1927, 1931), J. FINK (1959), H. FLÜGEL (1960), V. HILBER (1894, 1912), S. MORAWETZ (1961), A. PENCK (1909), J. SÖLCH (1917, 1928), J. STNY (1923) und A. WINKLER-HERMADEN (1958) mit einer vorwiegenden Blickrichtung auf das Grazer Feld mit diesem Fragenkomplex beschäftigt. Es besteht heute ziemliche Einigkeit, daß die Hauptflur eine Aufschüttung der Würmkaltzeit ist.

Für die Beurteilung der Mächtigkeit des Grundwasserkörpers von Bedeutung ist die von H. FLÜGEL (1960) herausgeschälte Gliederung des Reliefs der tertiären Basis der jungquartären Terrassen. Vor allem gestützt auf Profile von Schußbohrungen der Rohöl-AG wies H. FLÜGEL auf einen weitgehend den obertägigen Terrassenkanten folgenden Abfall im Terrassensockel hin. So wurden beispielsweise im Wechselspiel von Akkumulation und Erosion in der nachrißzeitlichen Erosionsphase nicht nur die rißeiszeitlichen Anladungen weitgehend ausgeräumt, der Fluß schnitt sich auch neuerdings in den tertiären Untergrund ein. Darauf erst erfolgte die würmzeitliche Aufschüttung.

Für das Leibnitzer Feld wird diese Gliederung der Terrassenbasis durch die Abb. 2, Profile I und II, illustriert. Profil I stützt sich auf die Auswertung der schon von H. FLÜGEL (1960) zitierten Bohrprofile der Rohöl-AG. Der obertägige Abfall der Riß- zur Würmterrasse tritt im Profil ebenso scharf hervor, wie er in der Natur unverkenn-

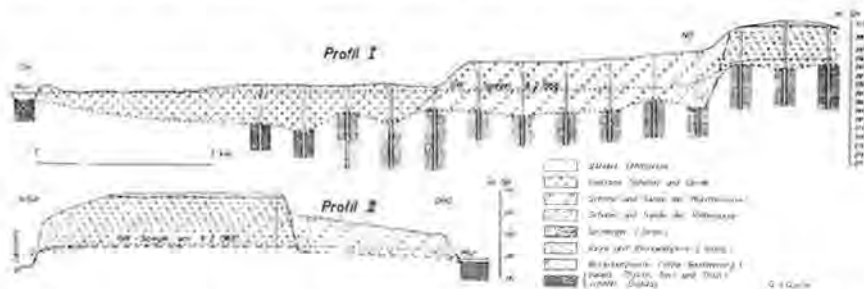


Abb. 2: Profile durch die Schotterterrassen des Leibnitzer Feldes (vgl. Abb. 1).

bar ist. Die Reißterrasse trägt auch hier eine mächtigere Lehmdecke als die Würmterrasse. Sehr deutlich zeichnet sich die Schwelle in der Terrassenbasis ab.

Die Würmterrasse, ein durchschnittlich 11 bis 12 m mächtiger Akkumulationskörper, zeigt hier keine Untergliederung, wie sie im Leibnitzer Feld westlich der Mur unverkennbar auftritt.

Die Basis der Reiß- und Würmterrasse bilden Tonmergel des Torton.

Sehr markant ist wieder der Abfall der Würmterrasse zur holozänen Schotterflur und die entsprechende Erosionskerbe in der Terrassenbasis. Es handelt sich bei letzterer um eine in den Würmterrassecken eingeschnittene, hier nur mehr schwächer ausgebildete Rinne, deren Einschnidungstiefe in den Würmterrassecken bei Lebern (im Grazer Feld) etwa 10 m, im Zentrum von Graz etwa 14 m und bei Peggau ca. 15 m beträgt (H. FLÜGEL, 1960). Die Tiefe der jungen Rinne im Würmterrassecken nimmt demnach flüßaufwärts zu, im südlichen Leibnitzer Feld dürfte sie hingegen auslaufen. Von hydrologischer Bedeutung ist der Umstand, daß die Basis der Holozänterrasse hier zum Teil aus Kalken besteht. Da damit zu rechnen ist, daß diese Kalke zum Teil verkarstet sind, kann eine Zirkulation zwischen dem Grundwasser im Schotterkörper und Karstwasserwegen vorliegen, die die Erstellung einer Wasserbilanz sehr schwierig gestaltet. Gegen die Mur hin stießen die Bohrungen bereits auf das paläozoische Grundgebirge, das auch im Murbett bei Lebring auf eine längere Strecke aufgeschlossen ist. Dieser Grundgebirgsaufbruch bildet auch eine absolute hydrologische Grenze. Erst nach Abschluß der hier publizierten Untersuchungen lagen die ersten Ergebnisse von seismischen Untersuchungen vor, die Prof. Dr. F. WEBER (Montanistische Hochschule Leoben) für das Amt der Steiermärkischen Landesregierung in diesem Bereich durchführte. Sie ergaben eine maximale Mächtigkeit der holozänen Schotter knapp östlich der Mur. Das heißt, daß hier eine Tiefenrinne liegt, die im Profil I (Abb. 2) nicht aufscheint.

Für das Profil II liegen weniger Aufschlüsse vor. Es stützt sich neben zwei unweit der Profillinie gelegenen Brunnen vor allem auf zwei Sondierungen der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz und Aufschlüsse des austreichenden Tertiärsockels im Laßnitztal.

Die Reißterrasse ist hier viel ausgedehnter als östlich der Mur (über 1 km O-W- und fast 2,5 km N-S-Erstreckung). Nach dem Ort Jöß bezeichnet man sie gelegentlich als Jösser Terrasse. Die beiden Bohrungen liegen so, daß der Abfall der Basis der Reißterrasse zur Basis der Würmterrasse noch deutlich hervortritt. Im Osten bildet wieder das im Murbett freiliegende paläozoische Grundgebirge die Grenze. Die Würmterrasse reicht hier faktisch bis an die Mur. Es ist nicht bekannt, ob im mittleren und östlichen Teil des Profiles die Terrassen-



basis aus Tertiärsedimenten oder paläozoischen Gesteinen besteht. Eine Aufschlußbohrung wäre von großem hydrologischem Wert.

Den weitaus größten Raum zwischen Laßnitz, Sulm und Mur nimmt die Würmterrasse ein, sie zeigt hier eine deutliche Zweigliederung (Abb. 1). Schon A. WINKLER-HERMADEN (1955) hat die untere der beiden Würmterrassen als Erosionsterrasse gedeutet, als Zwischenstufe der jüngstpleistozänen Erosionsphase, die zur Ausbildung der letzten Tiefenrinne führte. Dieser Annahme entspricht, daß die wenigen Aufschlüsse nahe der Terrassenkante von der oberen zur unteren Würmterrasse keinen entsprechenden Abfall in der Basis zeigen. Die diesbezüglich besten Einblicke ergaben sich bei den alten Brunnen des Wasserwerkes Leibnitz. Der östlichste Brunnen liegt auf der unteren, die beiden nordwestlich davon auf der oberen Würmterrasse. Bei einem Höhenunterschied der Terrassenoberflächen von 1,8 m (Seehöhe 273,20 bis 275,00 m) bleibt die Terrassenbasis praktisch gleich (Seehöhe 264,00 bis 264,2 m)\*.

Die beiden Würmterrassen westlich der Mur sind ein alter Siedlungsraum (Flavia Solva!) mit der Stadt Leibnitz und einer ganzen Anzahl von Dörfern. Kaum, daß alte Gehöfte die holozäne Flur aufsuchten, und wo, da verzichteten sie von vornherein auf Kellergeschosse. Erst in jüngster Zeit verlockten billige Gründe auch hier zu vermehrter Bautätigkeit, aber die ausgehobenen Keller stehen in nassen Jahren unter Wasser. Anders als die mit Auwäldern und nassen Wiesen bestandenen Flächen der Holozänterrasse ermöglichen die Würmterrassen einen intensiven Feldbau (Mais- und Rübenkulturen).

In jüngster Zeit ist die obere Würmterrasse eine bevorzugte Quelle für Schotter- und Kiesentnahmen geworden, die die Reißterrasse wegen der zu mächtigen Lehmdecke meiden. Da man gegenwärtig dabei zur Tiefbaggerung im Grundwasser übergeht, ergeben sich Probleme für die bestehenden Wasserversorgungen, die aus diesem Grundwasserkörper schöpfen.

Östlich der Mur nimmt die Würmterrasse einen viel kleineren Prozentsatz der Fläche ein (Abb. 1). Die beschriebene Zweigliederung der Terrasse konnten wir hier nur im südlichsten Teil verfolgen.

Die östlich der Mur verbreitete Holozänflur offenbart schon in der Morphologie ihren jugendlichen Charakter, Altarme und Bänke bewirken ein unruhiges Kleinrelief. Überhaupt zeigen die drei Terrassengruppen nicht nur verschiedene Bodentypen, sondern auch ein differenziertes morphologisches Bild, von dem der jüngsten Aulandschaft über die Einförmigkeit der Würmterrassen zur beginnenden Reliefbildung auf der Reißterrasse. Große Areale der Holozänflur sind von Auwäldern bedeckt. Vor der Murregulierung (1875 bis 1891) mäandrierte der Fluß noch in jüngster Zeit über weite Flächen, und der

\* Profil von Ing. H. FUCHS, 1960, im Wasserwerk Leibnitz aufliegend.

starke Wechsel von schluffigen Sanden bis zu Schotterbänken im Aufbau des Terrassenkörpers zeugt von aufeinanderfolgenden Nieder- und Hochwässern. Mühlgänge paaren sich mit der Verschleppung der Einmündung der Seitenbäche (Stiefing), nicht zuletzt begünstigt durch den oberflächennahen Grundwasserstand.

Über die Mächtigkeit der würmzeitlichen und holozänen Akkumulationskörper geben uns vor allem die entlang der Mur niedergebrachten Bohrungen Aufschluß. Die Spärlichkeit der Sondierungen im Inneren der Terrassen läßt jedoch eine befriedigende Darstellung eines Profiles nicht mehr zu. Abb. 1 weist die erbohrte Mächtigkeit der Sedimentkörper aus. Ihr ist zu entnehmen, daß die Mächtigkeit der oberen Würmterrasse westlich der Mur gegen Süden kaum abnimmt, wohl aber jene der unteren Würmterrasse. Die Tiefenrinne unter dem holozänen Sedimentationskörper scheint im Süden des Leibnitzer Feldes nicht mehr zu bestehen. Die untere Würmterrasse nimmt von ca. 10 auf ca. 6 m, die Holozänterrasse von etwa 11 auf ca. 4 m Mächtigkeit ab. Die Reliefunterschiede in der Basis lassen genauere Aussagen nicht zu.

## 2. Das Grundwasser

### 2.1. Die natürlichen Grundwasserschwankungen, die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers und seine Überdeckung

Bis zum Jahre 1962 bestanden im gesamten Leibnitzer Feld nur Grundwasserbeobachtungsstellen des Hydrographischen Dienstes. Erst mit dem Bau des Kraftwerkes Gralla wurde in Zusammenarbeit der Bauabteilung der STEWEAG und der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz das Beobachtungsnetz so weit ausgebaut, daß ein erster Überblick über die Grundwasserverhältnisse im Leibnitzer Feld gegeben war. Dieses Netz erfuhr in den folgenden Jahren u. a. auch im Hinblick auf spezielle Probleme des Wasserwerkes Leibnitz einen weiteren Ausbau, und gegenwärtig stehen etwa 150 an das Präzisionsnivellement angeschlossene Brunnen und Bohrungen dem Grundwasserbeobachtungsdienst zur Verfügung. In organisatorischer Hinsicht liegt die Betreuung der Beobachtungsstellen, deren wöchentlich zweimalige Messung auch einen beachtlichen finanziellen Aufwand bedeutet, in den Händen der STEWEAG, der Hydrographischen Landesabteilung und der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz. Die gesamten Beobachtungsergebnisse laufen zweckmäßigerweise in der Hydrographischen Landesabteilung zusammen, ein großer Teil wird durch das Hydrographische Zentralbüro beim Bundesmini-



sterium für Land- und Forstwirtschaft im Hydrographischen Jahrbuch publiziert und damit der Allgemeinheit zugänglich gemacht.

Vergleicht man die Grundwasserganglinien der zahlreichen Beobachtungsstellen im Leibnitzer Feld, so schälen sich verschiedene Typen heraus. Am verbreitetsten ist der Typus der Ganglinie des Grundwassers der Beobachtungsstelle H 9 (vgl. Tafel I), der für die meisten Brunnen der Würmterrasse im mittleren und nördlichen Leibnitzer Feld westlich der Mur charakteristisch ist. Im Jahre 1963 war in diesem Raum einheitlich ein Höchststand Ende März bzw. Anfang April zu verzeichnen. Diesem Frühjahrshochwasserstand folgte ein kontinuierliches Absinken des Grundwasserspiegels bis Anfang September, bei den meisten Beobachtungsstellen um mehr als einen Meter. Im September 1963 kam es zu einem neuerlichen Anstieg, der jedoch das Ausmaß des Frühjahrshochstandes nicht erreichte. Darauf folgte wieder ein mehr oder minder gleichmäßiges Absinken bis zum März 1964. März bis April 1964 war ein ähnlicher Frühjahrsanstieg zu beobachten wie im Jahre 1963, jedoch wurde der Hochstand von 1963 bei weitem nicht erreicht. Andererseits war aber auch das nun folgende, bis September 1964 dauernde Absinken geringfügiger als 1963. Bei dem nun bei H 9 Ende September 1964 einsetzenden und bis Dezember 1964, ja mit einer Unterbrechung bis Februar 1965 dauernden Anstieg fällt mit dem in diesem Jahr generell Ende Oktober eintretenden natürlichen Herbstanstieg die künstliche Aufhöhung des Grundwassers durch den Aufstau der Mur bei Gralla zusammen. Die Auswirkungen dieses Aufstaus werden im nächsten Kapitel eingehender verfolgt. Da der Frage, wieweit die Aufhöhung des Grundwassers den natürlichen Verhältnissen bzw. den künstlichen Veränderungen zuzuschreiben war, seinerzeit eine gewisse Bedeutung zukam, wurde zum Vergleich auf Tafel I eine diesem Typus sehr ähnliche Grundwasserganglinie aus dem südlichen Grazer Feld (M-Nord) dargestellt, wobei eine Beeinflussung durch Aufstau der Mur für diesen nördlich der Wildoner Enge gelegenen Raum völlig unmöglich ist. Man sieht, daß die Ganglinie von M-Nord bis September 1964 mit jener von H 9 weitgehend konform verläuft, wenn auch die Herbstspitze 1963 im Grazer Feld weniger ausgeprägt ist. Der Herbstanstieg 1964 beginnt aber erst Ende Oktober, erreicht nicht ganz das Ausmaß des Frühjahrsanstieges 1964, und vom Dezember 1964 folgt bis Mitte März 1965 wieder ein leichtes Absinken des Grundwasserspiegels. Der Anstieg im Jänner/Februar 1965 bei H 9 ist also der Ausdruck einer neuen, künstlich ausgelösten Grundwasserwelle.

Mitte März 1965 beginnt sowohl im Grazer als auch im Leibnitzer Feld der durch die enormen Niederschläge dieses Jahres ausgelöste starke Anstieg des Grundwassers, dessen Spitze im Grazer Feld Ende August zu verzeichnen ist. Bei H 9 drückt sich die Überlagerung des natürlichen Hochwasserstandes durch die künstliche Welle in einem

früheren Eintreten des hohen Grundwasserstandes, einer Aufstockung des natürlichen Hochstandes (bei H 9 um ca. einen halben Meter) und in einem zeitlich früheren Maximum aus. Der Frühjahrshöchststand von 1963 wurde bei M-Nord im Grazer Feld von Mitte Juni 1965 bis Ende Jänner 1966 (um maximal 65 cm im September 1965) überschritten, bei H 9 von Ende Jänner 1964 bis Anfang September 1965 (um maximal 70 cm im Juni 1965). So beträchtlich die Auswirkungen des Aufstaus im unmittelbaren Uferbereich waren (siehe Seite 113 ff.), im Raum von H 9 waren sie nur mehr geringfügig, und die Schwierigkeiten ergaben sich mehr aus der psychologischen Wirkung des Zusammentreffens einer künstlichen Grundwasseraufhöhung mit einem natürlichen Hochwasser.

Im Dezember 1965 trat neuerdings sowohl im Grazer als auch im Leibnitzer Feld ein Grundwasseranstieg ein, dem in beiden Räumen ein im Februar bzw. März 1966 geringfügig unterbrochener Abstieg bis Juni bzw. Juli 1966 folgte. Der Herbstanstieg 1966 erreichte bei M-Nord im September und Dezember, bei H 9 im Dezember 1966 sein Maximum. Im Jahr 1967 fehlte in beiden Räumen der Frühjahrsanstieg, und durch ein stetes Absinken wurde im September bzw. Oktober 1967 ein Minimum des Grundwasserstandes erreicht. Der nun folgende Herbstanstieg war in beiden Bereichen nur unerheblich und ließ bereits die Befürchtung aufkommen, daß im Falle geringer Frühjahrsniederschläge im Jahre 1968 ein außergewöhnlicher Tiefstand des Grundwassers eintreten könnte.

Das eben gezeichnete Bild eines für weite Bereiche der Würmterrassen typischen Grundwasserganges erfährt seine Abwandlung in unmittelbarer Nähe von Oberflächengerinnen, wobei wir vom künstlichen Aufstau der Mur zunächst absehen.

Ein typisches Beispiel eines durch die Mur beeinflussten Grundwasserganges ist die Ganglinie der Beobachtungsstelle St 23 (Tafel I). Der ausgeglichene Jahresgang ist durch die auf die Flußwasserstände zurückzuführenden Spitzen stark verwischt. Je näher der Beobachtungspunkt am Fluß liegt, um so mehr drücken die Flußspiegelschwankungen dem Grundwasser ihren Stempel auf. Reagiert die Beobachtungsstelle St 23 noch recht empfindlich, so spricht die Ganglinie von 3777 (H 11) nur noch auf die Katastrophenhochwässer 1965 und 1966 mit scharfen Spitzen an. Bei den murnahen Beobachtungsstellen tritt infolge der Abdichtung des Flußbettes infolge der starken Schwebstoffführung auch bei hohem Wasserstand selten tatsächlich Flußwasser in das Grundwasser über, und Spitzen der Ganglinien drücken vor allem den Rückstau des Grundwassers aus. Nur katastrophale Hochwässer reißen die Dichtungshaut gelegentlich auf und führen zu kurzfristigen Flußwasseraustritten.

Eine Abwandlung des typischen Jahresganges, wie er durch die Ganglinien von H 9 bzw. M-Nord repräsentiert wird, erfolgt im links-

ufrigen Leibnitzer Feld auch durch den Stiefingbach. Auch hier ist der Einfluß der Bachwasserführung auf die Grundwasserganglinie schon in einer Entfernung von 250 m nur noch gemäßigt und auf eine längerdauernde stärkere oder sehr geringe Wasserführung beschränkt, wie die Ganglinie der Beobachtungsstelle von H 5 (Tafel I) zeigt. Typisch für die Brunnen mit gemäßigtem Einfluß des Stiefingbaches ist eine gewisse Nivellierung der jahreszeitlichen Hochwasserstände. So fallen zwar die Frühjahrs- und Herbsthochstände der Jahre 1963, 1964 und 1966 zeitlich mit jenen in den Kernräumen des Grazer und Leibnitzer Feldes zusammen, erreichen aber im Gegensatz zu jenen immer so ziemlich die gleiche Höhe; der Sommerhochstand von 1965 drückt sich in mehreren aufeinanderfolgenden Spitzen aus. Ein gemäßigter Einfluß des Stiefingbaches einerseits und noch weitgehend ungeklärte unterirdische Zuflüsse aus dem Hinterland schaffen den Typus akzentuierter jahreszeitlicher Schwankungen, wie ihn das Beispiel H 14 (vgl. Abb. 20 bis 24) illustriert. Er tritt etwas vermindert auch bei H 22 auf (Tafel I).

Modifiziert wirkt auch der Einfluß der Sulm (z. B. H 46, Tafel I), der jedoch nur noch bei wenigen Brunnen im südwestlichsten Teil des Leibnitzer Feldes zur Geltung kommt.

Einen ganz selbständigen Typus zeigen die Grundwasserganglinien der auf der Jösser Rißterrasse gelegenen Beobachtungsstellen. Sie gleichen alle der auf Tafel I wiedergegebenen Ganglinie von H 58 (dort irrtümlich als H 28 bezeichnet). Die jahreszeitlichen Schwankungen sind zwar auch hier deutlich zu erkennen, sie stimmen zeitlich mit jenen der Ganglinien aus den anderen Bereichen im allgemeinen überein. Die Aufhöhung erreichte jedoch nur im Herbst 1964 einen halben Meter, die Kurven verlaufen generell sehr flach.

Zusammenfassend läßt sich über die natürlichen Grundwasserschwankungen im Untersuchungsgebiet sagen, daß gemeinsame jahreszeitliche Bewegungen vorliegen, deren Ausmaß aber neben dem Niederschlagsdargebot durch die geologische Situation, das Einzugsgebiet und die Einwirkung der Vorfluter beeinflusst wird. Die kurzfristigen Schwankungen in der Wasserführung der Vorfluter wirken sich nur in unmittelbarer Nähe des Gerinnes aus, schon in einigen hundert Metern Entfernung machen sich nur die langfristigen Unterschiede bzw. Hochwässer größeren Ausmaßes bemerkbar.

Die **Mächtigkeit des Grundwasserkörpers** in den quartären Schotterterrassen des Leibnitzer Feldes ist neben den Spiegelschwankungen auch vom Relief der Terrassenbasis abhängig. Wo diese aus tertiären Tegeln oder paläozoischen Schiefen besteht, bildet sie faktisch auch den Sockel des Grundwasserkörpers in den quartären Schottern. Eine Ausnahme ist der nördlichste Bereich des Leibnitzer Feldes, wo sich die Tortonkalke des Wildoner Buchkogels nachgewiesenermaßen unter der quartären Talfüllung nach Osten fortsetzen (vgl. Abb. 2, Profil 1).



Abb. 3: Die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung im Leibnitzer Feld beim Grundwasserhochstand 1965 in Metern.

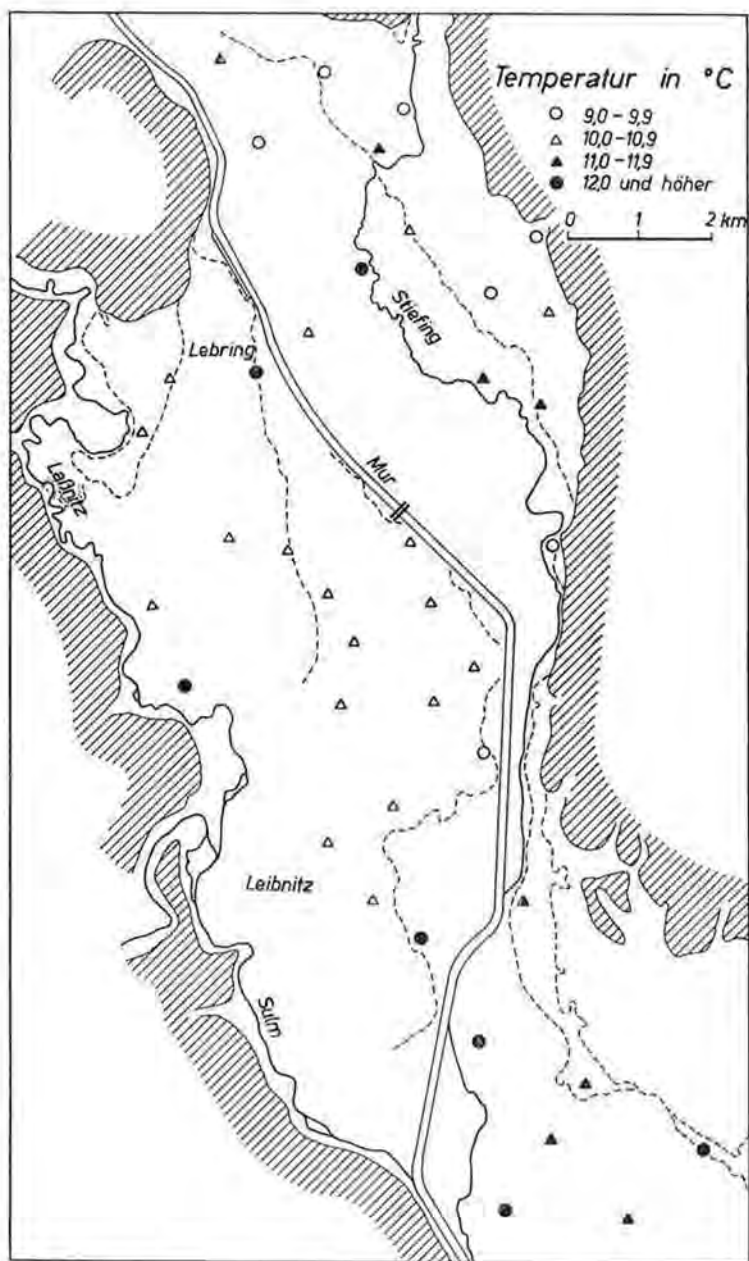


Abb. 4: Grundwassertemperaturen im Leibnitzer Feld im Juli 1962.

Damit ist hier eine direkte Zirkulation des Grundwassers der quartären Schotterfüllung in tieferreichende Karstschläuche möglich. Dolinen und Schwinden im verdeckten Karst im tertiären Hügelland östlich von Afram (bei Sukdull, außerhalb der Kartenbeilagen) lassen vermuten, daß dem Grundwasserkörper hier zur Zeit stärkerer Niederschläge erhebliche Mengen von Karstwasser zufließen (vgl. Kapitel 2. 3., Seite 144), was aber nur durch eingehende Detailuntersuchungen geklärt werden kann.

Da das Relief der Terrassenbasis nur örtlich näher bekannt ist, kann trotz der Errechnung eines mittleren Wasserstandes der fünfjährigen eingehenderen Beobachtungszeit die mittlere Mächtigkeit des Grundwasserkörpers in den quartären Terrassen nur in rohen Zügen angegeben werden. Sie ist am größten in der holozänen Terrassenflur südöstlich Wildon, d. h. im nördlichen Leibnitzer Feld östlich der Mur, wo sie über zehn Meter erreicht. In der östlich davon gelegenen Würmterrasse nimmt sie infolge des ebenfalls höher gelegenen Terrassensockels bereits auf vier bis fünf Meter ab. Eine rasche Abnahme aber erfolgt auch in der holozänen Terrasse gegen Süden, und südöstlich der Wehranlage des Kraftwerkes Gralla liegt sie etwa 100 Meter östlich des Murufers nur noch bei ein bis eineinhalb Metern.

Sehr gering ist die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers infolge des hochgelegenen Terrassensockels in der Jösser Rißterrasse, wo sie zwischen einem halben und einen Meter liegt (vgl. Abb. 2, Profil 2). Aber auch in der Würmterrasse beträgt im Norden des rechtsufrigen Leibnitzer Feldes die Grundwassermächtigkeit nur eineinhalb bis zwei Meter. Sie nimmt von hier gegen Süden zu und erreicht nördlich von Leibnitz im Durchschnitt fünf Meter. Im südlichsten Leibnitzer Feld verzeichnen wir wiederum nur noch eine Mächtigkeit von drei bis vier Metern.

Es wurde bereits betont, daß diese Angaben eine rohe Übersicht der mittleren Grundwassermächtigkeit darstellen. Sehr nasse oder sehr trockene Jahre bedeuten durchschnittlich  $\pm$  einen Meter Schwankung.

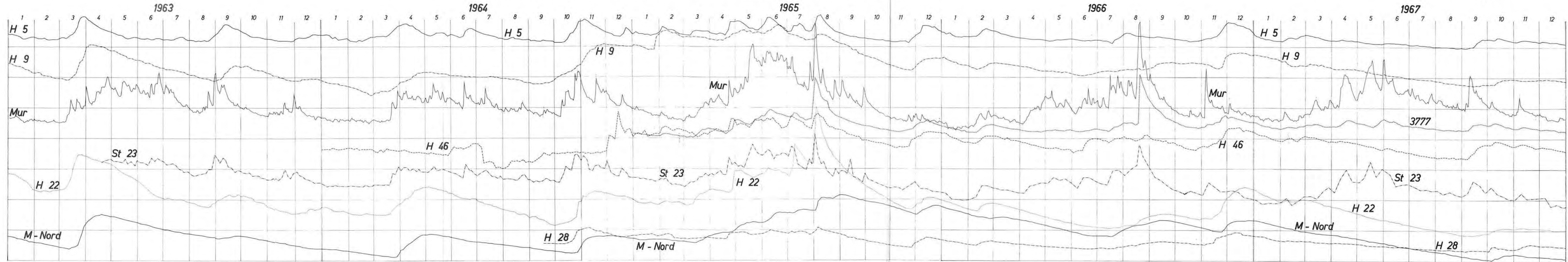
Auch die **Grundwasserüberdeckung** hängt von den Spiegelschwankungen ab. Zur Illustration wurde eine Darstellung gewählt, die die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung während des Grundwasserhochstandes im Jahre 1965 zeigt (Abb. 3).

Man sieht, daß in weiten Teilen der holozänen Terrassenflur der Grundwasserspiegel die Oberfläche erreichte; das Grundwasser trat in weiten Teilen der jungen Aulandschaft offen zutage. Auch die südlichen Teile der Holozänterrasse waren auf weite Strecken überflutet (auf Abb. 3 mit „ü“ bezeichnet). Im nordöstlichen Teil der Holozänflur betrug die Überdeckung aber immerhin ein bis zwei Meter, daselbe in größeren Teilen des murnahen Bereiches. Die günstigsten Verhältnisse herrschen zweifelsohne im mittleren Bereich der westufrigen Würmterrasse, wo ein mehr als fünf Meter mächtiger Grund-



Grundwasserganglinien im Leibnitzer Feld und die Ganglinie der Mur bei Wildon

Tafel I



wasserkörper noch immer durch eine ebenso mächtige Überdeckung geschützt ist. Auf der Ribterrassse überschreitet die Überdeckung selbst bei Grundwasserhochständen elf Meter, der darunter liegende Grundwasserkörper aber bleibt unbedeutend. Ähnliche Verhältnisse herrschen im nordöstlichsten Saum der Terrassen des Leibnitzer Feldes.

Eine Übersichtserhebung der **Temperatur** der Grundwässer im Leibnitzer Feld wurde von der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz im Juli 1962 durchgeführt (Abb. 4). Sie zeigt deutlich die Beeinflussung der Wassertemperatur durch die Mächtigkeit der Überdeckung (vgl. Abb. 3) und die unmittelbare Nähe von Oberflächengerinnen. Eine Überdeckung von einigen Metern genügt, um auch die Sommertemperatur des Grundwassers auf durchschnittlich 10 Grad Celsius zu halten, während sie bei geringerer Überdeckung im Sommer 1962 bis über 12 Grad Celsius anstieg.

## 2. 2. Auswirkungen des Aufstaues der Mur bei Gralla auf den Grundwasserkörper

Mit dem Bau des Kraftwerkes Gralla war unterhalb des Wehres eine Vertiefung des Flußbettes, oberhalb des Wehres ein Aufstau des Flußwassers verbunden.

Die Vertiefung des Murbettes schnitt in die tertiären Tegel ein, und das Grundwasser floß nunmehr in Form von Quellen sichtbar dem Fluß zu. Da das Grundwasser aber schon vorher in diesem Flußbereich im größten Teil des Jahres (mit Ausnahme bei Flußhochwässern) in die Mur austrat und der Niederwasserspiegel des Flusses nur wenig über der Tegeloberfläche lag, war mit der Eintiefung des Flußbettes keine wesentliche Veränderung der Grundwasserverhältnisse verbunden. Nur in unmittelbarer Nähe des Flusses kam es zu einer leichten Absenkung des Grundwasserspiegels, und nur wenige, unmittelbar am Murufer gelegene Brunnen mußten vertieft werden.

Von wesentlich größerem Einfluß war der Aufstau des Flusses oberhalb des Wehres. Der Aufstau begann am 1. August 1964 und erreichte am 23. Oktober 1964 das vorläufige Stauziel von 280,50 m ü. A. Damit war beim Wehr eine Aufhöhung des Flußspiegels von ca. 5,5 m gegeben, die Stauwurzel liegt etwa 3,8 km oberhalb des Wehres. Da wohl eine Verdichtung der Dämme, nicht aber des Flußbettes möglich war, war zunächst eine rasche Auswirkung des Aufstaues auf den Grundwasserkörper zu erwarten. Es war jedoch anzunehmen, daß der Austritt von Flußwasser in den Grundwasserkörper sich in Grenzen halten werde, da mit einer baldigen Abdichtung des Flußbettes im Stauraum durch die stark schwebstoffführende Mur zu rechnen war. Die Reaktion des Grundwasserkörpers auf den Flußstau ist den Ganglinien der Grundwasserbeobachtungsstellen (Tafel I) und den Hydroisohypsenkarten (Abb. 5 bis 8) zu entnehmen. Das endgültige Stauziel (281,00 m

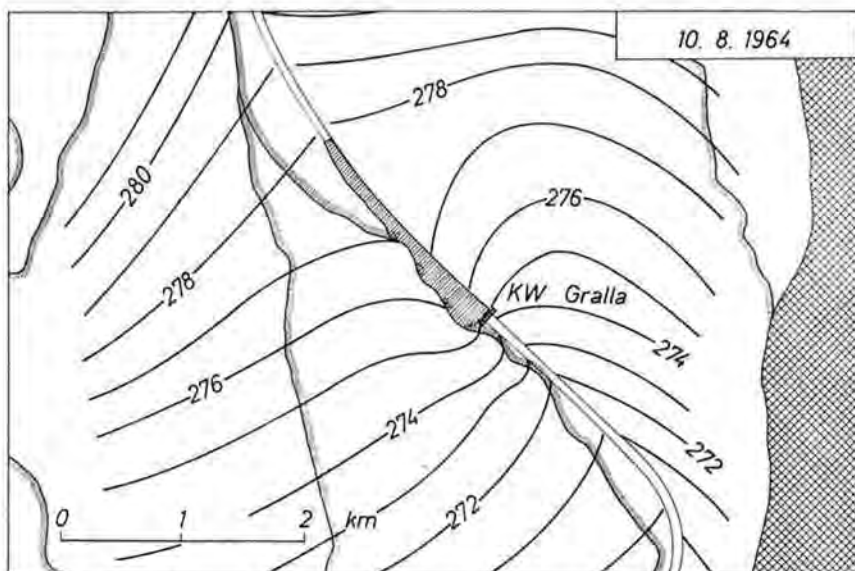


Abb. 5: Grundwasserisohypsen des mittleren Leibnitzer Feldes vom 10. August 1964.

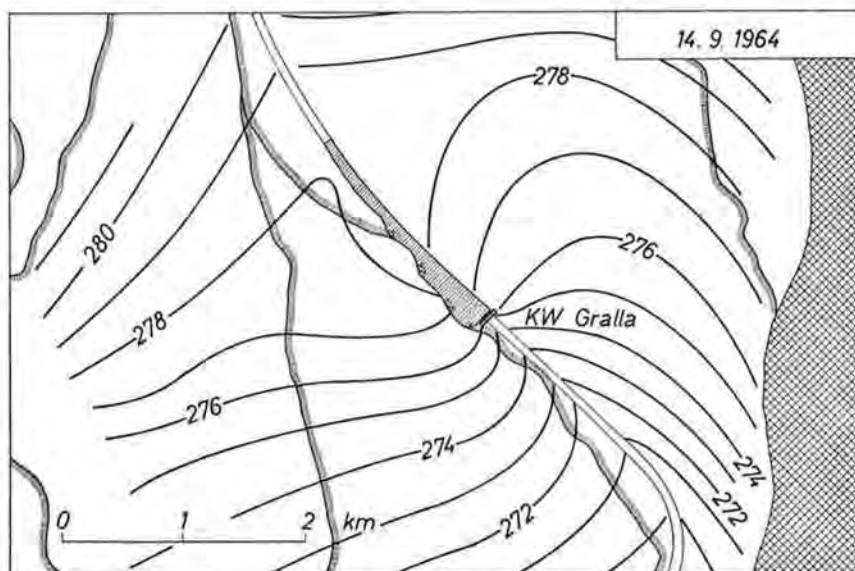


Abb. 6: Grundwasserisohypsen des mittleren Leibnitzer Feldes vom 14. September 1964.

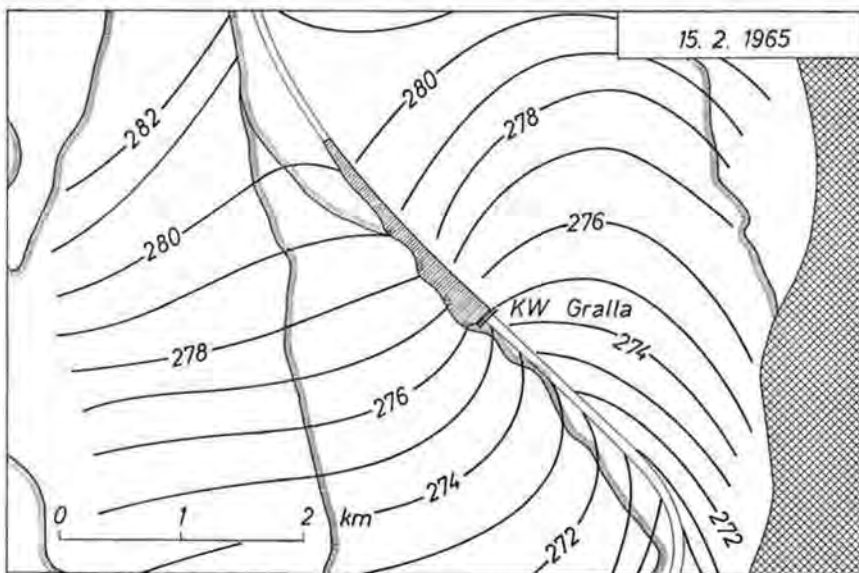


Abb. 7: Grundwasserisohypsen des mittleren Leibnitzer Feldes vom 15. Februar 1965.

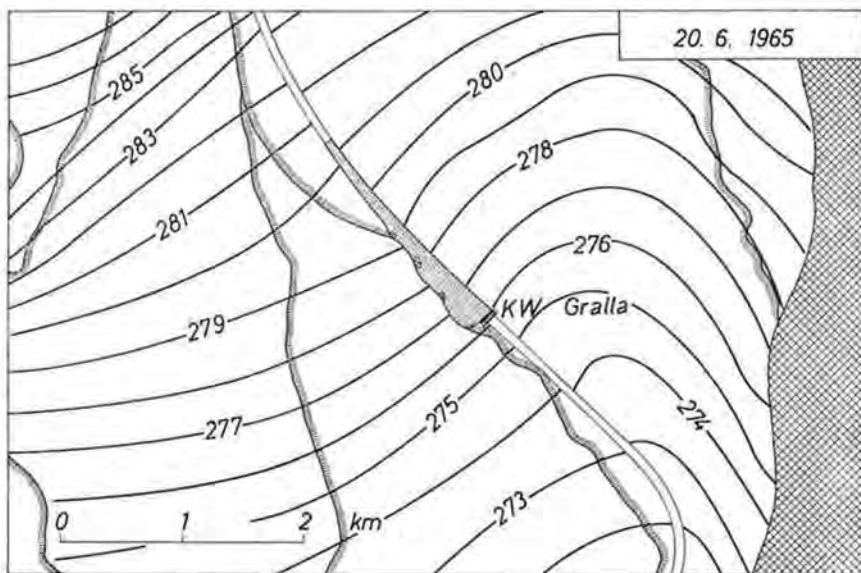


Abb. 8: Grundwasserisohypsen des mittleren Leibnitzer Feldes vom 20. Juni 1965.



ü. A.) wurde nach dem am 4. Mai 1965 begonnenen Vollstau am 5. Juli 1965 erreicht.

In den murnahen Beobachtungsstellen trat mit dem Aufstau in den folgenden Monaten eine Erhöhung des Grundwasserspiegels um mehrere Meter ein. Die Abb. 5 bis 8 zeigen, wie zunächst Flußwasser — beginnend beim Wehr und später bis zur Stauwurzel — in den Grundwasserkörper übertritt (Fließrichtung senkrecht zur Hydroisohypse). Zugleich aber beginnt sich das bislang zur Mur fließende Grundwasser am eingedrungenen Flußwasser zu stauen und zu steigen. Für die Erhöhung des Grundwasserspiegels wirken also zwei Komponenten zusammen, das einsickernde Flußwasser und das sich am Flußwasserpolder aufstauende Grundwasser. Die stärksten Flußwassereintritte waren im September 1964 zu verzeichnen. Anfang des Jahres 1965 war die Abdichtung des Flußbettes im Stauraum schon so weit fortgeschritten, daß nur noch geringe Flußwasserversickerungen bestanden, im Juni 1965 ließen die Hydroisohypsen keine Flußwasserübertritte in das Grundwasser mehr erkennen.

Östlich der Mur wurde wegen der geringen Überdeckung des Grundwasserspiegels durch einen Graben entlang des Dammes ein Vorfluter geschaffen, der für einen Ablauf des linksufrig austretenden Flußwassers und aufgestauten Grundwassers sorgte und unterhalb des Wehres wieder in die Mur einmündete. Die Aufhöhung des Grundwasserkörpers (nicht die Reichweite des eingetretenen Flußwassers!) reichte daher nie viel weiter als einen Kilometer östlich der Mur.

Eine wesentlich interessantere Entwicklung nahmen die Verhältnisse westlich der Mur. Hier wurde aus verschiedenen Gründen von der Errichtung eines Abzugsgrabens Abstand genommen, und die Aufhöhung des Grundwasserkörpers wirkte sich viel weiträumiger aus. Die Abb. 9 bis 12 sind Darstellungen der relativen Hebung des Grundwasserspiegels in Metern im Vergleich zum Grundwasserhochstand im März 1963. Abb. 9 (Stand vom 21. September 1964) zeigt, daß etwa eineinhalb Monate nach Beginn des Aufstaus die Überhöhung des Grundwasserspiegels in Murnähe bis zu drei Meter erreichte, die Grenze der Auswirkung (Null-Linie) liegt etwa 1,5 Kilometer vom Fluß entfernt. Mitte November 1964 (Abb. 10) wurde die stärkste Überhöhung beobachtet. Sie betrug nahe des Dammes über vier Meter und fand ihre Grenze erst mehr als zwei Kilometer landeinwärts. Östlich der Mur zeichnet sich die Auswirkung des als Vorfluter wirkenden Abzugsgrabens deutlich ab. Damit war aber auch der Grundwasserhöchststand im Staubereich erreicht. Im Dezember 1964 betrug im Staubereich die Überhöhung nur noch drei Meter, im Februar 1965 nur noch wenig über zwei Meter. Wir sehen, daß das Murbett im Stauraum bereits weitgehend abgedichtet ist und der Grundwasserspiegel bei gleichbleibender Höhe des Flußwassers um den Stauraum sinkt. Wohl aber stieß das aufgestaute Grundwasser in Form einer

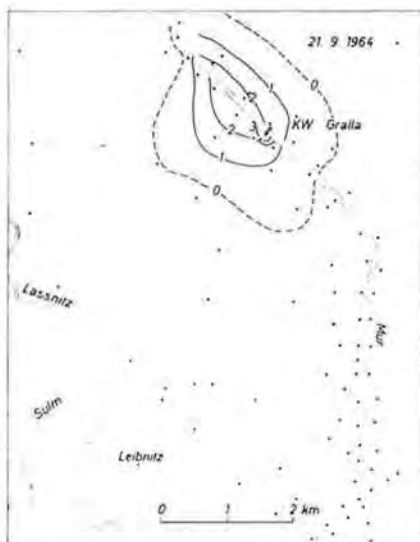


Abb. 9

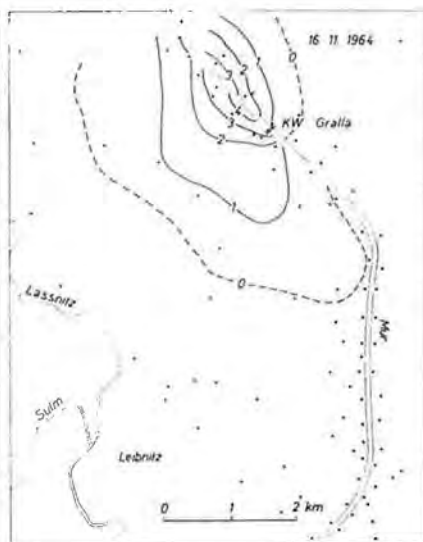


Abb. 10

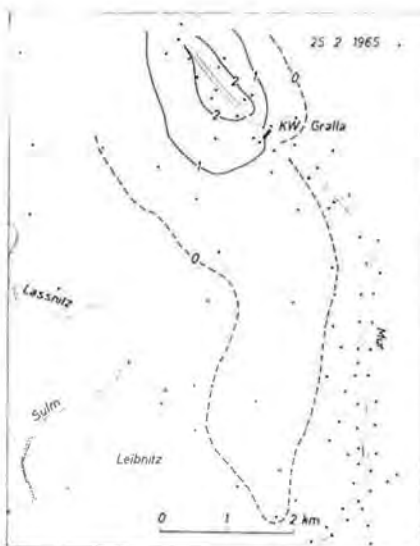


Abb. 11



Abb. 12



Druckwelle weit nach Süden vor und erreichte bereits Ende Dezember 1964 den Raum östlich von Leibnitz in einer Ausdehnung, wie sie noch Abb. 11 (25. Februar 1965) zeigt. Dieser Zustand blieb infolge der enorm hohen Niederschläge praktisch für das ganze Jahr 1965 erhalten. Trotzdem begann sich schon in diesem Jahr der neue Gleichgewichtszustand einzupendeln, und Abb. 12 (relative Überhöhung am 30. Dezember 1966) zeigt endgültig die neugeschaffenen Verhältnisse.

Eine sehr anschauliche Illustration der Veränderung der Grundwasserverhältnisse von 1963 bis 1967 gibt das für diese fünf Jahre in einem zeitlichen Abstand von eineinhalb Monaten gezeichnete Grundwasserprofil (Abb. 13 bis 17, Lage siehe Abb. 1). Die Profile für das Jahr 1963 (Abb. 13, Nr. 1 bis 8) zeigen die natürlichen Grundwasserschwankungen (vgl. Ganglinien, Tafel I). Der Frühjahrsanstieg im März und der Anstieg im August/September treten deutlich hervor, dazwischen liegen die Perioden sinkenden Grundwasserspiegels. In der ersten Hälfte des Jahres 1964 beginnt ein neuerlicher kräftiger Anstieg in Form einer natürlichen Schwankung (Abb. 14, Profil Nr. 10 bis 12). Auf Abb. 14 zeigt Profil Nr. 13 eine interessante Überschneidung der Grundwasserbewegungen: während im Hauptteil des Feldes der Grundwasserspiegel sank, zeichnete sich im murnahen Bereich bereits eine starke Aufhöhung infolge des Aufstaus der Mur ab.

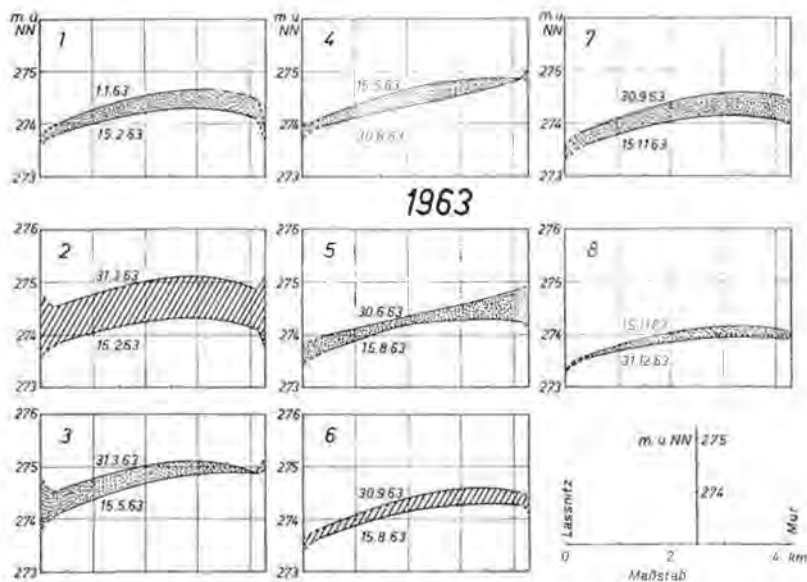


Abb. 13: Veränderungen des Grundwasserprofils im Jahre 1963. Abnahme punktiert, Zunahme schraffiert. Lage siehe Abb. 1.

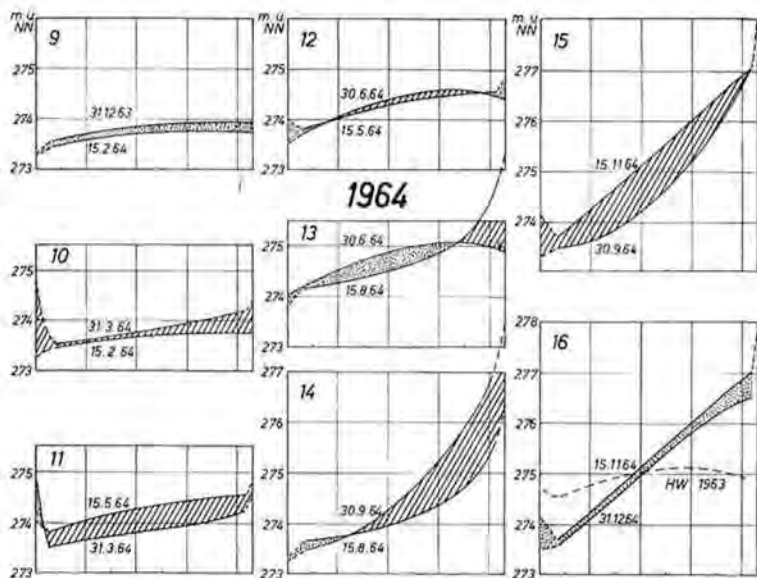


Abb. 14: Veränderungen des Grundwasserprofils im Jahre 1964.

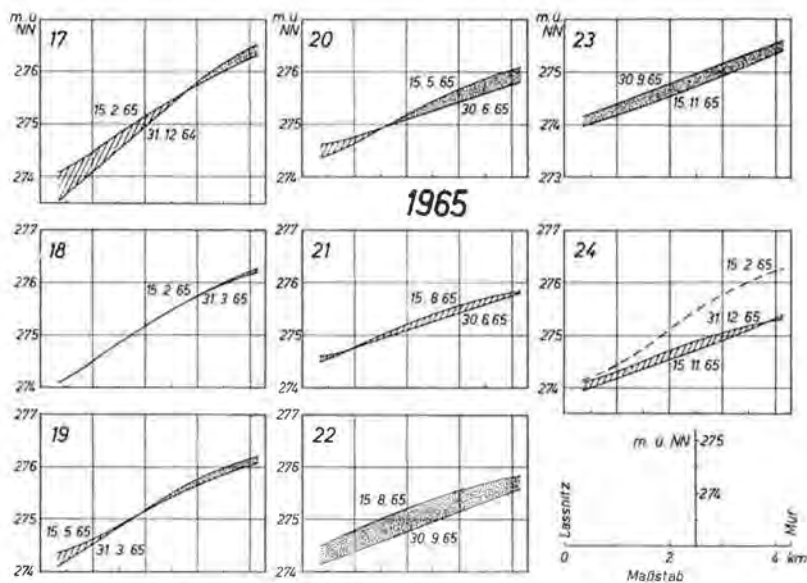


Abb. 15: Veränderungen des Grundwasserprofils im Jahre 1965.

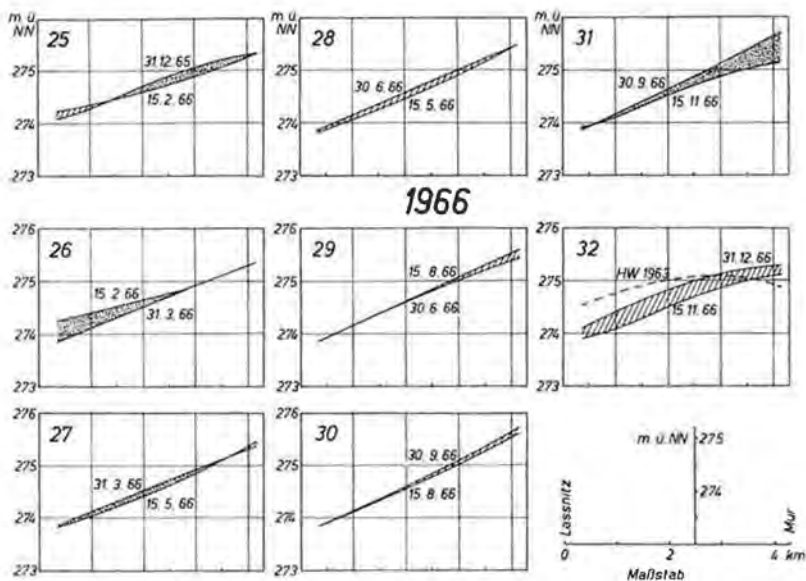


Abb. 16: Veränderungen des Grundwasserprofiles im Jahre 1966.

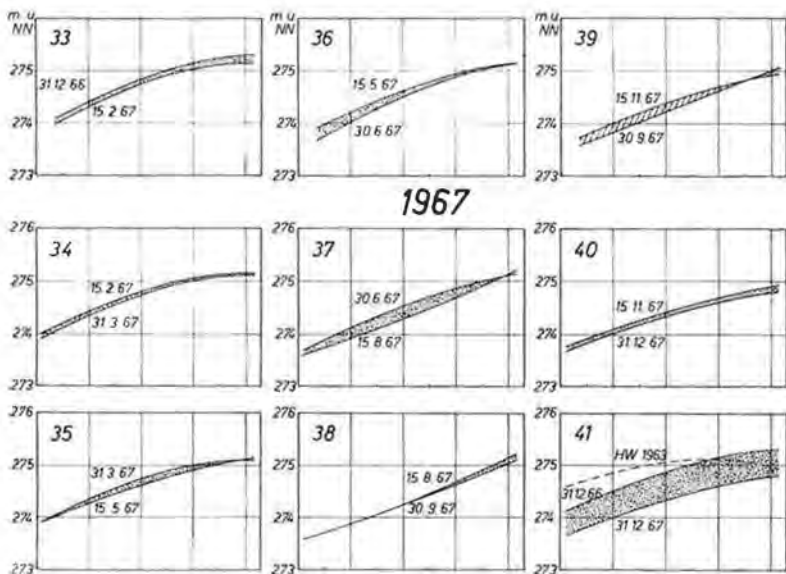


Abb. 17: Veränderungen des Grundwasserprofiles im Jahre 1967.

Im Profil Nr. 14 greift diese Aufhöhung über die Mitte des Feldes, nur im äußersten Westen war noch ein Absinken des Grundwasserspiegels zu verzeichnen. Das Profil Nr. 15 zeigt den Höchststand der Überhöhung, bei der im Westen aber deutlich eine natürliche Spiegelschwankung mitspielt.

Zu beachten ist bei den Profilen die Änderung des Winkels der Profilebene zur Waagrechten. In dem nicht genau den Grundwassergleichen folgenden Profil nimmt bei den Profilen bis Mitte des Jahres 1964 die Profilebene zur Waagrechten einen Winkel von ca. 8 bis 10 Grad ein. Bis Mitte November 1964 versteilt sich der Winkel auf 42 Grad, das ist der Ausdruck der Änderung des Gefälles und der Fließrichtung im Gefolge der ungleichmäßigen Aufhöhung des Grundwasserspiegels.

Im Dezember 1964 ist, wie bereits bei der Besprechung der Darstellung der relativen Überhöhung erwähnt, generell eine leichte Absenkung eingetreten (Abb. 14, Profil Nr. 16), die Neigung der Profilebene bleibt jedoch bei 42 Grad.

Die Profile des Jahres 1965 (Abb. 15, Nr. 17 bis 24) bestätigen die bereits gemachte Aussage, daß trotz der ungewöhnlich hohen Niederschläge und dem damit verbundenen überreichen Grundwasserdargebot und hohem Grundwasserstand sich der Gleichgewichtszustand im Leibnitzer Feld wieder einzupendeln beginnt. Bis Ende Mai 1965 ist noch eine Anhebung des Grundwasserspiegels im äußersten Westen des Leibnitzer Feldes bis 90 Zentimeter zu beobachten, im Staubereich sinkt in dieser Zeit das Grundwasser ständig ab. Ab Juli 1965 sind die Spiegelschwankungen praktisch im ganzen Bereich gleichmäßig, d. h. nur noch von den Niederschlagsverhältnissen abhängig. Die Neigung der Profilebene ging auf 20 Grad zur Waagrechten zurück und blieb seither stabil (Abb. 16 und 17, Profile Nr. 25 bis 40). Bei Profil Nr. 24 wurde zum Vergleich das Profil vom Februar 1965 eingetragen.

Die Grundwasserprofile der Jahre 1966 und 1967 bestätigen den wieder erreichten Gleichgewichtszustand des Grundwasserkörpers. 1967 erfolgte ein generelles Absinken des Grundwasserspiegels. Die Profilebene zeigt, daß sich durch den Aufstau der Mur die Grundwasserfließrichtung und das Gefälle in geringem Maße dauernd verändert haben. Die Aufhöhung des Grundwasserspiegels in Stauraumnähe von ein bis maximal zwei Metern bleibt dauernd. Sie wird dadurch bewirkt, daß das Grundwasser im Staubereich der Mur nicht mehr in den Fluß austreten kann. Die Profile zeigen aber ebenso, daß im westlichen Teil des Leibnitzer Feldes die hier übrigens auch 1965 naturbedingte Aufhöhung des Grundwasserspiegels niemals den Hochstand vom Frühjahr 1963 überstiegen hat, womit die Behauptung, daß hier liegende Kiesgruben infolge des Kraftwerksbaues überflutet wurden, eindeutig widerlegt werden konnte.

Der wiederhergestellte Gleichgewichtszustand im Grundwasserkörper des Leibnitzer Feldes verlangt eine Ausrichtung eines jeden Versuches einer Beurteilung des Grundwasserhaushaltes dieses Raumes auf die neuen Gegebenheiten. Vorher soll jedoch versucht werden, abzugrenzen, wie weit tatsächlich infolge des Aufstauens der Mur Flußwasser in den Grundwasserkörper des Leibnitzer Feldes eingedrungen ist. Diese Grenzlinie deckt sich keineswegs mit der Ausdehnung der Grundwasseraufhöhung. In diesem Zusammenhang empfiehlt sich ein Blick auf eine großräumige Feststellung chemischer Grunddaten, die in Zusammenarbeit der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz und der STEWEAG im Sommer 1965 erhoben wurden.

Von weit über hundert Brunnen und Bohrungen wurden innerhalb weniger Tage pH-Wert, Karbonat- und Gesamthärte des Wassers erhoben. Die Untersuchungen erstreckten sich hauptsächlich auf das westliche Leibnitzer Feld zwischen Mur, Laßnitz und Sulm und ufernahe Brunnen östlich des Flusses. Selbst diese nur einfachen Untersuchungen brachten einige wertvolle Erkenntnisse, die vor allem die Berechnungen des Grundwasserhaushaltes (Kap. 2. 3.) wesentlich unterstützten.

Im **pH-Wert** fallen die Wässer sämtlicher Brunnen der Jösser Rißterrasse in den sauren Bereich unter 6,9 (Abb. 18). Die beiden herausfallenden Entnahmestellen im Westen liegen bereits unter der Terrasse. Wir sehen hierin die Bestätigung der Annahme, daß die Rißterrasse über ein selbständiges Wasserregime verfügt, was auch die Haushaltsberechnungen und die Grundwasserganglinien (Tafel I) erkennen lassen. Dasselbe gilt auch für die Terrasse von Gabersdorf im Südosten des Leibnitzer Feldes links der Mur. Hinweise auf das Eintreten von Flußwasser in das Grundwasser ergaben sich aus den pH-Bestimmungen nicht, die wenigen herausstechenden Werte im übrigen Bereich sind schwer zu erklären.

Die Messungen der **Gesamthärte** heben zunächst wiederum die Jösser Rißterrasse und die Terrasse bei Gabersdorf als Bereiche besonders weicher Wässer (unter 7 d. H.) heraus und betonen so wie die pH-Werte deren eigenständiges Grundwasserregime (Abb. 19). Die weiteren Ergebnisse der Härtebestimmungen sind nicht so klar zu deuten. Daß sich auch in der Würmterrasse südlich der Jösser Rißterrasse eine Zone weicherer Wässer als im Zentralbereich erstreckt, könnte durch die Beimengung von aus der Rißterrasse abfließendem Wasser erklärt werden.

Eine Zone härterer Wässer (16 bis 20 d. H.) erstreckt sich vom äußersten Norden der Würmterrasse bei Lebring über das zentrale Leibnitzer Feld gegen Süden bis über Leibnitz hinaus, sie trennt die bereits beschriebenen weicheren Wässer im Westen von dem Bereich ebenfalls weicherer Wässer im Osten. Im östlichen Bereich ist es allerdings sehr schwierig, klare Schlüsse aus den Härtebestimmungen zu

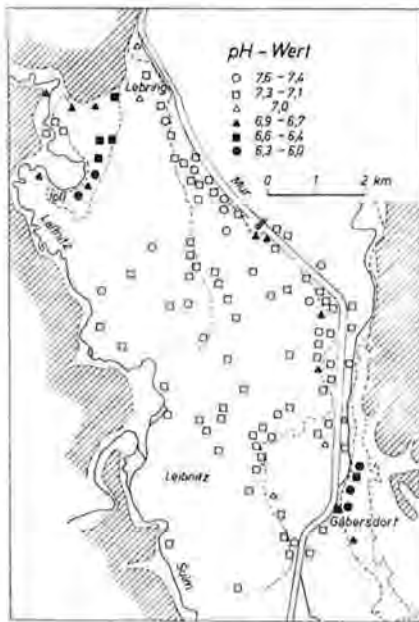


Abb. 18: Der pH-Wert von Wässern im Leibnitzer Feld im Juli 1965.

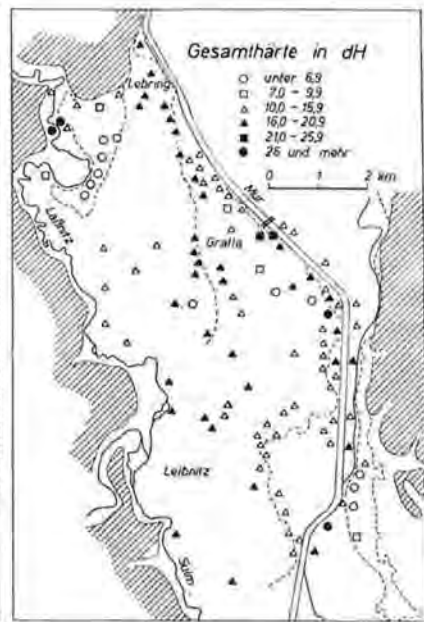


Abb. 19: Die Gesamthärte von Wässern im Leibnitzer Feld im Juni 1965.

ziehen. Dies ist am ehesten noch in unmittelbarer Murnähe vom Wehr Gralla aufwärts möglich. Von der STEWEAG wiederholt durchgeführte Härtemessungen während des Aufstaus im Herbst 1964 von Wässern aus Bohrungen in unmittelbarer Ufernähe ergaben ein Absinken der Härtewerte bis zu einem Ausmaß von zehn Deutschen Härtegraden, was eindeutig auf das Eindringen des weicheren Murwassers (5 bis 8 d. H.) zurückzuführen war. Im Staubereich kann daher Abb. 19 mit einiger Sicherheit zur Abgrenzung der Reichweite des Murwasserübertrittes herangezogen werden, weil Mitte 1965 dieser Vorgang bereits abgeschlossen war (vgl. Abb. 8 und 15). Da weder die Karten der relativen Grundwasserüberhöhung (Abb. 9 bis 12) noch die Grundwasserprofile (Abb. 13 bis 17) erkennen lassen, wie weit das Flußwasser durch den Aufstau der Mur in den Grundwasserkörper eingedrungen ist, sondern nur dessen viel weiter reichende Aufhöhung anzeigen, kann die Reichweite des Eindringens nur mit Hilfe der Darstellung der Grundwasserisohypsen und der Untersuchung der chemischen Veränderung des Wassers einigermaßen abgegrenzt werden. Beide Darstellungen (Abb. 6, 7 und 19) weisen darauf hin, daß vom Stauraum



Gralla das Murwasser nicht viel weiter als 500 Meter gegen Westen in den Grundwasserkörper eingedrungen ist. Infolge der Härteunterschiede von Fluß- und Grundwasser sind gerade diese Messungen einigermaßen beweiskräftig, während detaillierte chemische Analysen zunächst eher verwirrende Ergebnisse lieferten. Dies hängt damit zusammen, daß auch die Aufhöhung des Grundwassers wesentliche Veränderungen im Chemismus bedingte, und zwar vor allem des Chlorid-, Ammoniak-, CO<sub>2</sub>- und Sauerstoffgehaltes. Es ist anzunehmen, daß mit der Aufhöhung des Grundwassers höhere Schichten des Schotterkörpers einer ständigen Auslaugung unterliegen, die früher nur kurzfristig von Sickerwässern durchflossen wurden. In dörfischen Siedlungen dürften dabei unter den Düngestätten liegende Kiesbereiche eine wesentliche Rolle spielen. In diese Richtung weisen auch erste Versuche, diesen Fragen durch aktivierungsanalytische Untersuchungen näherzukommen. Von Dr. K. BUCHELA (Atominstitut der Österreichischen Hochschulen in Wien) durchgeführte vorläufige Untersuchungen von drei Proben, und zwar von unbeeinflusstem Grundwasser, Brunnen im Aufhöhungsbereich und Murwasser, ergaben für den Aufhöhungsbereich ein Spektrum, das völlig von jenem des Grundwassers und des Murwassers abweicht.

Vorläufig nicht eindeutig zu erklären sind die weicheren Grundwässer östlich von Leibnitz. Da entlang der Mur immer wieder auch härtere Wässer auftreten, ist die Annahme, daß das beigemengte Murwasser bis nach Süden vorgedrungen ist, nicht zu beweisen, da eine großräumige chemische Aufnahme der Wässer nur aus der Zeit nach, aber nicht aus der Zeit vor dem Aufstau vorliegt.

### 2. 3. Der Grundwasserhaushalt im Leibnitzer Feld

Von den Wasserhaushaltsfaktoren Niederschlag, Abfluß, Verdunstung und Rücklage sind im allgemeinen Niederschlag und Abfluß am besten erfaßt. Die Messung der Verdunstung ist zwar möglich, doch liegen über sie viel weniger exakte Daten vor, weil gerade die Landverdunstung regional den vielfältigsten Einflüssen ausgesetzt ist. Zur Anschätzung des frei abflußfähigen Grundwasservorrats bedient man sich der Trockenwetterabflußlinie der größeren Vorfluter. Dabei erreicht man zwar für geschlossene Flußgebiete durchaus brauchbare Werte, für Teilbereiche, wie etwa das Leibnitzer Feld, ist diese Methode kaum anwendbar. Auch Versuche der Berechnung des Mengenanteiles des zur Versickerung bzw. besser des zum Grundwasser gelangenden Anteiles des Niederschlags aus den anderen zahlenmäßig bestimmbaren Faktoren führten zu keinem befriedigenden Ergebnis. Es soll daher versucht werden, nach der von O. BURRE (1960) eingeführten Methode aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels Rückschlüsse auf den Grundwasserhaushalt des Leibnitzer Feldes zu gewinnen.

Unter Außerrechnungstellung des gebundenen Wassers und des Kapillarwassers bewegen sich die Grundwasserschwankungen im sogenannten „nutzbaren Hohlraumgehalt“ (nach W. KOEHN, 1948) des Lockergesteinskörpers. Während die Menge des Kapillarwassers in den obersten Kieslagen und den überdeckenden Böden durch Verdunstung und Wasserverbrauch der Pflanzen starken Schwankungen unterliegt, dürfte in den tiefsten Kieslagen knapp über dem Grundwasserspiegel der Kapillarwassergehalt und damit das aufnehmbare Wasservolumen wesentlich stabiler sein.

An sieben Aufschlüssen im westlichen und zwei im östlichen Leibnitzer Feld wurden sieben gestörte und zwei ungestörte Proben (Nr. 4 und 9) aus den sandigen Kieslagen der Würmterrasse bzw. holozänen Schotterflur (östlich der Mur) entnommen und das aufnehmbare Wasservolumen bestimmt. Einen Unsicherheitsfaktor bildet zunächst der Umstand, daß nur zwei ungestörte Proben vorliegen, die Bestimmungen zeigen aber keine großen Unterschiede. Alle Proben wurden etwa einen Meter über dem Grundwasserspiegel entnommen und im bergfeuchten Zustand auf das aufnehmbare Wasservolumen untersucht; es handelte sich durchwegs um sandigen Kies. Die Ergebnisse waren:

| Probe Nr.                            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Aufnehmbares Wasservolumen in Raum-% | 12 | 19 | 16 | 16 | 22 | 15 | 19 | 19 | 21 |

Obwohl die Entnahmestellen über das ganze Leibnitzer Feld verteilt waren, liegen die Werte mit Ausnahme von Probe Nr. 1 in relativ engen Grenzen. Für die folgenden Untersuchungen, deren Ergebnisse einer ersten Anschätzung des Grundwasserhaushaltes im Leibnitzer Feld dienen sollen, wird ein Durchschnitt des für die Grundwasserschwankungen nutzbaren Hohlraumgehaltes von 18% des Gesamtvolumens des berührten Wasserleiters angenommen.

Die Grundwasserstandsmessungen im Leibnitzer Feld werden zweimal pro Woche durchgeführt. Den vorliegenden Berechnungen wurde das wöchentliche Steigen oder Fallen des Grundwasserspiegels zugrunde gelegt (Einzelverfahren nach O. BURR, 1960). Nach den beschriebenen Bestimmungen faßt der nutzbare Luftraum eines 1 m<sup>3</sup> großen, würfelförmigen, über dem Grundwasserspiegel liegenden Raumteiles des Wasserleiters mit einem durchschnittlichen aufnehmbaren Wasservolumen von 18% 180 Liter. Wenn der Grundwasserspiegel um einen Zentimeter steigt, so dringen demnach 1,8 Liter Wasser pro Quadratmeter in den von Luft erfüllten Raum ein. Andererseits entsprechen diese 1,8 Liter pro Quadratmeter einer Regenhöhe

von 1,8 mm. Ohne die Verzögerung des Einsickerns des Niederschlags zu mißachten, ergibt sich damit über eine längere Zeitspanne eine sehr reelle Grundlage zur Anschätzung des Grundwasserhaushaltes.

Für die Erlangung echter Werte ist aber noch der dauernde Abgang von Grundwasser durch das Fließen infolge der Schwerkraft zu berücksichtigen. Dieser Abgang erfolgt auch beim Steigen des Grundwasserspiegels, so daß der beim Ansteigen beobachtete Zugang tatsächlich um diese ständig abfließende Menge zu ergänzen ist. Andererseits ist dieser Betrag auch als Abgang während des steigenden Grundwasserspiegels zu verbuchen. Auch bei gleichbleibendem Stand des Grundwasserspiegels ist dieser Abgang vorhanden, der Wasserzugang muß aber ebenso groß sein wie der durch die Schwerkraft bewirkte Abfluß. Das Ausmaß dieser nicht durch die Bewegungen des Grundwasserspiegels angezeigten Zu- und Abgänge im Grundwasser drückt ein gleichmäßiges, über längere Zeit nicht durch Zuflüsse unterbrochenes Absinken des Grundwasserspiegels aus. Dieser aus den Ganglinien ermittelte Wert ist, weil vom Gefälle abhängig, in den einzelnen Jahren, aber auch in den einzelnen Bereichen des Leibnitzer Feldes, nicht gleich. Einmal für die einzelnen Gebiete ermittelt, wurde er bei dem aus den Ganglinien ersichtlichen „beobachteten“ Zu- und Abgang berücksichtigt und in die Ermittlung des Gesamtbetrages mit einbezogen.

O. BURRE hat versucht, dem auf den wöchentlichen Beobachtungen fußenden „Einzelverfahren“ ein auf eine generalisierte Ganglinie bezogenes „summarisches Verfahren“ gegenüberzustellen. Diese generalisierte Ganglinie verbindet nur die Minima und Maxima des Jahresganges der Grundwasserspiegelschwankungen. In den Abb. 20 bis 24 wurde dieser Versuch mit einbezogen. Solange die Grundwasserschwankungen nur einem wenig gegliederten jährlichen Rhythmus folgen, reicht diese weniger aufwendige Berechnung meistens aus, sie liefert durchwegs etwas geringere Werte. Werden aber Ganglinien ausgewertet, die häufig stärkere Schwankungen aufweisen, so ist das summarische Verfahren unmöglich.

Die Frage, ob die angenommenen Werte durch Änderungen der Viskosität des Wassers wesentlich beeinflußt werden, kann für den größten Teil des Leibnitzer Feldes verneint werden. Nur dort, wo nur eine sehr geringe Überdeckung vorhanden ist (vgl. Abb. 3 und 4), kann bei sehr hochliegendem Grundwasserspiegel die Erwärmung unter Umständen eine geringfügige Zunahme der Beweglichkeit des Wassers bewirken. Bei den vorliegenden Berechnungen, die nur eine Größenordnung erfassen sollen, kann die Änderung der Viskosität vernachlässigt werden. Der Berechnungsvorgang wird durch die Abb. 20 bis 24 demonstriert. Sie stellen eine Auswertung der Wasserspiegelschwankungen bei der Meßstelle H 14 dar (vgl. Abb. 1). Der Brunnen liegt am Rande der Würmterrasse und ist bereits so weit von der Stiefing

entfernt, daß keine unmittelbare Beeinflussung mehr besteht, wohl aber wirken sich stärkere Hochwässer des Vorfluters noch aus.

Im Jahre 1963 (Abb. 20) zeigt die Ganglinie den charakteristischen Frühjahrsanstieg, der im gesamten Leibnitzer Feld auftrat (vgl. Tafel I). Es folgt das Absinken des Grundwasserspiegels bis Ende August und dann das zweite Maximum im September. Die Kurve verläuft nicht ganz regelmäßig, und auf Abb. 20 gibt Spalte 2 das wöchentliche Steigen und Fallen des Grundwasserspiegels in Zentimetern an. In der folgenden Spalte sind die Monatswerte ausgewiesen, am Ende der Reihe die Halbjahres- und Jahreswerte. Die Spalten 3 bis 6 stellen das Einzelverfahren dar, die Spalten 7 bis 9 verzeichnen die wichtigsten meteorologischen Daten, die Spalten 10 bis 13 weisen die Zahlen für das summarische Verfahren aus.

Spalte 3 verzeichnet die monatliche, halbjährliche und jährliche Anzahl der Wochen mit steigendem und gleichbleibendem Grundwasserspiegel, Spalte 4 das effektive Steigen und Fallen des Grundwasserspiegels in Zentimetern im entsprechenden Zeitraum. Der Wert des Wasserabgangs (Höhe des unterirdischen Abflusses) in Millimetern in Spalte 5 setzt sich aus zwei Größen, dem beobachteten und dem berechneten Wasserabgang, zusammen. Der beobachtete Abgang betrug beispielsweise im Jänner 1963 bei einem Fallen des Grundwasserspiegels um 17 cm 30,6 mm (1 cm Fallen = 1,8 mm  $hA_u$ ). Bei den im Jänner aufgetretenen zwei Wochen mit gleichbleibendem Grundwasserspiegel (die kleine Spitze der Kurve wird durch die Auswertung nur jeder zweiten Messung, d. h. nur der Wochenwerte, eliminiert) muß dem Abgang aber noch der trotz des Stillstandes des Wasserspiegels durch die Schwerkraft bewirkte Abfluß zugezählt werden. Als gleichmäßiges, über längere Zeit nicht durch Zuflüsse unterbrochenes Absinken wurde für H 14 ein wöchentliches Ausmaß von 5 cm festgestellt, das entspricht einem  $hA_u$  von 9 mm. Für den Jänner 1963 ist daher dem beobachteten Abgang von 30,6 mm ein weiterer aus den zwei Wochen mit gleichbleibendem Grundwasserspiegel stammender berechneter Abgang von 18,0 mm zuzuzählen, was einen Gesamtabgang von 48,6 mm ergibt.

Wasserzugang (Spalte 6) ist im Jänner 1963 keiner beobachtet worden, da beim Ablesen der Wochenwerte des Wasserstandes kein Steigen registriert wurde. Da aber zwei Wochen mit gleichbleibendem Grundwasserstand auftraten, muß der Wert von 18,0 mm auch als Zugang aufscheinen. Der gesamte Wasserzugang im Jänner 1963 belief sich also auf 18,0 mm. Die durch das Einzelverfahren gewonnene Jahresbilanz 1963 für die Beobachtungsstelle H 14 weist einen Wasserzugang von 433,8 mm und einen Wasserabgang von 579,6 mm aus.

Spalte 7 enthält die Niederschlagshöhe in Millimeter, und zwar sowohl die Monats- und Jahressummen des Jahres 1963 als auch das











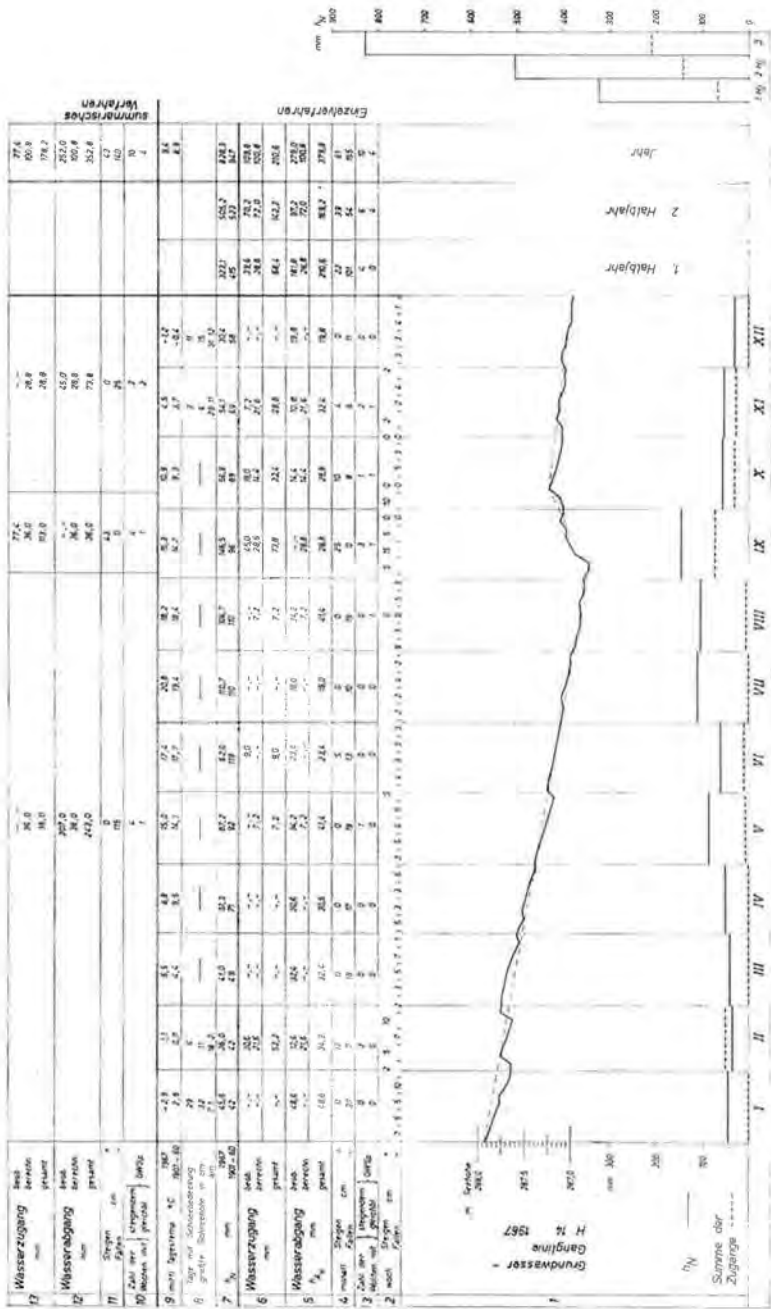


Abb. 24: Darstellung der Grundwasserzu- und -abgänge an der Meßstelle H 14 für das Jahr 1967.

langjährige Mittel 1901 bis 1960. Die Niederschlagshöhe des Jahres 1963 liegt um fast 133 mm (14%) über dem langjährigen Mittel.

Spalte 8 gibt die monatliche Anzahl der Tage mit Schneebedeckung und die größte Schneehöhe in cm an, Spalte 9 die mittlere Tages-temperatur in Celsius-Graden für 1963 und im langjährigen Mittel 1901 bis 1960. Man sieht, daß die ersten drei Monate des Jahres 1963 viel kälter waren als das langjährige Mittel, im Sommer und November und Dezember die Temperaturen aber über dem langjährigen Mittel lagen.

Die Spalten 10 bis 13 weisen die Zahlen für die Ermittlung des Wasserzu- und -abganges mit Hilfe des summarischen Verfahrens aus. Die zeitlichen Abschnitte decken sich mit den Knicken der generalisierten (strichlierten) Ganglinie, desgleichen die Summen in den Spalten 10 bis 13. Bei den Jahressummen ist der ausgewiesene Wert von 567,0 mm Grundwasserabgang nur wenig niedriger (2%) als beim Einzelverfahren, beim Wasserzugang um 8,7%.

Unter der gezeichneten Grundwasserganglinie wurden die Monatssummen der Niederschlagshöhe und die Summen der Grundwasserzugänge in Millimeter graphisch aufgetragen. Daß im März der Zugang die Niederschlagshöhe übersteigt, weist auf eine beachtliche Speicherung in den vorhergehenden Monaten hin. Am rechten Rand der Abbildung sind die Niederschlags- und Wasserzugangssummen für die Halbjahre und das Gesamtjahr graphisch dargestellt. Man sieht, daß im ersten Halbjahr der Grundwasserzugang viel höher war als in der niederschlagsreicheren zweiten Jahreshälfte. Nach dem Ergebnis des Einzelverfahrens müßten im Raum von H 14 im Jahre 1963 40% des Niederschlags in das Grundwasser übergegangen sein. Daß und aus welchem Grund dieser Schluß unrichtig ist, soll erst nach der Auswertung aller zu den Berechnungen herangezogenen Beobachtungsstellen diskutiert werden.

In derselben Weise wie für 1963 eingehend beschrieben, demonstrieren Abb. 21 bis 24 die Auswertung der Grundwasserganglinien bei der Beobachtungsstation H 14 für die Jahre 1964 bis 1967.

Bei der Ganglinie des Jahres 1964 (Abb. 21) erreicht die Herbstspitze das Ausmaß des Frühjahrsmaximums. Das ist die Auswirkung der abnorm hohen Oktober-Niederschläge, während durch die zu geringen Niederschläge in den ersten Monaten des Jahres die Frühjahrs- spitze das Ausmaß des Vorjahres nicht ganz erreicht. Die beim summarischen Verfahren gewonnenen Werte für den Grundwasserzu- und -abgang bleiben 2 bzw. 7,6% unter jenen aus dem Einzelverfahren. Anders als im Jahre 1963 ist 1964 der Grundwasserzugang höher als der Abgang und würde 56% des Niederschlags ausmachen.

1965 war das Jahr mit den katastrophalen Sommerhochwässern. Der Grundwasserstand war schon am Jahresbeginn durch die überhöhte Herbstspitze des Jahres 1964 etwas höher als durchschnittlich.

Vom März bis zum Oktober fielen in allen Monaten weit über das langjährige Mittel hinausgehende Niederschläge, im April und Juli mehr als das Doppelte. Die Ganglinie zeigt den Einfluß der Hochwässer in den Vorflutern und den der Besonderheiten des Einzugsgebietes, auf die noch zurückzukommen sein wird. Das summarische Verfahren stößt bei dieser Ganglinie auf so viele Fehlerquellen, daß es nicht mehr anwendbar ist (34 bzw. 37% unter dem Zu- und Abgang beim Einzelverfahren). Wesentlich für die Ganglinie des nächsten Jahres ist, daß im November 1965 wiederum das Doppelte des langjährigen Mittels an Niederschlag fiel. Wiederum war in der Jahresbilanz der Grundwasserzugang höher als der Grundwasserabgang (für H 14 scheinbar 73% des hN als Zugang).

Das Jahr 1966 beginnt mit einem hohen Grundwasserstand, dem sich bei normalen Niederschlagsverhältnissen im Frühjahr aber nur ein gemäßigttes Frühjahrsmaximum aufsetzt, das auf Grund der hohen Temperatur bereits im Februar auftritt (Schneeschnmelze). Die wiederum hohen Sommerniederschläge führen zu einem zweiten Grundwasserhochstand im August, der höchste Grundwasserstand aber fällt als Folge der wiederum abnorm hohen November-Niederschläge in den Dezember. Das summarische Verfahren liefert wieder besser dem Einzelverfahren angenäherte Werte (5% niedriger). Auch für 1966 zeigt die Jahresbilanz einen höheren Grundwasserzugang als -abgang (Zugang scheinbar 48% des hN). Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß diesmal im ersten Halbjahr der Zugang wesentlich unter dem Abgang lag.

Mit 1967 beginnt die Reihe der mageren Jahre. Die Niederschläge bleiben fast durchwegs unter dem langjährigen Mittel, nur die wesentlich über dem Durchschnitt liegenden September-Niederschläge bewirken einen kleinen Herbstanstieg, die Monate Oktober bis Dezember weisen aber schon wieder ein beträchtliches Niederschlagsdefizit auf. Die Ganglinie zeigt mit Ausnahme des September fallende Tendenz. In der Bilanz übertrifft der Grundwasserabgang den -zugang erheblich. Hier liegt bereits der Beginn des durch den Ausfall der Frühjahrsniederschläge 1968 aufgetretenen ungewöhnlich niedrigen Grundwasserstandes von 1968. Das summarische Verfahren liefert infolge der einförmigen Ganglinie wieder dem Einzelverfahren einigermaßen entsprechende Werte (15 bzw. 7% unter dem Zu- bzw. Abgang beim Einzelverfahren). Die gesamten Jahresniederschläge liegen um fast 120 Millimeter unter dem langjährigen Mittel, der Grundwasserzugang macht 25% der Jahresniederschlagssumme aus.

Im Kapitel 2. 1. wurde bereits darauf hingewiesen, daß im gesamten Leibnitzer Feld verschiedene Typen des Grundwasserganges vorliegen, jeweils entsprechende Beispiele enthält Tafel I. Tabelle 1 weist nun den für die verschiedenen Typen mittels des Einzelverfahrens errechneten Grundwasserzu- und -abgang aus.

Tabelle 1: **Der Grundwasserzu- und -abgang typischer Beobachtungsstationen.**

(Ermittelt nach dem Einzelverfahren)

|                 |                       |                  |       | 1. Hbj. | 2. Hbj. | Jahr    |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------|---------|---------|---------|
| H 58, 1965      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 11<br>4 | 7<br>0  | 18<br>4 |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm +  | 46      | 53      | 99      |
|                 | Fallen                |                  | cm —  | 28      | 67      | 95      |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 50,4    | 120,6   | 171,0   |
|                 |                       | berechnet        |       | 27,0    | 12,6    | 39,6    |
|                 |                       | gesamt           |       | 77,4    | 132,2   | 209,6   |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 82,8  | 95,4    | 178,2   |         |
|                 | berechnet             |                  | 27,0  | 12,6    | 39,6    |         |
|                 | gesamt                |                  | 109,8 | 108,0   | 217,8   |         |
| H 58, 1966      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 3<br>0  | 16<br>1 | 19<br>1 |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm +  | 13      | 67      | 80      |
|                 | Fallen                |                  | cm —  | 43      | 20      | 63      |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 77,4    | 36,0    | 113,4   |
|                 |                       | berechnet        |       | 5,4     | 30,6    | 36,0    |
|                 |                       | gesamt           |       | 82,8    | 66,6    | 149,4   |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 23,4  | 120,6   | 144,0   |         |
|                 | berechnet             |                  | 5,4   | 30,6    | 36,0    |         |
|                 | gesamt                |                  | 28,8  | 151,2   | 180,0   |         |
| H 58, 1967      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 1<br>6  | 4<br>5  | 5<br>11 |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm +  | 1       | 28      | 29      |
|                 | Fallen                |                  | cm —  | 37      | 29      | 66      |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 66,6    | 52,2    | 118,8   |
|                 |                       | berechnet        |       | 12,6    | 16,2    | 28,8    |
|                 |                       | gesamt           |       | 79,2    | 68,4    | 147,6   |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 1,8   | 50,4    | 52,2    |         |
|                 | berechnet             |                  | 12,6  | 16,2    | 28,8    |         |
|                 | gesamt                |                  | 14,4  | 66,6    | 81,0    |         |



|                 |                       |                        | 1. Hbj. | 2. Hbj. | Jahr  |       |
|-----------------|-----------------------|------------------------|---------|---------|-------|-------|
| H 74, 1966      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. GWSp. | 4       | 8       | 12    |       |
|                 |                       |                        | 8       | 12      | 20    |       |
|                 | Steigen               | des GWSp. cm           | +       | 9       | 62    | 71    |
|                 | Fallen                |                        | -       | 37      | 14    | 51    |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet             |         | 66,6    | 25,2  | 91,8  |
|                 |                       | berechnet              |         | 21,6    | 36,0  | 57,6  |
|                 | gesamt                |                        | 88,2    | 61,2    | 149,4 |       |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                        | 16,2    | 111,6   | 127,8 |       |
|                 | berechnet             |                        | 21,6    | 36,0    | 57,6  |       |
|                 | gesamt                |                        | 37,8    | 147,6   | 185,4 |       |
| <hr/>           |                       |                        |         |         |       |       |
| H 74, 1967      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. GWSp. | 0       | 6       | 6     |       |
|                 |                       |                        | 6       | 12      | 18    |       |
|                 | Steigen               | des GWSp. cm           | +       | 0       | 18    | 18    |
|                 | Fallen                |                        | -       | 56      | 15    | 71    |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet             |         | 100,8   | 27,0  | 127,8 |
|                 |                       | berechnet              |         | 10,8    | 32,4  | 43,2  |
|                 | gesamt                |                        | 111,6   | 59,4    | 171,0 |       |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                        | 0       | 32,4    | 32,4  |       |
|                 | berechnet             |                        | 10,8    | 32,4    | 43,2  |       |
|                 | gesamt                |                        | 10,8    | 64,8    | 75,6  |       |
| <hr/>           |                       |                        |         |         |       |       |
| H 9, 1963       | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. GWSp. | 4       | 7       | 11    |       |
|                 |                       |                        | 0       | 3       | 3     |       |
|                 | Steigen               | des GWSp. cm           | +       | 115     | 54    | 169   |
|                 | Fallen                |                        | -       | 134     | 85    | 219   |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet             |         | 241,2   | 153,0 | 394,2 |
|                 |                       | berechnet              |         | 21,6    | 54,0  | 75,6  |
|                 | gesamt                |                        | 262,8   | 207,0   | 469,8 |       |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                        | 207,0   | 97,2    | 304,2 |       |
|                 | berechnet             |                        | 21,6    | 54,0    | 75,6  |       |
|                 | gesamt                |                        | 228,6   | 151,2   | 379,8 |       |

|                 |                       |                  |       | 1. Hbj. | 2. Hbj. | Jahr  |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------|---------|---------|-------|
| H 9, 1964       | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 9       | 13      | 22    |
|                 |                       |                  |       | 2       | 2       | 4     |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm +  | 72      | 129     | 201   |
|                 | Fallen                |                  | cm -  | 60      | 31      | 91    |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 108,0   | 55,8    | 163,8 |
|                 |                       | berechnet        |       | 79,2    | 108,0   | 187,2 |
|                 |                       | gesamt           |       | 187,2   | 163,8   | 351,0 |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 129,6 | 232,2   | 361,8   |       |
|                 | berechnet             |                  | 79,2  | 108,0   | 187,2   |       |
|                 | gesamt                |                  | 208,8 | 340,2   | 549,0   |       |
| <hr/>           |                       |                  |       |         |         |       |
| H 9, 1965       | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 9       | 6       | 15    |
|                 |                       |                  |       | 5       | 1       | 6     |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm +  | 124     | 49      | 173   |
|                 | Fallen                |                  | cm -  | 49      | 165     | 214   |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 88,2    | 297,0   | 385,2 |
|                 |                       | berechnet        |       | 189,0   | 94,5    | 283,5 |
|                 |                       | gesamt           |       | 277,2   | 391,5   | 668,7 |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 223,2 | 88,2    | 311,4   |       |
|                 | berechnet             |                  | 189,0 | 94,5    | 283,5   |       |
|                 | gesamt                |                  | 412,2 | 182,7   | 594,9   |       |
| <hr/>           |                       |                  |       |         |         |       |
| H 9, 1966       | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 4       | 14      | 18    |
|                 |                       |                  |       | 3       | 4       | 7     |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm +  | 25      | 91      | 116   |
|                 | Fallen                |                  | cm -  | 75      | 31      | 106   |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 135,0   | 55,8    | 190,8 |
|                 |                       | berechnet        |       | 37,8    | 97,2    | 135,0 |
|                 |                       | gesamt           |       | 172,8   | 153,0   | 325,8 |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 45,0  | 163,8   | 208,8   |       |
|                 | berechnet             |                  | 37,8  | 97,2    | 135,0   |       |
|                 | gesamt                |                  | 82,8  | 261,0   | 343,8   |       |

|                 |                       |                  |       | 1. Hbj. | 2. Hbj. | Jahr  |
|-----------------|-----------------------|------------------|-------|---------|---------|-------|
| H 9, 1967       | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 2       | 7       | 9     |
|                 |                       |                  |       | 1       | 3       | 4     |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm    | 7       | 25      | 32    |
|                 | Fallen                |                  |       | 80      | 35      | 115   |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 144,0   | 63,0    | 207,0 |
|                 |                       | berechnet        |       | 16,2    | 54,0    | 70,2  |
|                 | gesamt                |                  | 160,2 | 117,0   | 277,2   |       |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 12,6  | 45,0    | 57,6    |       |
|                 | berechnet             |                  | 16,2  | 54,0    | 70,2    |       |
|                 | gesamt                |                  | 28,8  | 99,0    | 127,8   |       |
| H 22, 1964      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 9       | 11      | 20    |
|                 |                       |                  |       | 2       | 1       | 3     |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm    | 95      | 119     | 214   |
|                 | Fallen                |                  |       | 88      | 94      | 182   |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 158,4   | 169,2   | 327,6 |
|                 |                       | berechnet        |       | 79,2    | 86,4    | 165,6 |
|                 | gesamt                |                  | 237,6 | 255,6   | 493,2   |       |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 171,0 | 214,2   | 385,2   |       |
|                 | berechnet             |                  | 79,2  | 86,4    | 165,6   |       |
|                 | gesamt                |                  | 250,2 | 300,6   | 550,8   |       |
| H 22, 1965      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp. | 12      | 6       | 18    |
|                 |                       |                  |       | 1       | 2       | 3     |
|                 | Steigen               | des GWSp.        | cm    | 162     | 258     | 420   |
|                 | Fallen                |                  |       | 55      | 372     | 427   |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet       |       | 99,0    | 669,6   | 768,6 |
|                 |                       | berechnet        |       | 93,6    | 57,6    | 151,2 |
|                 | gesamt                |                  | 192,6 | 727,2   | 919,8   |       |
| Wasserzugang mm | beobachtet            |                  | 291,6 | 464,4   | 756,0   |       |
|                 | berechnet             |                  | 93,6  | 57,6    | 151,2   |       |
|                 | gesamt                |                  | 385,2 | 522,0   | 907,2   |       |

|                 |                       |                       |                  | 1. Hbj.      | 2. Hbj.      | Jahr         |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| H 22, 1966      | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl.      | GWSp.            | 3<br>0       | 16<br>1      | 19<br>1      |
|                 | Steigen               | des GWSp.             | cm +             | 25           | 153          | 178          |
|                 | Fallen                |                       | cm -             | 109          | 28           | 137          |
|                 | Wasserabgang mm       | beobachtet            |                  | 196,2        | 50,4         | 246,6        |
|                 |                       | berechnet             |                  | 21,6         | 122,4        | 144,0        |
|                 |                       | gesamt                |                  | <u>217,8</u> | <u>172,8</u> | <b>390,6</b> |
|                 | Wasserzugang mm       | beobachtet            |                  | 45,0         | 275,4        | 320,4        |
|                 |                       | berechnet             |                  | 21,6         | 122,4        | 144,0        |
|                 |                       | gesamt                |                  | <u>66,6</u>  | <u>397,8</u> | <b>464,4</b> |
|                 | H 22, 1967            | Anzahl der Wochen mit | steig. gleichbl. | GWSp.        | 3<br>0       | 7<br>2       |
| Steigen         |                       | des GWSp.             | cm +             | 12           | 27           | 39           |
| Fallen          |                       |                       | cm -             | 134          | 53           | 187          |
| Wasserabgang mm |                       | beobachtet            |                  | 241,2        | 95,4         | 336,6        |
|                 |                       | berechnet             |                  | 21,6         | 64,8         | 86,4         |
|                 |                       | gesamt                |                  | <u>262,8</u> | <u>160,2</u> | <b>423,0</b> |
| Wasserzugang mm |                       | beobachtet            |                  | 21,6         | 48,6         | 70,2         |
|                 |                       | berechnet             |                  | 21,6         | 64,8         | 86,4         |
|                 |                       | gesamt                |                  | <u>43,2</u>  | <u>113,4</u> | <b>156,6</b> |

Zu den auffälligsten zählen die Grundwasserganglinien der Beobachtungsstationen H 58 und H 74, beide liegen auf der Rifsterrasse im nordwestlichen Leibnitzer Feld (Abb. 1), zeigen einen außergewöhnlich ausgeglichenen Jahresverlauf und gehen völlig konform. Sie zeigen, daß im ganzen Bereich dieser höher gelegenen Terrasse einheitliche Grundwasserverhältnisse vorliegen. Leider verfügen wir erst seit 1965 über geschlossene Beobachtungsreihen bei H 58, bei H 74 erst seit 1966. Der durch die Schwerkraft bedingte Abfluß beträgt bei beiden nur 1 cm, d. h. 1,8 mm pro Woche. Bei H 58 übertraf sowohl im Jahre 1965 als auch 1966 der Grundwasserzugang den -abgang. In beiden Jahren machte der Zugang etwa 18% der jeweiligen Jahresniederschlagshöhe aus. Im Jahre 1967 überwog der Abgang bedeutend, und

der Zugang erreichte nur 9,8‰ der Jahresniederschlagshöhe. Verblüffend ist die Ähnlichkeit der Meßergebnisse bei der Beobachtungsstation H 74; 1966 ein dem Abgang überwiegender Zugang von 18,5‰ der Jahresniederschlagssumme, 1967 ein wesentlich unter dem Abgang liegender Zugangswert in der Höhe von 9,1‰ der Jahresniederschlagssumme.

Wie schon im Kapitel 2. 1. betont, entspricht der größte Teil der Ganglinien des Grundwassers im Würmterrassenkörper westlich der Mur der auch auf Tafel I ausgewiesenen Ganglinie der Beobachtungsstation H 9. Im Jahre 1963 überwog hier der Abgang den Zugang. Das allein durch die Schwerkraft bedingte Abfließen wurde mit wöchentlich 3 cm (= 5,4 mm echte Wasserhöhe) ermittelt. Die Niederschlagshöhe mit 1081 mm übertraf in diesem Jahr erheblich das langjährige Mittel, der dem Grundwasser zugeführte Anteil hätte in diesem Fall 35‰ betragen. Ab August 1964 erfolgte der Aufstau der Mur. Der durch die Schwerkraft bedingte Abfluß lag in der ersten Jahreshälfte bei wöchentlich 3 cm, später infolge des größeren Gefälles höher, im Mittel wurden 4 cm (= 7,2 mm) errechnet. Der Wasserzugang übertraf den Abgang bedeutend, der Prozentsatz des Zuganges mit 55‰ hN ist jedoch durch Flußwasserübertritt erheblich verfälscht.

Das Jahr 1965 steht bei H 9 noch wesentlich unter dem Einfluß des Muraufstaus. Durch das erhöhte Gefälle wird vor allem der Abgang erhöht, als wöchentliche Abnahme des Grundwasserspiegels durch die Schwerkraft wurden 7,5 cm (= 13,5 mm Abflußhöhe) ermittelt. Trotz des noch immer verfälschten Zuganges von 49,3‰ der Jahresniederschlagshöhe überwiegt im Gegensatz zu den Gebieten außerhalb des Staueinflusses bereits der Grundwasserabgang den -zugang.

1966 ist ein Jahr der Stabilisierung der Verhältnisse, und so wie in den anderen Bereichen, überwiegt der Grundwasserzugang den -abgang. Die wöchentliche Abnahme der Grundwasserspiegelhöhe infolge des in der Schwerkraft begründeten Abflusses reduziert sich wieder auf 3 cm (= 5,4 mm Wasserhöhe), das gleiche Maß, wie wir es auch im Jahre 1967 finden. In diesem Jahr liegt so wie in den anderen Bereichen des Leibnitzer Feldes der Wasserzugang erheblich unter dem -abgang (vgl. Tabelle 1). Mit 15,4‰ der Jahresniederschlagshöhe, die der Grundwasserzugang ausmacht, nähern wir uns einem Wert, wie er bei vielen anderen Beobachtungsstationen festgestellt wurde.

Als letztes Beispiel eines typisch vom Vorfluter beeinflussten Grundwasserregimes wird die Beobachtungsstation H 22 (Abb. 1) besprochen, von der eine geschlossene Beobachtungsreihe seit 1964 vorliegt. Wir finden wieder ein Überwiegen des Grundwasserzuganges in den Jahren 1964 und 1966, während 1965 trotz des überaus hohen Zugangs, so wie bei der Beobachtungsstelle H 9, der Abgang noch größer ist. Im Jahre 1967 liegt der Wasserzugang wieder weit unter dem Grundwasserabgang und entspricht etwa 18,9‰ der Jahresniederschlagshöhe. Dieser

Prozentsatz würde in den Jahren 1964, 1965 und 1966 bei 55, 75 und 46% liegen, aus den Ganglinien ist aber klar ersichtlich, daß der Grundwasserzugang in diesen Jahren in einem beträchtlichen Maße der Hochwasserführung der Stiefing zuzuschreiben ist. Ganz ähnlich verhalten sich die Brunnen im südwestlichsten Leibnitzer Feld, die von der Sulm beeinflußt sind.

Versuchen wir eine Beurteilung der angeführten Beispiele, mit denen mehr als hundert weitere Ganglinien verglichen wurden, so kommen wir zu folgendem Ergebnis:

Die Erkundung des Wasserhaushaltes eines grundwasserführenden Kieskörpers stößt vor allem deshalb auf Schwierigkeiten, weil dieses Grundwasser nur in den seltensten Fällen ausschließlich von den auf die Terrassenoberflächen fallenden und dort versickernden Niederschlägen gespeist wird. Kurzfristiger (während starker Niederschläge) und dauernder Hangzufluß durch versickernde Gerinne und Quellabflüsse, periodische Eintritte von Wasser aus den Vorflutern und unkontrollierbare Zutritte von Karstwasser in das Grundwasser im Schotterkörper dort, wo Karbonatgesteine die junge Talfüllung begrenzen, machen die Ermittlung des tatsächlichen Einzugsgebietes und damit der Versickerungsrate schier unmöglich.

Im Leibnitzer Feld ist am leichtesten noch die Jösser Rißterrasse im Nordwesten des Gebietes zu erfassen. Ihr gehört neben der etwa 2,5 km<sup>2</sup> großen Terrassenfläche noch ein Hangbereich von ca. 0,66 km<sup>2</sup> als Einzugsgebiet an. Aus dem weiteren Hinterland im N, das dem Wildoner Buchkogel zugehört, tritt kaum Wasser in die Rißterrasse über, weil dieses Bergwasser in (zum Teil tiefergelegenen) Quellen im Laßnitztal nordwestlich der Terrasse seinen Austritt findet. Auch aus der Laßnitz kann kein Flußwasser in den Schotterkörper der Rißterrasse eindringen, weil deren aus tertiären Tegeln bestehender Sokkel höher liegt als das Laßnitztal. Da auch der Grundwasserkörper in der im Osten und Süden anschließenden Würmterrasse tiefer liegt als jener der Rißterrasse, ist auch von dieser Seite kein Grundwasserübertritt in die Rißterrasse möglich. Wir haben demnach ein relativ gut abgegrenztes Einzugsgebiet vor uns, wobei für die folgenden überschlägigen Berechnungen für den kleinen zugehörigen Hangbereich die gleiche Speicherfähigkeit angenommen wird wie im Hauptterrassenkörper. Dies trifft wahrscheinlich nicht zu, doch ist eine Trennung einfach unmöglich, andererseits bei der geringen Ausdehnung die Fehlerquelle nicht ins Gewicht fallend. Einen Beweis, daß die Rißterrasse einen selbständigen Grundwasserkörper führt, lieferte im übrigen auch die chemische Untersuchung der Grundwässer (siehe Seite 122 und Abb. 18, 19).

Die in Tabelle 1 ausgewiesenen Zu- und Abgänge des Grundwassers bei den Beobachtungsstationen H 58 und H 74 können daher auf Grund der hydrogeologischen Stellung der Terrasse direkt mit den



Niederschlagshöhen des Einzugsgebietes verglichen werden. Je nach den Niederschlagsmengen der einzelnen Jahre sind hier in den Jahren 1965 bis 1967 9,1 bis 18,5 Prozent der jährlichen Niederschlagshöhe effektiv dem Grundwasser zugekommen. Da dabei ein sehr nasses (1965) und ein zu trockenes Jahr (1967) erfaßt sind, wird trotz der kurzen Zeitspanne die Annahme, daß im langjährigen Durchschnitt etwa 14 Prozent der Niederschläge der Grundwasseranreicherung zugutekommen, nicht weit fehlgehen.

Betrachten wir die Grundwassermengen, die auf Grund der Beobachtungen und Berechnungen in der Jösser Rißterrasse tatsächlich zur Verfügung stehen, so ist wieder der Zugang maßgeblich. Dieser betrug im ergiebigsten Jahr 1965 bei 218 mm auf 3,16 km<sup>2</sup> nicht ganz 22 l/s, im Jahre 1967 bei einem Zugang von 81 mm (H 58) 8 l/s. Auch hier mag die Annahme eines Mittels von 15 l/s als dauernder Zugang für den gesamten Bereich der Terrasse noch einiger Korrekturen bedürfen. Auf alle Fälle ist aber eine Größenordnung gegeben, die ausreichen dürfte, endlich die immer wieder auftauchenden „Anregungen“, mit größeren Wassererschließungen auf die Jösser Rißterrasse auszuweichen, als undiskutabel zurückzuweisen.

Schwieriger ist es, die Meßergebnisse für den Bereich der rechtsuferigen Würmterrassen zu deuten. In trockenen Jahren dürfte der Südhang des Wildoner Buchkogels die wirkliche Grenze des Einzugsgebietes darstellen, da der Karstwasserkörper bei tiefliegendem Spiegel eher zur tiefer gelegenen Mur zwischen Wildon und Lebring entwässert. Auch die Mur bildet heute großteils eine echte Grenze, und nur noch im äußersten Norden und Süden können sich Hochwasserwellen auf den rechtsuferigen Grundwasserkörper auswirken. Auch im Westen besteht nur beim südlichsten Teil des Laßnitzlaufes und bei der Sulm eine natürliche Kommunikation zwischen Vorfluter und Grundwasser. Die bei H 9 für das Jahr 1967 errechneten 15,4 Prozent der Jahresniederschlagshöhe als Grundwasserzugang haben daher durchaus reellen Charakter und sind als ein Mindestmaß anzusehen. Daß der Prozentsatz höher ist als auf der Rißterrasse, begründet sich allein in der nur geringmächtigen Bodendecke über dem Schotterkörper. In Jahren hohen Niederschlags aber treten zusätzliche Faktoren auf, die schwer zu erfassen sind. Beobachtungen im Norden der Würmterrassen erwecken den begründeten Verdacht, daß bei hochliegendem Spiegel das Karstwasser im Wildoner Buchkogel nicht allein gegen Osten abzieht, sondern auch gegen Südosten in den Grundwasserkörper drückt, wobei auch Murhochwässer nördlich von Lebring nicht ohne Einfluß zu sein scheinen. So stammen die Zugänge zum Grundwasser in den niederschlagsreichen Jahren 1963 und 1966 nicht nur aus den unmittelbar in den Terrassenkörper versickerten Niederschlägen, sondern auch aus allochthonem Zuwachs. Da dieser ebenso wie die direkte Versickerung mit der Niederschlagshöhe steigt und

die Größe der tributären Bereiche unbekannt ist, kann der tatsächliche Versickerungsteil im Terrassenbereich nur geschätzt werden. Nehmen wir für das Jahr 1963 zwei Siebentel des Grundwasserzuges aus einem Einzugsbereich außerhalb der rechtsuferigen Würmterrassenflächen des Leibnitzer Feldes an (d. h. aus der Rißterrasse, dem Buchkogel und den Vorflutern), das wären 108,5 mm von 379,8 mm, so blieben 271,3 mm oder 25 Prozent der Jahresniederschlagssumme als versickertes Niederschlagsanteil.

Die Hydroisohypse bei H 9 begrenzt ein nur auf die Würmterrassen bezogenes Einzugsgebiet von 18 km<sup>2</sup>, das ist etwa die Hälfte des gesamten westlich der Mur gelegenen Leibnitzer Feldes. Der Grundwasserzugang von 1963 entspricht dann in seiner Gesamtheit einer Menge von 215 l/s, wovon 155 l/s auf den versickerten Niederschlag, 60 l/s auf Fremdwasserzutritt entfallen würden. Die Aufgliederung bleibt aus den erwähnten Gründen problematisch. Die Gesamtsumme aber entspricht recht gut Werten, die von ganz anderer Seite her gewonnen wurden. In Untersuchungen für eine Brunnenanlage der Stadt Leibnitz bei Wagna (Gutachten von o. Prof. Diplomingenieur Dr. E. P. NEMEČEK, 1967) wurden auch kf-Wert-Bestimmungen einbezogen. Dieser beträgt im Bereich südlich von Leibnitz 0,00249 m/s. Von Dipl.-Ing. Th. GLANZ (Institut für Hydraulik, landwirtschaftlichen und Siedlungswasserbau der Technischen Hochschule Graz, Vorstand o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. E. P. NEMEČEK) wurden aber auch von mehreren Stellen im mittleren und nördlichen Leibnitzer Feld labormäßige kf-Wert-Bestimmungen durchgeführt, die einen mittleren Wert von 0,00592 m/s ergaben. Die Breite des Einzugsgebietes in der Höhe von H 9 beträgt vier Kilometer, die durchschnittliche Grundwasserhöhe lag 1963 bei fünf Meter. Bei einem Gefälle von zwei Prozent errechnet sich nach der Formel  $Q = kf \cdot F \cdot J$  ein  $Q$  von 237 l/s. Das paßt durchaus zu dem vorher errechneten Wert von 215 l/s. Damit ist wieder eine Größenordnung von praktischer Bedeutung gewonnen, die aufzeigt, daß auch aus einem scheinbar größeren Grundwasserkörper auf die Dauer nur relativ geringe Wassermengen erschöpft werden können. In Jahren geringer Niederschlagshöhen schrumpft der Zuwachs entsprechend zusammen, er belief sich 1967 für den Würmterrassenkörper nördlich von H 9 z. B. nur auf 73 l/s, war aber andererseits 1964 und 1965 beträchtlich höher als 1963. Im  $Q$  1964 = 313 l/s und  $Q$  1965 = 340 l/s ist neben den Zutritten aus der Rißterrasse, dem Buchkogelgebiet und dem natürlichen Übertritt aus den Vorflutern auch der durch den Aufstau der Mur bedingte Flußwasseraustritt enthalten. Der durch den Stau bedingte Flußwasserübertritt dürfte im Mittel der Jahre 1964 und 1965 ein  $Q$  von knapp unter 100 l/s erreicht haben und ist seit 1966 gänzlich abgeklungen. Die obige Größenordnung paßt auch zu einer überschlägigen Anschätzung der Kubatur aus den Abb. 9 bis 12.

Messungen der Abstandsgeschwindigkeit wurden auf der Würmterrasse des mittleren Leibnitzer Feldes westlich der Mur von Doktor J. MAIRHOFER (Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien) durchgeführt. Sie erbrachten Werte von 12 bis 28 m/Tag. In der Holozänterrasse links der Mur von der Vereinigung für hydrogeologische Forschungen in Graz durchgeführte Messungen ergaben Geschwindigkeiten von 20 bis 31 m/Tag (im Zuge des Aufstaus zeitweise wesentlich mehr). Nimmt man für das westliche Leibnitzer Feld eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 20 m/Tag an, so heißt das, daß in einem Jahr gerade die sieben Kilometer lange Strecke von der Nordbegrenzung der Würmterrasse durch den Buchkogel-Südhang bis zur Höhe von H 9 durchflossen wird.

Als Beispiel einer unmittelbar durch einen Vorfluter beeinflussten Beobachtungsstation wurde H 22 (Abb. 1) gewählt. In den Hochwasserjahren kam es hier zu direkten Überflutungen in der näheren Umgebung der Station und zu starker Grundwasseranreicherung durch unmittelbares Versinken von Flußwasser. Ein Vergleich mit den Niederschlagshöhen ist daher bei allen Stationen dieses Typs für diese Jahre nicht möglich. Anders sind die Verhältnisse in trockenen Jahren. Der für 1967 errechnete Gesamtzugang zum Grundwasser von 156,6 Millimeter bzw. 18,9 Prozent der Jahresniederschlagshöhe ist durchaus reell und paßt zu den Werten der Würmterrassen westlich der Mur.

Abschließend wären noch die Meßergebnisse bei der als Berechnungsbeispiel in den Abb. 20 bis 24 dargestellten Beobachtungsstelle H 14 näher zu interpretieren. Der Brunnen liegt in jenem Bereich, wo die Bohrungen der RAG unter der quartären Talfüllung Tertiärkalke angefahren haben.

Die Grundwasserzugänge betragen hier

|                         | 1963  | 1964  | 1965  | 1966  | 1967  |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Grundwasserzugang in mm | 433,8 | 559,8 | 887,4 | 482,2 | 210,6 |
| Prozent von hN          | 40    | 56    | 73    | 48    | 25    |

wobei die Prozentsätze verfälscht sind. Neben einem nur noch abgeschwächten Einfluß von der Stiefing wird der Grundwasserkörper hier zweifellos noch aus den unterlagernden Kalken durch Karstwasser alimentiert. Diese Alimentation erfolgt zweifellos von Norden her. Im tertiären Hügelland nördlich von Afram sind die Tortonkalke nur von einer dünnen Haut jüngerer Schotter, Sande und Lehme überdeckt. Hier entwickelte sich im Raume von Sukdull eine Landschaft bedeckten Karstes mit großen Dolinen und aktiven Bachschwinden, die interessanterweise kaum bekannt ist. Da am Rand des Murtales keine wesentlichen Quellen austreten, muß das in den Karst-

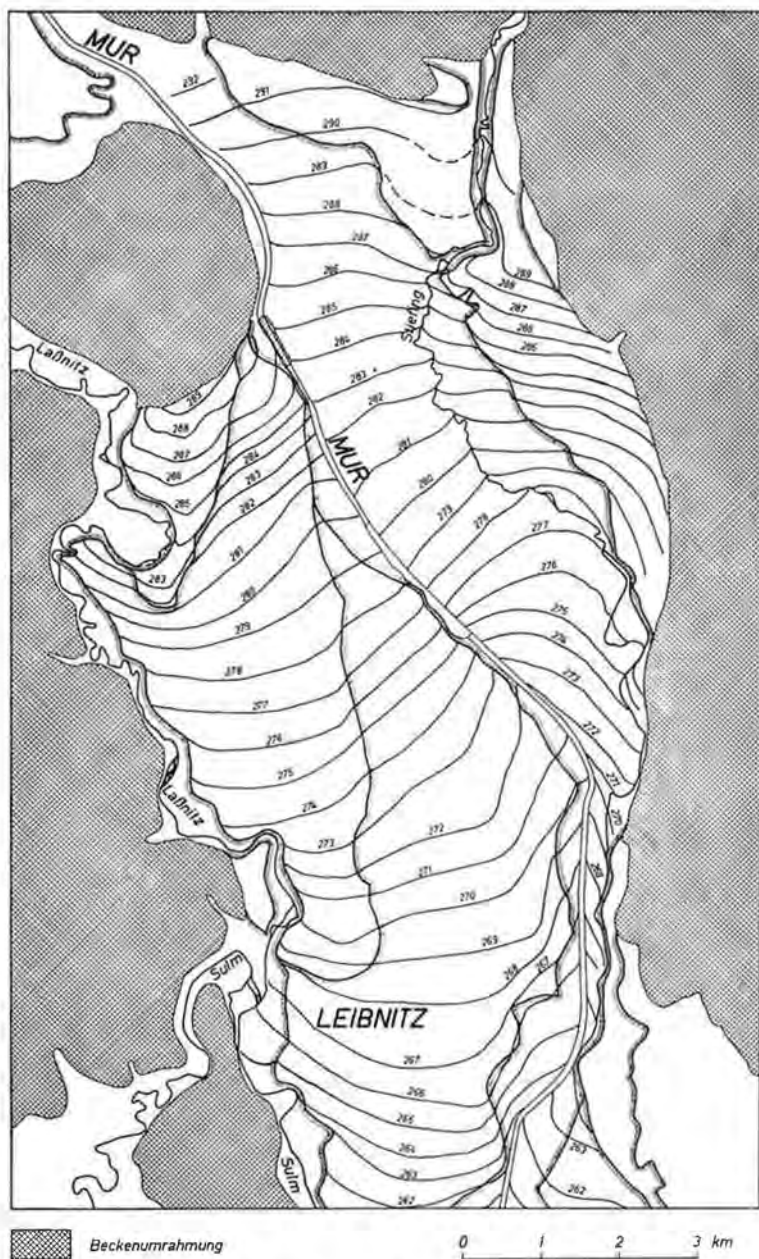


Abb. 25: Die Grundwasserisohypsen des Leibnitzer Feldes beim Grundwasserstand vom 30. September 1965.

hohlformen versinkende Wasser in den Grundwasserkörper im nördlichen Leibnitzer Feld östlich der Mur übertreten. Die Menge des von dem außerhalb des orographischen Einzugsgebietes liegenden Karstbereich anfallenden Wassers steigt naturgemäß mit der Niederschlagshöhe, und damit ist auch der Prozentsatz des Grundwasserzuganges infolge unterirdischer Alimentation variabel, aber wohl kaum wirklich exakt erfaßbar. Diese Situation hat aber auch einige praktische Bedeutung. Der Erschrotung von Grundwasser bieten sich hier bessere Chancen als im übrigen Leibnitzer Feld. Solange nur aus dem Schotterkörper gepumpt wird, ist in günstiger Position auch damit zu rechnen, daß auch das aus den verkarsteten Kalken zutretende Wasser ausreichend gefiltert ist. Noch größere Wassermengen sind dort zu erwarten, wo die Förderung direkt in den Karstwasserkörper hinabgreift, wobei freilich mit allen Nachteilen der Karstwassernutzung zu rechnen ist. Da weder eine Abgrenzung des Einzugsgebietes möglich ist noch kf-Wert- oder Fließgeschwindigkeitsbestimmungen vorliegen, könnten konkrete Aussagen über die Ergiebigkeit des Bereiches nur durch einen Pumpversuch gewonnen werden.

Gegen Süden verschlechtern sich auch im östlichen Leibnitzer Feld die hydrologischen Bedingungen. Zunächst wird in der holozänen Aue die Überdeckung so gering, daß bei Hochwasserverhältnissen auf weiten Flächen das Grundwasser zutage tritt. Infolge der Eintiefung der Mur unterhalb des Wehres Gralla aber sinkt der Grundwasserspiegel rasch ab, und bei einer Mächtigkeit des Grundwasserkörpers von ein bis eineinhalb Metern fehlt ihm jede weiterreichende praktische Bedeutung.

Den Verlauf der Grundwasserisohypsen für das gesamte Leibnitzer Feld illustriert Abb. 25.

## Zusammenfassung

Seit Jahren laufende Untersuchungen verschiedenster Institutionen ermöglichen erste überschlägige Berechnungen des Grundwasserhaushaltes im quartären Schotterkörper des Leibnitzer Feldes.

Während östlich der Mur die holozäne Aulandschaft den größten Teil der Fläche einnimmt, sind westlich der Mur die Würmterrassen vorherrschend, aber auch noch ein nennenswerter Rest der Rißterrasse erhalten. Der Terrassensockel der Rißterrasse liegt so hoch, daß diese über ein selbständiges Grundwasserregime verfügt. Auch die Basis der jüngsten Flur ist im nördlichen Leibnitzer Feld noch in die Würmterrassenbasis eingeschnitten, doch zieht der Grundwasserspiegel durch beide Terrassensysteme.



Die verschiedenen Typen des jährlichen Grundwasserganges repräsentiert eine Auswahl von Ganglinien auf Tafel I, wobei die meisten Ganglinien der Beobachtungsstellen auf den Würmterrassen westlich der Mur jener der Beobachtungsstelle H 9 gleichen. H 58 illustriert den selbständigen Grundwasserkörper der Ribterrassen, St 23, H 22 und H 5 durch Vorfluter beeinflusste Grundwasserbereiche. Im großen und ganzen zeichnen sich gemeinsame jahreszeitliche Schwankungen ab, Variationen ergeben sich durch die verschiedenartige geologische Situation, das Einzugsgebiet und die Einwirkung der Vorfluter. Die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers sinkt von über zehn Metern im äußersten Norden östlich der Mur auf drei bis vier Meter im Süden des Leibnitzer Feldes ab, in der Ribterrassen erreicht sie kaum einen Meter. Die Überdeckung des Grundwassers illustriert Abb. 4.

Der Aufstau der Mur im Zuge des Ausbaues des Kraftwerkes bei Gralla wirkte sich vor allem im rechtsuferigen Bereich auf den Grundwasserkörper aus. Einer unmittelbar im Flußbereich aufgetretenen starken, aber kurzfristigen Aufhöhung des Grundwasserspiegels folgte durch die natürliche Abdichtung des Murbettes bereits ab Mitte 1965 wieder eine Stabilisierung der Verhältnisse. Grundwasserisohypsen und serienmäßige Härtebestimmungen von Grundwasser lassen annehmen, daß das Murwasser nicht weiter als 500 Meter gegen Westen in den Grundwasserkörper eingedrungen ist. Wie weit sich die Beimengung nach Süden auswirkte, ist nicht klar zu erkennen.

Die Berechnung des Grundwasserhaushaltes stützt sich vor allem auf die Auswertung der Spiegelschwankungen. Bei einem mittleren nutzbaren Hohlraumgehalt von 18 Prozent des Gesamtvolumens des berührten Wasserleiters ergibt sich beim Steigen des Grundwasserspiegels um einen Zentimeter ein Zugang von 1,8 Liter pro Quadratmeter Grundfläche. Da diese 1,8 Liter einer Niederschlagshöhe von 1,8 Millimeter auf den Quadratmeter entsprechen, ist dort, wo das orographische und das tatsächliche Einzugsgebiet übereinstimmen und keine Beeinflussung durch Vorfluter vorliegt, eine echte Beziehung zwischen Grundwasserzugang und Jahresniederschlagshöhe gegeben. Der laufende Abgang durch den unterirdischen Abfluß wurde berücksichtigt.

Der Idealfall eines klar erfaßbaren Einzugsgebietes und eines durch Vorfluter ungestörten Grundwasserkörpers liegt im Leibnitzer Feld eigentlich nur im Bereich der Jösser Ribterrassen vor. Es wurde ein Grundwasserzugang von im Mittel 14 Prozent der Jahresniederschlagssumme errechnet. Doch schon hier zeigte sich die auch für die anderen Bereiche gültige Regel, daß mit **steigenden Niederschlagshöhen auch der Prozentsatz des Versickerungsanteiles steigt**. So ergab sich bei einer Jahresniederschlagssumme von 828 Millimetern (1967; 119 Millimeter unter dem langjährigen Mittel) ein Grundwasserzugang in der Höhe von 9,1 Prozent hN, bei 1206 Millimeter (1965; 259 Millimeter



über dem langjährigen Mittel) ein Grundwasserzugang von 18,5 Prozent der Jahresniederschlagssumme. Die Untersuchungsreihen sind zu kurz, als daß man versuchen könnte, diese Gesetzmäßigkeit in einer Schlüsselkurve auszudrücken.

Auf der Würmterrasse westlich der Mur liegt der dem Grundwasser zukommende Anteil am Niederschlag zwischen 15,4 und (wahrscheinlich) 25 Prozent. Der Mindestprozentsatz (1967) ist ziemlich gesichert, der höchste nicht, da das Ausmaß der Fremdwasserzutritte nicht genau erfaßbar ist. Daß die Versickerung auf der Würmterrasse größer ist als auf der Rißterrasse begründet sich in der weit mächtigeren Lehmdecke und Schotterüberlagerung auf der Rißterrasse. **Dies ist ein generell wirksamer Faktor für die Versickerungsrate.** Trotzdem sind die effektiv aus dem Grundwasserzugang dauernd anfallenden (und daher auf die Dauer nutzbaren) Wassermengen auch in der Würmterrasse erstaunlich gering. Das auf die Grundwasserisohypse bei H 9 entfallende Einzugsgebiet erfaßt mit 18 Quadratkilometern etwa die Hälfte des Leibnitzer Feldes westlich der Mur. Der tatsächliche Grundwasserzugang im Jahre 1963 (Niederschlagsanteil plus Alimentation) für diesen Bereich betrug laut Berechnung aus den Grundwasserspiegelschwankungen 215 l/s, nach dem von Dipl.-Ing. Th. GLANZ berechneten mittleren kf-Wert von 0,00592 m/s 237 l/s. In trockenen Jahren ist die Menge wesentlich geringer. Die durch den Aufstau der Mur in den Grundwasserkörper westlich des Flusses eingetretene Wassermenge kann nur grob geschätzt werden, sie dürfte in dem halben Jahr von Herbst 1964 bis Frühjahr 1965 mit einem durchschnittlichen Q von knapp 100 l/s wirksam gewesen sein, wobei sie in den ersten Phasen des Aufstaus höher lag und später immer mehr abklang.

Östlich der Mur sind die einzelnen Faktoren des Grundwasserhaushaltes viel schwerer abzugrenzen. Neben der Versickerungsrate sind vor allem die Wasserführung der Stiefing, die Alimentation des Grundwassers durch Karstwasser und der Grundwasserzutritt aus dem Grazer Feld wirksam. Das tatsächliche Einzugsgebiet greift weit über das orographische hinaus. **Auch die Fremdwasserzutritte steigen in Jahren mit überdurchschnittlichem Niederschlag nicht linear, sondern progressiv.** Weiters kann man sehen, daß für die Versickerungsrate insbesondere die Herbst- und Frühjahrsniederschläge bedeutsam sind, weil die Sommerniederschläge in hohem Maße der Evapotranspiration zum Opfer fallen. **Der Fremdwasserzuwachs wird in größerem Ausmaß als die Versickerung auch durch hohe Sommerniederschläge verstärkt.**

Der äußerste Norden des Leibnitzer Feldes verfügt auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse über ein relativ hohes Grundwasserdargebot, das allerdings zahlenmäßig noch nicht erfaßt ist. Gegen Süden nimmt der Grundwasserkörper stark an Mächtigkeit ab. Für

die einigermaßen exakte Erfassung des Grundwasserhaushaltes im östlichen Leibnitzer Feld ist noch eine Reihe weiterer Untersuchungen notwendig.

## Literatur

- BURRE, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. Abh. Hess. Landesamt f. Bodenforschung, **30**, Wiesbaden 1960.
- CLAR, E.: Zur Kenntnis des Tertiärs im Untergrund von Graz. Verh. Geol. Bundesanst., Wien 1927.
- CLAR, E.: Das Relief des Tertiärs unter Graz. Mitt. natw. Ver. Stmk., **68**, Graz 1931.
- FINK, J.: Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung am südöstlichen Alpenrand. Mitt. Österr. Bodenkundl. Ges., Wien 1959.
- FLÜGEL, H.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). Mitt. Österr. Geogr. Ges., **102**, 1, Wien 1960.
- HILBER, V.: Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf. Jb. Geol. Reichsanst., **43**, Wien 1894.
- HILBER, V.: Taltreppe. Graz 1912.
- KOPETZKY, G.: Das Miozän zwischen Kainach und Laßnitz in Südweststeiermark. Mitt. Mus. f. Bergbau, Geologie u. Technik am Joanneum Graz, **18**, Graz 1957.
- MAURIN, V. & J. ZÖTL: Hydrogeologie und Verkarstung der Steiermark, Karte 1 : 300.000, Steiermark-Atlas, Graz 1964.
- METZ, K.: Geologische Karte der Steiermark, 1 : 300.000, Graz 1957.
- MORAWETZ, S.: Zur Frage der Entstehung der jungdiluvialen Murterrassen. Mitt. Österr. Geogr. Ges., **103**, 1, Wien 1961.
- PENCK, A.: Die Eiszeiten in den Südalpen und im Bereich der Ostabdachung der Alpen. — In A. PENCK & BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter, **3**, Leipzig 1909.
- ROLLE, F.: Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Gratz, Köflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. Jb. Geol. Reichsanst., **7**, Wien 1856.
- SÖLCH, J.: Die Landformung der Steiermark. Mitt. naturw. Ver. Stmk., Graz ges und seiner Nachbarschaft. Forsch. dtsch. Landes- u. Volkskd., **24**, Stuttgart 1917.
- STINY, J.: Die ostalpinen Eiszeit-Schotterfluren. Ein Beitrag zur Aufklärung ihrer Entstehung. Centralbl. Min. Geol. Pal., Stuttgart 1923.
- TRONKO, W.: Die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung im Mürztal. Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, **14**, Graz 1963.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. Denkschr. Österr. Akad. Wiss. Math.-Nat. Kl., **110**, Wien 1955.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Hydrogeologische Studien über Grundwässer in der Steiermark. (Vordernberger Tag, Mürztal, unterhalb von Graz, Lendbachtal bei Kapfenstein in Oststeiermark.) Steir. Beitr. Hydrogeol., **8/9**, Graz 1958.

## Summary

The first approximative calculations of the groundwater balance in the quaternary gravel body of the Leibnitzer Feld have been made possible by means of investigations conducted over a number of years.

East of the Mur most of the Leibnitzer Feld is occupied by the holocene river-meadow landscape; west of the Mur the Würm terraces prevail but a remarkable remnant of the Riss terrace has also been preserved. The basis of the Riss terrace lies so high that this terrace has its own groundwater regime. The basis of the youngest terrace, too, has, in the Leibnitzer Feld, been cut into the basis of the Würm terrace, but the groundwater table extends through both terrace systems.

Plate I shows a selection of passage-lines representing the various types of the annual groundwater passage. Most of the passage-lines of the observation posts on the Würm terrace west of the Mur resemble those of the observation post H 9. H 28 illustrates the independent groundwater body of the Riss terrace, St 23, H 22 and H 5 groundwater areas under the influence of the river.

On the whole common seasonal fluctuations can be observed; variations result from differences of the geological conditions, the recharge area and the influence of the river. The thickness of the groundwater body decreases from over 8 m in the extreme northeast of the Mur to 3—4 m in the south of the Leibnitzer Feld; in the Riss terrace it is hardly 1 m. The coverage of the groundwater is illustrated by fig. 4.

The damming-up of the Mur in the course of the construction of the power station near Gralla had its effects on the groundwater body chiefly in the area on the right bank. There was an immediate and marked, but ephemeral rise of the groundwater level; from mid-1965 onward, the natural tightness of the river-bed of the Mur soon stabilized conditions again. Water-table isohypses and serial tests of groundwater hardness justify the assumption that the water of the Mur has penetrated into the groundwater body no farther than 500 m westward. The southward extension of this penetration cannot be clearly ascertained. The calculation of the groundwater household is based, above all, on the evaluation of the fluctuations of the groundwater level. Given an average effective porosity of 18% of the total volume of the filled aquifer, a rise of the groundwater level by 1 cm will effect an increase by 1,81 per m<sup>2</sup> of the basis. As these 1,81 correspond to a precipitation of 1,8 mm per m<sup>2</sup>, an effective relation between groundwater increase and annual precipitation must be assumed wherever the orographic recharge area coincides with the actual, provided that any influence of the river can be excluded. The current loss caused by the groundwater runoff has been taken into account.

In the Leibnitzer Feld the ideal conditions of a clearly perceptible recharge area and a groundwater body undisturbed by the river prevail in the area of the Jösser Riss terrace only. An average groundwater increase of 14% of the annual precipitation total has been calculated. Here was observed what turned out to be a rule applicable also to the other areas: that with precipitations altitudes rising, the infiltration rate rises accordingly. Thus at a given annual precipitation total of 828 mm (1967: 119 mm below the average of many years) an increase in groundwater of 9,1% hN, at 1206 mm (1965: 259 mm above the average of many years) an increase in groundwater of 18,5% of the annual precipitation total was measured. The series of investigations are still too short to allow for the presentation of this law of nature by means of an illustrative diagram.

On the Würm terrace west of the Mur the percentage of precipitation penetrating into the groundwater is between 15,4 and (probably) 25%. That

minimum percentage (1967) is rather well established; the maximum is not, as the amount of outside-water penetration cannot be exactly determined. That the infiltration rate is greater on the Würm terrace than on the Riss is due to the much thicker clay layer, and gravel body on the Riss terrace. This is a common factor of influence on the infiltration rate. Yet the quantities of water that permanently result from the increase of groundwater (and are, therefore, permanently usable) are amazingly small, also on the Würm terrace. The recharge area corresponding to the groundwater isohyps near H 9 covers 18 km<sup>2</sup>, which is about half of the Leibnitzer Feld west of the Mur. The effective increase of groundwater in 1963 (percentage of precipitation and alimentation) in this area amounted to 215 l/s according to calculations based on groundwater-level fluctuations, and to 237 l/s based on the average kf-value of 0,00592 m/s as calculated by Dipl.-Ing. Th. GLANZ. The quantity is substantially smaller in dry years. The quantity of water that has, on account of the damming-up of the Mur, penetrated into the groundwater body west of the river can only be roughly estimated; it seems to have been, during the half year from autumn 1964 to spring 1965, effective with an average Q of at best 100 l/s, having been greater during the initial stages of the damming-up and gradually decreased later.

East of the Mur the several factors determining the groundwater household are much more difficult to define. Apart from the rate of infiltration the main factors are the discharge of the Stiefing, the alimentation of the groundwater by karst water and the inflow of groundwater from the Grazer Feld. The actual recharge area is much larger than the orographic. The inflow of outside water increases in years of exceptional precipitation not at a linear rate but progressively. Furthermore it can be observed that the autumnal and vernal precipitations are of particular importance to the rate of infiltration because the aestival precipitation is largely accounted for by evapotranspiration. The inflow of outside water is also, and to a greater extent than the infiltration, increased by high aestival precipitation.

Owing to its hydrological conditions, the extreme north of the Leibnitzer Feld has a relatively high groundwater supply, which has not yet been calculated. Towards the South the groundwater body decreases remarkably in thickness. In order to determine, to a certain degree of exactness, the groundwater balance in the eastern Leibnitzer Feld, a number of further investigations are necessary.

Anschrift des Verfassers:

Dozent Dr. JOSEF ZÖTL,

Oberassistent am Institut für Mineralogie und Technische Geologie an  
der Technischen Hochschule Graz,  
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz.