Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum | Heft 39 | Graz 1978

Über die Bedeutung des Quartärs für die Wasserwirtschaft

von Ernst FABIANI

mit einer Beilage

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 35
Über die Bedeutung des Quartärs für die Wasserwirtschaft 37
A) Wasserkraft 38
B) Wasserversorgung 38
1. Quellen 38
2. Seen 41
3. Grundwasservorkommen 42
a) Grundwasservorkommen innerhalb der Vereisungsgebiete (glaziale Becken) 43
Vorarlberg 44
Tirol 45
Alpenvorland (Bayern) 47
Salzburg 47
Oberösterreich 49
Osttirol und Kärnten 49
Steiermark 51
b) Grundwasservorkommen in mit Vereisungsgebieten zusammenhängenden Sedimenten (fluvioglaziale Ablagerungen) 53
Oberösterreich 55
Niederösterreich 57
Steiermark 57
c) Grundwasservorkommen in nicht direkt mit Vereisungsgebieten in Zusammenhang stehenden Sedimenten (periglazialer Bereich) 59
Niederösterreich 59
Steiermark und Burgenland 60
Schlußbemerkungen 61
Zusammenfassung 62
Literaturverzeichnis 64

Einleitung

Wasser, eines der vier „Urelemente", gehört zu den Grundbedingungen menschlichen Lebens. Unter den günstigen Voraussetzungen, die der Mensch nach dem Ende der Eiszeiten auf unserem Planeten vorfand, hat sich dieses Leben explosionsartig entwickelt und schließlich von der gesamten Erde Besitz ergriffen. Die hemmungslose Ausbeute der Rohstoffe im technischen Zeitalter machte auch vor dem Wasser nicht halt. Heute ist es auch dort, wo es scheinbar im unerschöpflichen Überfluß vorhanden war, bereits zu einem kostbaren Gut

geworden. Die Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte ließ uns bewußt werden, daß die vorhandenen Wasserreserven in immer kürzerer Zeit und in immer größer werdendem Ausmaß verbraucht und zerstört werden und daß wasserwirtschaftliche Vorsorge für die Zukunft zu den wichtigsten und dringendsten Aufgaben unserer Zeit zählt.

Nicht nur in der Steiermark, wo das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung nun seit bereits zehn Jahren unter Leitung von Wirkl. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. L. BERNHART die Erkundung von Wasserreserven zu seinen wichtigsten Aufgaben zählt, auch in anderen Bundesländern sind in den vergangenen Jahren zahlreiche Wasserhoffnungsgebiete untersucht und neue Erkenntnisse gewonnen worden.

Dabei zeigte sich einerseits, daß die mengenmäßigen Anforderungen in zunehmendem Maße nur noch aus dem Grundwasser gedeckt werden können, andererseits ein wesentlicher Teil aller bedeutenden Wasservorkommen in Zusammenhang mit Ablagerungen oder Formen des Eiszeitalters steht.

In der Folge sollte versucht werden, die Bedeutung der Eiszeiten für die Wasserwirtschaft an Hand einiger Beispiele aufzuzeigen.

Das Phänomen der Eiszeit ist in mancher Hinsicht noch eines der ungelösten Rätsel der Erdgeschichte. Trotz mehrerer plausibler Hypothesen (Polwanderungen, Schwankungen der Sonnenkurve, Änderungen des Luftmassenaustausches, des CO_2-Gehaltes u. a.) wissen wir letztlich noch nicht, wann und warum Eiszeiten kommen, ob wir am Ende einer Eiszeit oder nur in einer Zwischeneiszeit leben.

Eiszeiten hat es bereits in der frühesten Erdgeschichte gegeben, so im Algonkium, vor mehr als 1000 Millionen Jahren oder an der Wende zwischen Karbon und Perm vor gut 300 Millionen Jahren. Die jüngste Folge von Kaltzeiten, die des Pleistozäns, setzte ca. 600.000 v. Chr. ein. Im Bereiche der Alpen konnten mindestens 4 Eiszeiten, für welche Flüsse des Alpenvorlandes namengebend wurden (Günz, Mindel, Riß, Würm), nachgewiesen werden. Doch gibt es auch Anzeichen älterer, in das obere Pliozän reichender Klimaverschlechterungen (Donaueiszeit).

Als Ursache kann eine weltweite Klimaverschlechterung mit einem Absinken der Temperaturen um 8° bis 9° C unter die heutigen Mittelwerte bzw. ein Absinken der Schneegrenze um 1200 bis 1400 m unter die heutige Schneegrenzlage angesehen werden. Als Folge häuften sich die Niederschläge in Form von Eis und Schnee, ganze Gebirge, selbst ganze Kontinente versanken unter Eismassen.

Aus den mit über 2000 m mächtigen Eismassen erfüllten Tälern der Alpen schoben sich gewaltige Gletscher im Süden bis in die Poebene, im Norden bis zur oberen Donau und über das Oberbayrische Land vor.

Von Norden reichten die bis England zusammenhängenden Inlandeismassen bis zum Fuße der teilweise auch vergletscherten Mittelgebirge und der Karpaten (Elster-, Saale-, Weichselvereisung) bzw. im Osten bis in die Don- und Djneprniederung vor (Lichwin-Djnepr-Waldaieiszeit).

Ebenso ertrank Nordamerika bis zum 40. Breitengrad in Schnee und Eis. Gletscher drangen zum Mississippi und Missourie (St. Louis) vor. Aber auch in südlichen Breiten wurden alle höheren Gebirge von größeren und kleineren Gletschern überzogen, so z. B. die Pyrenäen, die höheren Gebirge der Iberischen Halbinsel, Teile des Apennins und des Balkans, das Velebitgebirge, der Lovćen, der Kaukasus, das Elbursgebirge, selbst höhere Teile Formosas, Hawais, des Atlasgebirges und des Libanon. Auch auf der südlichen Halbkugel wurden tiefreichende Vergletscherungen, z. B. in den Anden oder auf Neuseeland, festgestellt.

In niederen Breiten, vor allem in den heutigen Trockengebieten um das Mittelmeer oder Westasiens, herrschte zu dieser Zeit ein feuchteres Klima (Pluvialzeit). Ehemalige Flußsysteme lassen sich in der Sahara bis zum Niger verfolgen. Heutige Wüsten waren blühendes Land und boten dem frühgeschichtlichen Menschen idealen Lebensraum.

Die durch Gletschervorstöße gekennzeichneten Kaltzeiten sind voneinander durch teilweise langdauernde „Interglazialzeiten" getrennt, während denen die Temperatur wieder bis zu 3° über die heutigen Mittelwerte anstieg, was zu einem Abschmelzen der Eismassen führte. Doch auch während der Eiszeiten kam es zu kurzfristigen Erwärmungen bzw. Stillständen der Vereisung, den sogenannten „Interstadialzeiten", denen neue Vorstöße der Eismassen folgten.

Die letzte Vereisung erreichte ihren Höhepunkt ca. 20.000 v. Chr., danach folgte ein stetiges Abschmelzen der Eismassen. Um 10.000 v. Chr. waren die Eismassen bereits weitgehend abgeschmolzen. Unter günstigen Klimabedingungen (Allerödzeit) drang bereits Vegetation in die Alpentäler vor, als eine neuerliche Klimaverschlechterung, die des sogenannten „Spätglazials" zu einem nochmaligen Vorrücken der Gletscher führte (Schlern-, Gschnitz-, Daun-, Egessenstadien). In der folgenden „Postglazialen Wärmezeit" schmolzen die Inlandeismassen endgültig ab (6800), in den Alpen stieg die Schneegrenze bis zu 400 m über die heutige, welche zwischen 2500 und 3300 m liegt, an. Nach kleineren kurzfristigen Vorstößen in historischer Zeit (z. B. 1620, 1820, 1850) zogen sich die Gletscher auf ihren heutigen Stand zurück.

Die umformende Wirkung der Eiszeiten auf die Landschaft war gewaltig und ging weit über die Vereisungsgebiete hinaus. Frostsprengung und Gletscherschurf ließen reizvolle Kare mit dunklen Seen, wasserdurchtoste Steilstufen und breite trogförmigen Täler, anderswo wieder rundbucklige Seenlandschaften und dunkle Fjorde entstehen. Vor den heute seenreichen Moränenlandschaften schütteten reißende Schmelzwässer gewaltige Schotterfächer weit in das Vorland, wo durch kalte Fallwinde ausgeblasene Feinteile zur Bildung mächtiger Staublehmdecken führen konnten.

Seit Ende der Eiszeit (Holozän) unterliegen viele dieser dem heutigen Klima fremden Formen einer langsamen, jedoch stetigen Zerstörung. Dennoch verdanken wir viele der reizvollsten Landschaften der Erde, insbesondere in Österreich, der eiszeitlichen Formgebung.

Über die Bedeutung des Quartärs für die Wasserwirtschaft

So weltweit die Auswirkungen der Eiszeiten waren, so weltweit ist auch deren Bedeutung für die Wasserwirtschaft. Dies geht von den aus der Pluvialzeit stammenden unterirdischen Wasservorräten arider Gebiete (artesische Tiefenwässer, unterirdische Karstwässer, grundwasserführende Wadis) über die durch mehrere Zehnermeter mächtigen Quartärablagerungen führenden Kanate des Iran bis zu den 10 bis 30 km breiten Urstromtälern Norddeutschlands.

Der Schwerpunkt der folgenden Betrachtungen wird sich jedoch auf den Raum der von den österreichischen Alpen ausgehenden Vereisung beschränken. Einer

gewissen Systematik willen werden die Auswirkungen der Eiszeiten nur so weit behandelt, als sie in Beziehung zur Wasserwirtschaft stehen, wobei Wasserkraft, Quellen und Seen nur kurz, die Grundwasservorkommen an Hand einiger Beispiele jedoch ausführlicher behandelt werden.

A) Wasserkraft

Hinsichtlich der Bedeutung der Eiszeit für die Nutzung der Wasserkraft verdienen zwei Punkte hervorgehoben zu werden. Für die Speicherwirtschaft bieten glazialüberformte Kartreppen und trogförmige Hochtäler meist ideale Voraussetzungen. Wo durch eiszeitlich geformte Schwellen oder Moränen bereits Seen aufgestaut sind, genügen meist wenige Meter Anhebung, um ein großes Speichervolumen zu erreichen. Die Ausräumung von Schutt hat an den Schwellen oft günstige Gründungsverhältnisse geschaffen, doch sind häufig auch Grundmoränen als Basis für Sperren geeignet.

Die meisten Speicherseen Österreichs gehen auf eiszeitliche Formung zurück, so z. B. der Lünersee, der Spullersee, der Plansee, der Aachensee, der Weißsee, der vordere Gosausee und andere (Berger, 1973). Als zweites wurden durch die eiszeitlich bedingte Übersteilung von Gefällsstufen, insbesondere durch Übertiefung von Haupttälern, in welche die Seitenbäche „hängend" einmünden, günstige Gefällsverhältnisse geschaffen.

B) Wasserversorgung

Hinsichtlich der Wasserversorgung kommt den bestehenden Möglichkeiten, nämlich der Versorgung aus Quellen, Grundwasser und Oberflächenwasser, je nach den natürlichen Voraussetzungen und dem Bedarf, eine unterschiedliche Bedeutung zu.

1. Quellen

Quellwasser wird im allgemeinen überall dort, wo es in ausreichender Menge und wirtschaftlich vertretbarer Entfernung und Höhenlage vorhanden ist, bevorzugt herangezogen. Diese Bevorzugung beruht einerseits auf der eher volkstümlichen Meinung, Quellwasser sei der Inbegriff kühlen, wohlschmeckenden, naturreinen Wassers, andererseits auf der Möglichkeit, natürliche Gefällsverhältnisse auszunutzen.

So stellen Quellwasserversorgungen in allen alpinen Bereichen, in Österreich insbesondere in den Bundesländern Tirol, Salzburg und Kärnten, den überwiegenden Anteil an der Wasserversorgung dar.

Allerdings sind große städtische Wasserversorgungen, wie z. B. die von Innsbruck, Salzburg oder die Fernwasserversorgung von Wien, nur durch die Fassung großer Karstquellen, wie sie vor allem in den nördlichen Kalkalpen auftreten, möglich.

Die Bedeutung der Eiszeit bezieht sich in ihrem Einflußbereich demnach hinsichtlich der Quellwasserversorgung im wesentlichen nur auf Quellen aus Lockersedimenten, welche die wichtigsten und häufigsten Wasserspender für zahlreiche kleinere Orts-, Gemeinschafts- und Einzelwasserversorgungen, vor allem des zentralalpinen Bereiches, bilden.

Auf die Bildung von *Kluftquellen* hatten die eiszeitlichen Vergletscherungen insofern einen Einfluß, als sich einerseits am oberen Rande der Vereisung durch Frostsprengung in vermehrtem Ausmaße seichte Klüfte bildeten, andererseits viele an sich tiefreichende Klüfte oder Karstschläuche durch Einschwemmungen und Moränen abgedichtet wurden, so daß der Bereich des ehemaligen Eisrandes durch eine besondere Häufung von Kluftwasseraustritten gekennzeichnet ist. Zur Entstehung von Klüften und zur Auflockerung von tektonischen Zerrütterungszonen trugen auch die wiederholte Belastung und Entlastung durch das Kommen und Gehen der Gletscher bzw. die bis mehrere hundert Meter tiefe Ausschürfung von Tälern bei. Das Maximum der dadurch bewirkten Klüftungen ist jedoch auf den meist verschütteten Talgrund konzentriert.

In bezug auf *Karstquellen* blieben die gewaltigen Schmelzwassermengen, Abtrag, Einschwemmungen, die Dichtungsschürzen aus Moränenmaterial und die Tieferlegung der Erosionsbasis nicht ohne Einfluß auf die unterirdischen Wasserwege, doch wird auf letztere in Zusammenhang mit der glazialen Beckenbildung in Karstgebieten näher eingegangen.

Hinsichtlich der *Quellaustritte aus Lockersedimenten* besteht der unmittelbarste Zusammenhang zur Eiszeit bei allen aus Moränenmaterial entspringenden Quellen. Moränenablagerungen bilden in der Regel infolge des meist unsortierten, an Feinanteilen reichen Materials, gute Speicherkörper. Unzerschnittene Moränenwälle sind meist nur noch in höheren Gebirgsregionen anzutreffen, wo die Ablagerungen spätglazialer Vergletscherungen Kare und Hochtäler völlig abschließen und so den anfallenden Schutt wie auch die Niederschlagswässer abfangen. Der so entstandene Speicherkörper wirkt sich auf den Wasserhaushalt überaus günstig aus, und die an der Basis der spätglazialen Moränen austretenden Quellen haben in der Regel eine recht beständige Schüttung zwischen 1 und 15 l/s. Bei entsprechendem Einzugsgebiet kann die Dauerschüttung jedoch auch bis über 70 l/s ansteigen (z. B. Zaunbachquelle im Hochschwab).

Beispiele, daß starke und beständige Quellen an spätglaziale Moränen gebunden sind, sind in fast allen höheren, besonders in kristallinen Gebirgsteilen anzutreffen, so z. B. in den Radstädter Tauern (H. NAGL, 1973), Niederen Tauern (E. FABIANI, 1969) und der Koralpe (E. FABIANI 1971). Aber auch in kalkalpinen Gebieten sind insbesondere höher gelegene Quellen häufig an Moränenablagerungen gebunden, wie z. B. im Dachsteingebiet und Toten Gebirge (J. ZÖTL, 1961) oder im Hochschwabgebiet (E. FABIANI, 1975).

Die Moränen und glazialen Ablagerungen der Hauptvereisungen erstrecken sich dagegen in einem 20 bis 90 km breiten Gürtel über das Alpenvorland von Kempten über Rosenheim, Salzburg bis Kremsmünster und südlich der Alpen 20 bis 30 km über Como-, Gardasee und das Kanaltal hinaus und überdecken auch den größten Teil Mittelkärntens bis vor Bleiburg. Die bis über 100 m mächtigen Ablagerungen bestehen großteils aus unsortiertem, in der Zusammensetzung stark

wechselndem, an Feinanteilen reichem Material und wirken eher stauend. Die hügelig-kuppige Landschaft wird häufig von Toteisablagerungen mit einem regen Wechsel von teilweise geschichteten Schottern (Oser, Kames) und lehmigen Ablagerungen (Mulden) eingenommen. Die Wasserführung ist entsprechend unterschiedlich, geschlossene Grundwasserhorizonte sind selten. Nach K. P. Seiler (1977) weisen nur Endmoränen der Eishauptstromtäler eine für Grundwasserführung ausreichende Durchlässigkeit auf. So dürfte es sich bei der von A. Thurner (1967) wiedergegebenen Aufstellung von ergiebigen Moränenschuttquellen des Alpenvorlandes, welche Schüttungen von 10 bis 900 l/s erreichen, zumindest teilweise um Grundwasseraustritte aus glazialen Becken handeln. Die Mehrzahl aller aus diesen Moränenablagerungen entspringenden Quellen weisen hingegen nur Schüttungen von 0,5 bis 5 l/s auf. Wie J. Stiny (1952) beschreibt, können auch unter Verlandungssedimenten empordringende Wallerquellen beachtliche Schüttungen erreichen.

Wie auch die Quellaufnahmen des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in der Steiermark zeigen, ist jedoch der zahlenmäßig überwiegende Teil aller Quellen in nicht verkarstungsfähigen Gebieten dem Typ der Schuttquelle bzw. der „Folgequelle" zuzuordnen. Der überwiegende Teil aller jüngeren Schuttkörper verdankt wieder seine Entstehung direkt oder indirekt den Wirkungen der Eiszeit.

In den ehemals vergletscherten Gebieten geht die schuttbildende Wirkung der Eiszeit vor allem auf die Übersteilung der Hänge und Wände durch Gletscherschliff und Frostsprengung zurück. Mit dem Rückzug des Eises setzte eine Angleichung an fluviatile Gefällsverhältnisse und damit eine intensive Zerstörung der glazialen Formen ein. Nach Befreiung vom Eisdruck stürzten ganze Wände in Form von Bergstürzen nieder, Steilhänge wurden von engstehenden Runsen zerschnitten, mächtige Murenkegel schoben sich in die sich auffüllenden Täler vor.

Der intensivste Schuttanfall ist im Bereich der Gebirge jedoch dem Spätglazial zuzuordnen, da die vegetationslosen und nunmehr eisfreien Gebirgshänge einer besonders intensiven Schuttaufbereitung durch Frostsprengung ausgesetzt waren. Insbesondere die während des Spätglazials nicht vereisten Kare und Quelltrichter ertranken förmlich im Schutt und bilden heute noch gefährliche Murenherde. (E. Fabiani, 1969). Am Fuße von Wänden bildeten sich ausgedehnte Schutthalden. In abgeschwächter Form setzt sich die Zerstörung der Eiszeitformen auch heute noch fort.

Schuttkegel und Schutthalden bzw. schutterfüllte Hohlformen der Gebirgsregionen bilden ein wesentliches Element im Wasserhaushalt. Meist folgt in Schutthalden nach einer oberflächennahen Zone groben Schuttes feingrusiges, von Blöcken durchsetztes Material (G. Fromme, 1952). Dies bedeutet, daß einer versickerungsintensiven Oberfläche ein mehr oder minder speicherfähiger Untergrund folgt, in dem es bevorzugt zur Ausbildung von Wasserströhnen kommt. Soweit diese bereits in hochgelegenen Quellen, Mulden und Quellhorizonten austreten, versickern die dadurch gespeisten Bäche häufig wieder in den ins Tal vorgeschobenen Schwemm- und Murenkegeln, um am Talgrund entweder direkt in den Vorfluter, oder in Form von Quellen wieder auszutreten oder auch in das Grundwasser überzugehen.

In den nicht vereisten Gebieten erfolgte, soweit der um die Vereisungsgebiete liegende Kaltgürtel (Periglazialgebiet) reichte, der Hauptteil der jungen Schuttbildung während der Vereisungen. Durch das Absinken der Vegetationsgrenze und Frostsprengung kam es zu einer intensiven Aufbereitung der Gesteine. Diese

erfolgte je nach Ausgangsgestein feinsplittrig oder grobblockig. Ein typisches Merkmal der ehemaligen Frostzone ist auch das durch Frostschub bewirkte Bodenfließen.

So bildeten sich im Bereich zu grobblockigem Zerfall neigender Gesteine, wie Granite, Granitgneise, Granitoide, Quarzite u. a., durch Wanderung lange, ganze Hänge überziehende Blockströme und Blockmeere. Diese sind zwar typisch für das Deutsche Mittelgebirge, doch finden sich solche auch in Alpen, z. B. in den Niederen- und Seckauer Tauern und der Koralpe. Die diese Blockströme durchfließenden Quellsträhnen sind zumeist sehr seichtliegend und treten des öfteren aus, um danach wieder zu versickern. Wesentlich günstiger in der Wasserhaltung wie auch in hygienischer Hinsicht sind die teils mächtigen periglazialen Hangschuttdecken, wie sie durch Frostsprengung und Bodenfließen, besonders im Bereich feinsplittrig zerfallender Gesteine (Schiefer, Glimmerschiefer, Schiefergneise) entstehen. Die Quellaustritte erfolgen meist im Bereich von Hangknicken, an der Talsohle, wo der Hangschutt durch Erosion ausgeräumt wurde, sowie im Bereich von in ihrer Anlage meist auf die Eiszeit zurückgehenden Hohlformen wie Tobel, Rinnen und Quellmulden. Die höchsten, unter der Kammlinie austretenden Quellenreihen sind häufig an einen Gürtel groben Blockmaterials gebunden, welcher auf eiszeitlich perennierende Schneefelder zurückzuführen ist.

In den großteils aus klastischen Sedimenten aufgebauten Tertiärgebieten des Alpenvorlandes wirkte sich die eiszeitliche Frostzone vor allem durch verstärktes Bodenfließen aus. Durch den häufigen Wechsel von undurchlässigen und durchlässigen Schichten bedingte Schichtwasseraustritte sind daher meist von mehreren Metern mächtigen, überwiegend feinklastischen Ablagerungen überdeckt. In diesen Hanglehmen sickern solche Schichtwasseraustritte gemeinsam mit den versickerten Niederschlagswässern hangabwärts, um sich in Dellen zu sammeln. Diese typisch eiszeitlich geformten wasserlosen Wiesenmulden sind durchaus nicht nur auf tertiäre Ablagerungen beschränkt, sondern treten in besonderer Häufung in mittleren Höhenlagen und in flachen Gebieten auf. Der Quellaustritt erfolgt in dem scharfen, talauf fortschreitenden Übergang von einem Kerbtälchen zur Wiesenmulde, dem sogenannten Tobelsprung.

Wo durch insbesondere späteiszeitliche Solifluktion (H. Riedl, 1961, F. Solar, 1963) wasserführende Schotter überdeckt wurden, sind Hangfußvernässungen eine typische Erscheinung.

Somit sind die Auswirkungen der Eiszeit in bezug auf die verschiedenen Arten von Quellaustritten sehr mannigfaltig. Es verdient jedoch als wesentlich hervorgehoben zu werden, daß die so zahlreich genutzten Schuttquellen ihre Existenz zum überwiegenden Teil eiszeitlichen bzw. späteiszeitlichen Schuttkörpern verdanken.

2. Seen

Nahezu sämtliche natürliche Seen der Alpen und des Alpenvorlandes gehen auf die ausschürfende Wirkung des Eises zurück. Während die zahlreichen kleineren Karseen des Hochgebirges auf die Exaration spätglazialer Gletscher oder die Abdichtung durch Moränen zurückgehen und Seen in Tallagen des öfteren auch auf Bergstürze und Murengänge zurückzuführen sind, stellen die meisten der zahlreichen Seen des Alpenvorlandes noch nicht verlandete Reste glazialer Zungenbecken dar. Kleinere Seen und Moore sind auch in abflußlosen Mulden der Moränengebiete häufig. Diese Seenzone reicht vom Bodensee über den Ammersee,

Starnbergsee, Chiemsee, Mattsee, Attersee bis zum Traunsee. Im Süden der Alpen vom Comosee über den Lago D'Iseo und den Gardasee bis zu den Kärntner Seen. Ebenso gehen fast alle Seen der Schweiz, der fennoskandischen Seenplatte und Norddeutschlands auf Gletscherwirkung zurück. Abgesehen von der Bedeutung der Seen für die Fremdenverkehrswirtschaft und den damit verbundenen Auflagen zu deren Reinhaltung, stellen diese auch riesige natürliche, bei entsprechender Reinhaltung auch für die Trinkwasserversorgung geeignete Reservoire dar.

In Österreich wird diese Möglichkeit noch kaum genutzt. Zwar stehen an größeren Vorhaben z. B. der Fuschelsee oder der Attersee im Gespräch, die praktische Nutzung bleibt vorerst auf die Schweiz und den Bodensee beschränkt.

In der Schweiz werden zur Zeit durch 35 Wasserwerke, welche Seewasser fördern, mehr als 25 Prozent der Wasserversorgung bestritten (z. B. Vierwaldstättersee, Genfer See, Zuger See, Lac d'Bêt, Bieler See, Murtensee, Bodensee, Zürichsee) (E. Trüeb, Ref. ÖWWV, Raach 1970; M. Schalekamp, ÖWWV, Raach 1978). Durch die hohe Siedlungsdichte in Tallagen und dem damit zusammenhängenden Mangel an verfügbaren Grundwasserreserven stellt diese Art der Versorgung besonders für die großen Städte der Schweiz die letzte Möglichkeit dar.

Vom Bodensee geht eine Fernwasserleitung über Stuttgart bis Ludwigsburg bzw. Reitlingen und Esslingen. Mit einer Dauerentnahme von 7,5 m^3/s stellt diese Fernwasserversorgung zusammen mit der angereichertes Grundwasser aus Donauauen nutzenden Landeswasserversorgung (rund 6,7 m^3/s) und einer Grundwasserversorgung aus dem Rheintal das Rückgrat der Baden-Württemberg'schen Wasserversorgung dar.

Zu erwähnen ist, daß diese meist am Ende verlandeter glazialer Becken liegenden Seebecken außer oberirdischen Zuflüssen auch über unterirdische Zuflüsse aus grundwasserführenden Schichten verfügen. Noch im kalkalpinen Bereich liegende Seen, wie z. B. der Hallstättersee, erhalten auch unterirdische Karstwasserzuflüsse.

3. Grundwasservorkommen

Grundwasservorkommen sind, sofern man sich in ihrer Definition auf zusammenhängendes, Hohlräume erfüllendes, in seiner Bewegung den Gesetzen der Schwerkraft folgendes Porengrundwasser beschränkt, in erster Linie an die Lockersedimentfüllungen der Täler gebunden. Damit sind Grundwasservorkommen im allgemeinen mit Bedarfsschwerpunkten identisch und bieten gegenüber Quellfassungen meist den Vorteil, daß an einem Punkt Wasser aus einem großen Einzugsgebiet mit relativ großer und gleichbleibender Ergiebigkeit und guter Qualität gewonnen werden kann. Ein Nachteil liegt in der Größe und Wertigkeit des erforderlichen Schutzgebietes.

Für die Wasserversorgung der vom Standort her meist an Tallagen gebundenen Industrie- und Gewerbebetriebe bildet Grundwasser zumindest seit der Nachkriegszeit den Schwerpunkt. Dies einerseits, weil der hohe Bedarf der Betriebe, mit der zunehmenden Verschmutzung der Flüsse aber auch akut gewordene Qualitätsansprüche in zunehmendem Maße nur mehr aus dem Grundwasser befriedigt werden können, andererseits weil die Schutzgebietsfrage für Nutzwasserentnahmen nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Für die kommunale Wasserversorgung entwickelte sich erst in den letzten Jahrzehnten die Tendenz immer mehr Grundwasser heranzuziehen. Dies einerseits, weil die bestehenden Quellwasserversorgungen in vertretbarer Nähe ausgelastet sind und durch den steigenden Bedarf die erforderliche Wassermenge nur mehr aus dem Grundwasser gewonnen werden kann, andererseits, weil in zunehmendem Maße ganze an Wassermangel leidende Landesteile nur über Gruppenwasserversorgungen ihr Wasser beziehen können, wofür wiederum nur Grundwasservorkommen die ausreichende Menge zu liefern vermögen.

Allerdings zeigt sich, daß in den großen, grundwasserführenden Tälern die Möglichkeiten zur Gewinnung einwandfreien Grundwassers durch Siedlungen, Verkehrswege, Industrie und Schottergruben bereits so eingeschränkt sind, daß größere Städte immer häufiger dazu gezwungen sind, Uferfiltrat zu gewinnen oder eine Anreicherung durch Oberflächenwasser vorzunehmen. Durch die Suche nach noch verfügbaren Grundwasserreserven sind auch immer entferntere Gebiete in die Untersuchungen einbezogen worden, wodurch auch wieder neue Erkenntnisse gewonnen werden konnten.

Von der Thematik her gesehen zeigt sich, daß, soweit der Einfluß der Eiszeiten reicht, und dies ist hunderte Kilometer über die Vereisungsgebiete hinaus, nahezu sämtliche nennenswerten Grundwasservorkommen an quartäre Schotterablagerungen gebunden sind.

Hinsichtlich der mit Wirkungen der Eiszeit zusammenhängenden Grundwasservorkommen ist zu unterscheiden zwischen

a) Grundwasservorkommen innerhalb der Vereisungsgebiete (glazial geformte Becken bzw. glazial übertiefte Täler)
b) Grundwasservorkommen in mit Vereisungsgebieten zusammenhängenden Sedimenten (fluvioglaziale Ablagerungen)
c) Grundwasservorkommen in nicht direkt mit Vereisungsgebieten zusammenhängenden Sedimenten (periglazialer Bereich)

a) Grundwasservorkommen innerhalb der Vereisungsgebiete (glaziale Becken)

Im Bereich der eiszeitlichen Talgletscher erfolgte insbesondere im Bereich tektonischer Schwächezonen und weicherer Gesteine eine bis mehrere hundert Meter unter den heutigen Talboden reichende Ausschürfung (Exaration) des Untergrundes. Typisch ist die steilwandige, U-förmige Gestaltung des Talquerschnittes. Nach Rückzug des Eises wurden diese Gletscherwannen durch Sedimente wieder aufgefüllt. Zurück blieben breite, nur wenig geneigte, häufig sumpfige Talböden. Da diese im Ostalpenraum zum überwiegenden Teil noch innerhalb der Gebirge oder an deren Rand liegen und die örtliche Wasserversorgung bisher großteils aus Quellen bestritten werden konnten, wurden diese mächtigen Sedimentablagerungen bis vor kurzer Zeit noch kaum auf Wasservorkommen untersucht. Vielmehr wurde den meist sumpfigen Talböden brauchbare Grundwasservorkommen generell abgestritten. So blieben gerade diese Talbereiche oft von Besiedelungen und Verkehrserschließungen ausgeschlossen und wurden erst in jüngerer Zeit in die Suche nach Trinkwasservorkommen einbezogen. Dementsprechend sind die Erkenntnisse noch gering.

Die ersten Hinweise auf die glaziale Übertiefung von Tälern erhielt man im Ostalpenraum 1903 durch eine 189 m tiefe Bohrung bei *Wörschach* im Ennstal, 1912 durch eine 158 m tiefe Bohrung im Rheintal bei *Dornbirn* und 1921 durch eine 199 m tiefe Bohrung bei *Rum* im Inntal, wobei nur erstere Bohrung den Felsuntergrund erreichte. Damals versuchte O. Ampferer die große Mächtigkeit

der Sedimente im Inntal noch durch eine tektonische Verbiegung zu erklären. Doch K. BISTRITSCHAN (1954) wies in mehreren Veröffentlichungen am Beispiel des Ennstales darauf hin, daß es sich um glaziale Übertiefungen handeln müsse.

Heute sind die Untersuchungen im Ostalpenraum schon soweit gediehen, daß an einigen Beispielen ein Überblick über die Wasservorkommen in glazial übertieften Tälern und Becken gegeben und deren wasserwirtschaftliche Bedeutung abgeschätzt werden kann. Hiebei wird versucht, eine nach Bundesländern geordnete Übersicht zu geben.

Vorarlberg

Vorarlberg, das westlichste Bundesland, ist trotz seines gebirgigen Charakters in steigendem Maße auf Grundwasservorkommen angewiesen. Die wesentlichen grundwasserführenden Niederungen gehören den glazial übertieften Becken des Rheintales und des Walgaues an. Durch die Konzentration von Siedlungen, Industrie, Verkehrswegen und Kiesgruben auf die wenigen Tallandschaften werden jedoch die Nutzungsmöglichkeiten dieser Vorkommen immer mehr eingeengt. 1967 wurden laut statistischer Erhebung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft 41 Prozent der Bevölkerung Vorarlbergs durch Grundwasserwerke versorgt, im Rheintal waren zu diesem Zeitpunkt bereits praktisch sämtliche Gemeinden zentral versorgt. Trotzdem zeigte sich bereits in den fünfziger Jahren, daß die bestehenden Grund- und Quellwasserversorgungen nicht ausreichten, daß vor allem neue Grundwasservorkommen erschlossen werden müßten, um den Ausbau von Gruppenwasserversorgungen zu ermöglichen. Die seit 1952 mit größerer Intensität einsetzenden Untersuchungen brachten teilweise durchaus positive Ergebnisse.

Durch zahlreiche Bohrungen und Untersuchungen sind vor allem die Kenntnisse über die seichtliegenden Sedimente und Grundwasservorkommen des Rheintales weit gediehen. L. KRASSER (1955) gibt in seinem umfassenden Bericht über die Grundwasserversorgung allein für das Vorarlberger Rheintal eine Zahl von über 2000, allerdings meist seichten Sondierungen und Bohrungen an. Der Felsuntergrund des glazialen Beckens wurde weder durch eine 110 m tiefe Bohrung bei *Altstätten* (Schweiz) noch durch eine am Talrand angesetzte 158 m tiefe Bohrung bei *Hatlerdorf* (südlich Dornbirn) erreicht. 1949 von K. MADER durchgeführte gravimetrische Messungen ergaben eine glaziale Übertiefung von 200 bis 400 m in diesem Bereiche. Diese Werte erscheinen in Anbetracht der Mächtigkeit des Rheingletschers, welcher bei seinem Höchststand immerhin die Donau erreichte, und der weichen Molasseschichten im Raume von Dornbirn und Bregenz durchaus als möglich. In diesem Zusammenhang muß bemerkt werden, daß der Rhein ursprünglich zur Donau abfloß und erst während der Eiszeit, bewirkt durch die Beckenbildung, infolge tektonischer Bewegungen (Einbruch der oberrheinischen Tiefebene) und einer Anzapfung durch das Flußsystem der Aare, sein heutiges Bett fand. Die Auffüllung des Gletscherbeckens erfolgte nach Rückzug des Eises, soweit aus den wenigen tieferen Bohrungen geschlossen werden kann, überwiegend mit feinkörnigem, schluffigem Material. Es handelt sich vorwiegend um Seeablagerungen mit vereinzelter kiesiger Einstreuung von seitlichen Schuttfächern. Von einem einst vermutlich durchgehenden Seebecken blieben bis heute nur mehr der Zürichersee, der Walensee und der Bodensee von der Auffüllung verschont.

Gesichert sind lediglich in den obersten 30 bis 40 m der Beckenfüllung ausgedehnte grundwasserführende Kieshorizonte vorhanden. Diese entwickelten

sich vor allem vor den Ausmündungen größerer Seitentäler in das Rheintal und entlang des Rheinflusses und greifen in die feinen Seesedimente ein. Allerdings sind diese Kieskörper infolge der kleinräumlichen Entwicklung in ihrer Grundwasserführung stark an die Versickerung von Oberflächenwässern und Uferfiltrat angewiesen. R. OBERHAUSER (1970) hält auch Karstwassereinflüsse im Bereich des unteren Illtales durchaus für möglich.

Wo in Randbereichen und zwischen solchen Schwemmfächern grundwasserführende, meist feinkörnige Schichten von torfigen und moorigen Ablagerungen überdeckt werden, ist das Wasser häufig durch Reduktion sauerstoffarm und aggressiv. Die nutzbaren Grundwasservorkommen sind somit nur auf wenige Gebiete beschränkt. Die wichtigsten genutzten bzw. noch zur Verfügung stehenden Grundwasservorkommen sind die Schwemmfächer der Bregenzer Aache, der Dornbirner Aache, des Frutzbaches und der Ill.

An der Bregenzer Aache wurde südlich des Klosters *Mehrerau* ein 40 m mächtiger Kieskörper für die Wasserversorgung von Bregenz erschlossen. Horizontalfilterbrunnen wurden bei *Lustenau* und bei *Matschels* an der Illmündung abgeteuft. Ein weiteres Hoffnungsgebiet besteht bei der Diepoldsauer Rheinschlinge, wo bei *Mäders* durch Hinzuziehung von Uferfiltrat mittels eines Horizontalfilterbrunnens eine Förderung bis zu 400 l/s erwartet werden kann. Die Mächtigkeit des Kieskörpers beträgt dort 20 bis 25 m.

Ein weiteres Hoffnungsgebiet ist der *Walgau*, wie der Talabschnitt der Ill zwischen Feldkirch und Bludenz genannt wird. S. WALACH und F. WEBER (1977) geben aufgrund seismischer Untersuchungen eine glaziale Übertiefung des Tales bis zu 150 m an, wobei auch hier Anzeichen für eine Zunahme der feinkörnigen Sedimente gegen die Basis zu vorliegen. Eine Bohrung bis zum Beckenuntergrund ist vorgesehen. Bei einem geschätzten Grundwasserdargebot von 5 bis 6 m^3/s erscheint die Gewinnung von 450 bis 500 l/s als durchaus real. Der zunehmenden Einengung der vor allem im Bereich von Beschling und Sateins liegenden Hoffnungsgebiete durch Naßbaggerungen und Verkehrswege wurde bereits durch die Unterschutzstellung bestehender Waldgebiete entgegengetreten.

Somit sind die grundwasserführenden Schichten zumindest im Rheintal trotz eines mehrere 100 m mächtigen Komplexes von Lockersedimenten auf nur wenige, seicht liegende Kieskörper, welche vor allem an der Einmündung von Seitenbächen liegen, beschränkt. Durch Hinzuziehung von Uferfiltrat sind jedoch Förderungen bis über 400 l/s möglich.

Tirol

In Tirol sind, obwohl hier mit dem Inntal die ausgedehnteste glazial übertiefte Tallandschaft Österreichs vorliegt, bisher nur wenige Untersuchungen auf Grundwasser durchgeführt worden. Dementsprechend gering sind die Kenntnisse über den Aufbau der Talfüllung und deren Grundwasservorkommen. Der Grund liegt darin, daß 85 Prozent der Gemeinden ausschließlich durch Quellwasser und nur 3 völlig bzw. 9 zusätzlich durch Grundwasser versorgt werden (K. PAYR, ÖWWV, Seminar Raach 1978). Nur die Industrie macht von den Grundwasservorkommen reichlich Gebrauch.

Mit dem steigenden Wasserbedarf haben erst in jüngerer Zeit mehrere Städte und größere Orte auf das Grundwasser des Inntales zurückgreifen müssen. So wird für die Versorgung von *Landeck, Hall, Wattens, Schwaz, Wörgl* und *Kufstein* Grundwasser herangezogen. Die Ergiebigkeit der Brunnen ist meist recht gut. So liefern z. B. nach freundlicher Auskunft der Firma ETSCHEL & MEYER, Schladming,

zwei 10 m tiefe Brunnen bei Wattens je 50 l/s, ein 50 m tiefer Brunnen bei Kufstein 150 l/s. Aber auch die Landeshauptstadt *Innsbruck*, welche zur Zeit durch 700 bis 1500 l/s schüttende Karstquellen versorgt wird, sah sich gezwungen, Vorsorge für die Zukunft zu treffen. Als einziges, in vertretbarer Nähe noch verfügbares Grundwasservorkommen wurde das Flugfeld mit einem aufwendigen Untersuchungsprogramm erschlossen. 11 Bohrungen verblieben bis zu 30 m Endtiefe im Kies, eine Brunnenbohrung durchteufte 30 m Kies und bis 42 m zunehmend sandiges Material. Aus zwei Versuchsbrunnen wird mit einer Ergiebigkeit von je 200 l/s gerechnet.

Geologisch stellt das der Grenze zwischen Kalkalpen und Zentralalpen folgende Inntal gewissermaßen einen Sonderfall dar, da die Vergletscherung der letzten Eiszeit nicht imstande war, eine mächtige Talfüllung auszuräumen. Somit sind die Reste dieser in der Literatur meist zwischen Riß- und Würmeiszeit eingeordneten Talverschüttung in Form einer bis über 300 m mächtigen, das Inntal auf eine Länge von 150 km begleitenden Terrasse aufgeschlossen. Solche Reste älterer Talverfüllungen sind zwar auch aus dem Salzachtal und oberen Ennstal bekannt, haben jedoch bei weitem nicht diese Ausdehnung. Der Aufbau der Terrasse wird von vielen Autoren, insbesondere von W. Heissel (1954) eingehend beschrieben. Auffallend ist, daß die Basis fast durchgehend bis zu einer Seehöhe von 700 bis 740 m von Bändertonen, also Seeablagerungen, gebildet wird, darüber folgen 30 bis 40 m Mehlsande und teils mächtige Terrassenschotter, welche von letzteiszeitlichen Moränen überdeckt sind. Wenn auch die in der Literatur immer wieder zitierte *Tiefbohrung von Rum* östlich von Innsbruck sicherlich nicht für das gesamte Inntal als repräsentativ angesehen werden kann, so scheint sich doch dieselbe Talverschüttung bis in eine Tiefe von mindestens 200 m unter die heutige Talsohle fortzusetzen, woraus sich eine Gesamtmächtigkeit der Ablagerung von mindestens 500 m ergibt. Diese vielzitierte Bohrung ergab eine Folge von 12 m durch eine Lehmlinse unterbrochenen Schottern, 62 m schluffigen Sanden, 21 m Schottern, 79 m sandigen bis sandig-tonigen Ablagerungen, 13 m Sanden, 19 m Schottern. In letzterer Schichte mußte die Bohrung in 199 m Tiefe wegen zu starken Wasserandranges eingestellt werden. Dies beweist, daß solche Talfüllungen in größeren Tiefen nicht nur aus Feinsedimenten, sondern auch aus wasserführenden Schottern bestehen können.

Über die Lage des Felsuntergrundes im Inntal ist kaum etwas bekannt, da die einzigen Bohrungen, welche bei *Wörgl* in 92 und 98 m Tiefe den Fels erreichten, am Talrand niedergebracht wurden. Seismische Untersuchungen bei Kirchbichl geben die Lage des Felsuntergrundes in 135 bis 185 m Tiefe an.

Auch über die Mächtigkeit von Talverfüllungen in Seitentälern ist nur wenig bekannt. J. Ladurner (1954) berichtet von einer Bohrung im Tale des *Schlickenbaches*, einem Zubringer des Stubaitales, wo bis 104 m Tiefe Mehlsande mit Kieseinstreuung erbohrt wurden, ohne daß der Felsuntergrund erreicht wurde. Im *Ötztal* kann hinter dem Bergsturz von Kofels eine bis mehrere 100 m mächtige Talfüllung angenommen werden. Grundwasservorkommen wurden auch für die Wasserversorgung von *Kitzbühel* sowie im Leutascher- und Scharnitzerbecken nördlich *Seefeld* festgestellt.

Tirol ist somit noch in der glücklichen Lage, über erhebliche Grundwasserreserven zu verfügen. Diese sind zweifellos im wesentlichen auf seichtliegende Schotter des Inntales und seiner Nebentäler konzentriert, doch sind in der Talfüllung des Inntales auch tieferliegende Wasservorkommen durchaus möglich. Die Ergiebigkeit wird allerdings von der Ausdehnung der wasserführenden Schichten und der

Ergänzung, welche günstigstenfalls auch durch Karstwassereinflüsse erfolgen könnte, abhängig.

Alpenvorland (Bayern)

Die Vergletscherung des bayrischen Alpenvorlandes steht mit dem Inntalgletscher insofern in engem Zusammenhang, als sich von dort aus über meist geologisch bzw. tektonisch vorgezeichnete Talfurchen und Scharten aus einem zusammenhängenden Eisstromnetz mehrere Eisströme gegen Norden hin ausdehnten. Die Moränenablagerungen dieser Gletscher, namentlich des Leech-, Ammer-, Loisach-, Isar-, Tegernsee-, Leitzach-, Aachen-, Saalachgletschers sowie des Inntalgletschers erstrecken sich in Form eines 30 bis 60 km breiten Moränengürtels von Kempten bis zum Chiemsee über das Alpenvorland. Zahlreiche Seen (Ammersee, Starnbergsee, Tegernsee, Chiemsee) kennzeichnen die Zungenbecken und deuten noch nicht völlig aufgefüllte glazial übertiefte Becken an.

Über die glaziale Talübertiefung im Alpenvorland und deren Bedeutung für die Wasserwirtschaft gibt K. P. Seiler (1977), der selbst Untersuchungen im Auftrage der Münchner Wasserwerke durchführte, einen ausgezeichneten Überblick.

Zwischen Iller und Saalach werden inkl. des Inntales 20 grundwasserführende Becken erwartet, welche auf glaziale Übertiefung zurückgehen. Durch seismische und geoelektrische Untersuchungen sowie durch Bohrungen wurden insbesondere das Loisach-, Isar- und Trauntal näher untersucht.

Bei *Eschenlohe* an der Loisach wurde unmittelbar vor und nach einer Felsschwelle der Untergrund in 120 m bis 150 m Tiefe nicht erreicht, bei *Oberau* wurde eine Übertiefung von 400 bis 500 m unter die heutige Taloberfläche festgestellt. Im *Eschenlohermoos* liegt der Felsuntergrund bei 250 m Tiefe. Das Isartal ist im Raume *Lenggries* mit rund 300 m mächtigen Lockersedimenten verfüllt, südlich der Sylvensteinenge sind es 150 m. Aus einem Eismassenvergleich wurden für das Loisach-, Isar- und Aachental Talfüllungen von 200 bis 550 m Mächtigkeit berechnet.

Für die Lockersedimentfüllungen der glazialen Becken gibt K. P. Seiler vom Liegenden zum Hangenden folgende Abfolge der Sedimente an:

Moränenmaterial mit Seetonen
Seetone und Seekreiden mit Deltasedimenten und Sandlagen
Sande und Verlandungssedimente (Torfe) mit seitlich eingreifendem Hangschutt
fluviatile Kiese mit lokalen limnischen Sedimenten.

In zeitweise abflußlosen Becken und Eisnebenstromtälern ist der Aufbau ähnlich, doch sind die Sedimente feinklastischer und die Brunnen meist weniger ergiebig. Ebenso sind Moränen von Eishauptstromtälern wesentlich durchlässiger und ergiebiger als solche von Eisnebenstromtälern. Die Sedimente sind im oberen Teil der Becken meist durchlässiger als im unteren.

Nach bisherigen Untersuchungen kann in den quartär übertieften Tälern des Alpenvorlandes mit großen und ergiebigen Grundwasservorkommen gerechnet werden, welche hydrologisch geschlossene Systeme darstellen. Allerdings beschränken sich die wesentlichen Grundwasservorkommen auf die sogenannten fluviatilen Kiese. Ausdruck eines reichlichen Grundwasserdargebotes sind häufig vor Talverengungen und am Ende von Becken austretende kräftige Talquellen, welche unter der Feinsedimentdecke auch als Waller empordringen können.

Salzburg

In Salzburg sind im Bereiche des Eisstromnetzes des Salzachgletschers nur im

Bereiche zwischen Mittersill und Saalfelden, wo der Zellersee einen nicht aufgefüllten Rest des Beckens darstellt, und zwischen Golling und dem Endmoränengebiet nördlich Laufen glaziale Talübertiefungen größeren Ausmaßes entwikkelt. Einer eingehenden Untersuchung auf Grundwasserreserven wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft das Salzburger Becken zwischen Golling und Oberdorf unterzogen, worüber H. BRANDECKER (1974) berichtet.

Aufgrund von Tiefbohrungen im Raum Salzburg ist zumindest in diesem Teil des Beckens eine glaziale Übertiefung von 270 m nachgewiesen. Der Aufbau der Beckenfüllung ist jedoch im allgemeinen nur bis zu einer Tiefe von 70 m aus zahlreichen seichteren Bohrungen bekannt. Dabei zeigt sich, daß über einer mächtigen, überwiegend aus schluffig-sandigen Seeablagerungen bestehenden Feinsedimentfüllung mittel- bis grobkörnige Sande und darüber sandige, teilweise lehmige Schotter folgen. Die Mächtigkeit dieser grundwasserführenden Schotter steigt infolge Absinkens der feinklastischen Sedimente von 3 bis 4 m im Norden auf 30 bis über 50 m im Süden zwischen Kuchel und Golling an, jedoch auch an der Einmündung von Seitenbächen greifen sandig-kiesige Deltaschüttungen, sich teilweise verzahnend, mit mehreren Zehnermetern Mächtigkeit in die Seeablagerungen ein. Im Bereiche dieser Schotter befinden sich die wichtigsten Grundwasservorkommen.

So konnte bei *St. Leonhard* südlich Salzburg eine mit über 70 m mächtigen Schottern aufgefüllte Erosionsrinne aufgefunden werden. Der Felsuntergrund liegt nach seismischen Untersuchungen (F. WEBER) auch hier am Beckenrand bis zu 160 m unter Terrain. Ein von den Salzburger Stadtwerken niedergebrachter Horizontalfilterbrunnen ist auf 360 l/s ausgelegt. Vor der ebenfalls von den Stadtwerken genutzten Fürstenbrunnerquelle und dem Rosittental befindet sich das Grundwasserfeld *Glanegg*, wo durch einen Horizontalfilterbrunnen und zwei 30 bis 35 m tiefe Vertikalbrunnen ebenfalls rund 300 l/s entnommen werden. Das Pumpwerk *Bischofswald* westlich Salzburg fördert 180 l/s. Ein weiteres ergiebiges Grundwasservorkommen befindet sich bei *Gampf* südlich Hallein. Eine Papierfabrik bei *Hallein* verfügt über eine bewilligte Entnahmemenge von 1370 l/s aus drei 20 bis 26 m tiefen Horizontalfilterbrunnen; östlich von Hallein ist eine Entnahme von 144 l/s für industrielle Zwecke möglich. Insgesamt werden die bewilligten Entnahmen im Salzburger Becken mit rund 4000 l/s, davon nur 1000 l/s für die Trinkwasserversorgung, angegeben. Da im Raum Salzburg und Hallein mit keiner verfügbaren Reserve gerechnet werden kann, kann als wichtigstes Hoffnungsgebiet für die Versorgung des Salzburger Zentralraumes, das südliche Salzburger Becken, wo im Mündungsgebiet der Taugel, der Lammer und des Torrenerbaches tiefreichende Schotterrinnen nachgewiesen wurden, angesprochen werden. Das Mündungsgebiet der Saalach in das Salzburger Becken weist zwar über 20 m mächtige grundwasserführende Schotter auf, ist jedoch durch Naßbaggerungen stark beeinträchtigt.

Als erster Schritt wurde das Mündungsgebiet der *Taugel*, wo mit einer Ergiebigkeit von 230 bis 260 l/s gerechnet werden kann, unter Schutz gestellt. Weitere Hoffnungsgebiete bestehen an der *Saalach* nördlich Saalfelden und am Wolfgangsee. K. BISTRITSCHAN (1955) beschreibt gespannte Wasservorkommen nördlich des Zellersees, wo unter Seeschlammablagerungen ergiebige Grundwasservorkommen (über 100 l/s) liegen.

Im Bundesland Salzburg sind nach W. KERSCHBAUMER (Referat ÖWW Raach 1978) 82 Prozent der Bevölkerung zentral versorgt. Davon entfallen ca. 4000 l/s auf

Grundwasser und 1000 l/s auf Quellwasser. Trotz reicher Karstwasservorkommen wird der überwiegende Teil der Trinkwasser- und noch mehr der Nutzwasserversorgung des Zentralraumes aus dem Grundwasser eines glazialen Beckens bestritten, wo auch die wichtigsten Reserven für die Zukunft liegen.

Oberösterreich

In Oberösterreich konnten die eiszeitlichen Gletscher nur mehr wenige Kilometer in das Alpenland vorstoßen. Ausgeprägte Zungenbecken als Ausdruck einer besonders im Schlier wirksamen Talübertiefung ließ vor allem der Traungletscher zurück. Die noch nicht aufgefüllten Zweigbecken dieses Gletschers werden durch reizvolle Seen, wie Mond- und Irrsee, Attersee und Traunsee, erfüllt. Der Gletscher des Almtales konnte das Alpenvorland nicht mehr erreichen, der Kremsgletscher reichte immerhin bis Kremsmünster. Als glaziale Übertiefung oder als Randrinne kann ein mit 80 bis 140 m mächtigen glazialen Ablagerungen erfülltes Becken nordwestlich des Attersees (K. VOHRYZKA, 1973) angesehen werden, in welchem in 54 bis 70 m Tiefe unter Seetonen Schotter mit gespanntem Grundwasser angefahren wurden. Die großen Grundwasservorkommen und Hoffnungsgebiete befinden sich hier jedoch im Gletschervorland bzw. in den Donauniederungen.

Osttirol und Kärnten:

In *Osttirol* ist das *Lienzer Becken* von mächtigen pleistozänen und holozänen Ablagerungen erfüllt. Das Grundwasser liegt unter einer 20 bis 30 m mächtigen Kiesüberdeckung. Der Fels wurde in diesem Becken noch nicht erbohrt. Bis zu 60 m tiefe Brunnenanlagen weisen gute Ergiebigkeiten auf, mit erheblichen Grundwasserreserven ist noch zu rechnen.

Die Grundwasservorkommen *Kärntens* werden in starkem Maße von Ablagerungen des mächtigen, im Osten bis vor Bleiburg, gegen Norden bis über St. Veit a. d. Glan hinausreichenden Draugletschers bzw. von den während des Gletscherrückzuges und im Spätglazial bzw. Holozän abgelagerten Sedimenten bestimmt.

Über das Ausmaß der glazialen Tiefenerosion ist kaum etwas bekannt, da bisher durch keine Bohrung der Felsuntergrund erreicht wurde. So verblieben, nach freundlicher Auskunft des Tiefbohrunternehmens Firma PICHL, Klagenfurt, eine 120 m und eine 170 m tiefe Bohrung bei *Villach* in Schluffen und Moräne, eine 65 m tiefe Bohrung am *Millstättersee* in Sanden und Schluffen. Bei einer Bohrung am *Ossiachersee* folgten nach 5 m Sanden bis zu 100 m Teufe Tone und bis zu 165 m Schluffe. Eine 280 m tiefe Bohrung bei *Grafenstein* verblieb in Sanden und Schluffen (Tertiär?). Ebenso folgten bei einer für die Stadtwerke Klagenfurt im unteren *Gurktal* niedergebrachten Bohrung nach 20 bis 25 m grundwasserführenden Schottern bis 180 m Tiefe schluffige Sande und Seeablagerungen.

Die Trinkwasserversorgung Kärntens stützte sich bislang noch vorwiegend auf Quellen, während die Industrie von vornherein auf die reichlich vorhandenen Grundwasservorkommen zurückgriff. Waren 1960 (O. JILG, 1960) die Städte Kärntens bereits zu 63 Prozent durch Grundwasser versorgt, wurden, bedingt durch den steigenden Bedarf, erst in den letzten Jahren systematische Untersuchungen an Grundwasserfeldern eingeleitet und reichliche Reserven festgestellt. Die verläßlichsten und daher meistgenutzten Grundwasserleiter finden sich in den jungdiluvialen und alluvialen Ablagerungen, welche die wichtigsten Täler, insbesondere das Gail-, Drau-, Gurk- und Glantal, in einer Mächtigkeit von 10 bis 30 m ausfüllen. Doch auch in bis zu über 100 m mächtigen, teils terrassierten

eiszeitlichen und zwischeneiszeitlichen Schotterablagerungen (Föderlacher Schotter bei Villach, Schotter der Dobrowa, Terrassen des Drautales und des Krappfeldes, Schuttkegel der Karawanken) oder im Bereich eiszeitlicher Urstromtäler (z. B. Jauntal) finden sich teils reiche, meist jedoch tiefliegende Grundwasservorkommen. Recht unterschiedliche Verhältnisse weisen hingegen die ausgedehnten Toteis- und Moränenlandschaften auf. Eine ausführliche Beschreibung der Grundwasserfelder gibt N. ANDERLE (1954, 1973), während J. STINY (1952) über gespannte Wässer in Verlandungsgebieten von Seen (Faakersee, Weißensee, Ossiachersee) berichtet. Ebenso behandelt F. KAHLER (1960, 1962) in mehreren Veröffentlichungen die Quell- und Grundwasservorkommen Kärntens und weist insbesondere auf die schwierigen Versorgungsbedingungen im Bereich dichter Grundmoränen hin. Einen Sonderfall stellt der sogenannte Tiebelursprung (E. H. WEISS, 1977; H. LITSCHER, 1977) dar, wo die durch eiszeitliche Schmelzwässer geprägte Rinne des Tiebelbaches im Bereich der von Moränen unterlagerten *Prekowahöhe* das Grundwasser des Gurktales anzapft und Quellen mit einer konstanten Schüttung von 675 l/s austreten. In ähnlicher Weise treten bei den *Trieblacherquellen* Wässer, welche im Bereich des Freibacher Stausees in eiszeitlichen Ablagerungen versitzen, mit einer Schüttung von 100 bis 600 l/s aus.

O. JILG (1960) gibt für die wichtigsten Grundwasserfelder Kärntens folgende Entnahmen an: *Villacher Becken* 400 l/s, *Klagenfurter Becken* 620 l/s, *Gailitz* 160 l/s, *Krappfeld* 150 l/s, *St. Veiter Becken* 100 l/s, doch sind diese Werte heute bereits wesentlich höher anzusetzen. So wurde z. B. im *Jaunfeld* ein Industriebrunnen für 300 l/s und ein Gemeindebrunnen für Kühnsdorf errichtet, der bis zu 46 m in Schottern verblieb. Bei *Treffen* wurden zwei Grundwasserstockwerke mit einer möglichen Förderung von 250 l/s erschlossen, bei *Villach* fördert ein Brauereibrunnen 60 l/s. Die Landeshauptstadt *Klagenfurt* mußte bereits 1930, als die Quellwasserversorgung nicht mehr ausreichte, in der Hollenburgersenke ein Grundwasserwerk (Straschitz I) errichten. Als in einem 1940 errichteten und 1952 erneuerten Grundwasserwerk an der Glan Schwierigkeiten durch zu hohen Mangangehalt tieferliegender Grundwässer auftraten, mußte südlich der Stadt ein weiteres Grundwasserwerk (Straschitz II) errichtet werden (A. LIEBSCHER, 1960). Ein weiteres Grundwasserwerk in jungdiluvialen Schottern an der Gurk mit einer erhofften Förderung von 200 l/s steht vor der Inbetriebnahme.

Die für den Aufbau der glazialen Beckenlandschaft aufschlußreichsten Untersuchungen wurden 1973 im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft im *Rosental* zwischen Rossegg und Linsendorf durchgeführt (H. WEISS, D. SCHWAIGHOFER, G. RIEDMÜLLER, unveröffentlichtes Gutachten 1974). In diesem rund 50 km langen, durchschnittlich 1 bis 2,5 km breiten Abschnitt des Drautales geben über 50 Bohrungen der Draukraftwerke AG einen guten Einblick in die Untergrundverhältnisse. Das einer tektonischen Anlage entsprechende, im Norden vom Sattnitzkonglomerat, im Süden vom Bärentalkonglomerat begrenzte Rosental weist eine bedeutende Übertiefung auf. Keine der 60 bis 100 m tiefen Untersuchungsbohrungen konnte den präquartären Untergrund erreichen. Seismische Untersuchungen geben für den Raum Suetschach 150 m und für den Raum Latschach 250 m Talübertiefung an. Durch die mächtigen, sich mit Drauschottern verzahnenden Schuttkegel der Karawankenbäche kommt es teilweise zu einer abwechslungsreichen Sedimentfolge. Allgemein folgen jedoch unter 10 bis über 30 m mächtigen, gut durchlässigen Schottern und ebenfalls 10 bis über 30 m mächtigen Sanden feinklastische Seeablagerungen, welche immerhin bis zu einer Mächtigkeit von 87 m als einheitliche Ablagerung nachgewiesen wurden. Die

grundwasserführenden Schotter und Sande erreichen insbesondere im Bereiche der einmündenden Schuttkegel Mächtigkeit bis über 60 m. Im Raum Dullach treten hingegen die Schluffe bereits 12 m unter Terrain, randlich sogar noch seichter, auf. Die Schotter und Sande wurden sichtlich in eine jüngere Erosionsrinne eingelagert.

Somit zeigt sich auch für Kärnten, daß die meisten schluffig-tonigen Sedimentfüllungen der glazialen Becken nur wenig Aussicht auf Grundwasservorkommen bieten und vor allem in 30 bis 60 m tiefen, mit jungen durchlässigen Schottern erfüllten Erosionsrinnen sowie im Bereiche jung- und späteiszeitlicher Terrassensedimente noch reichliche Reserven zu erwarten sind.

Steiermark

In der Steiermark sind drei Vereisungsgebiete mit teils beachtlichen Talübertiefungen bekannt:

Das Ennstal mit dem Paltental, das obere Murtal und die Täler des Hochschwabmassives.

Die Untergrundverhältnisse des Ennstales, welches zwischen Schladming und Gesäuse eine deutliche glaziale Prägung aufweist, sind durch zahlreiche Bohrungen der Ennstalkraftwerke AG Steyr, des Straßenbaues und für Wasserversorgungen bis zu Teufen von 50 bis max. 80 m relativ gut bekannt. Sie wurden von K. BISTRITSCHAN (1952, 1954, 1956) bearbeitet und eingehend beschrieben.

Der Taluntergrund des ebenfalls einer geologisch-tektonischen Leitlinie folgenden Ennstales wurde lediglich durch eine am Talrand bei *Wörschach* 1903 niedergebrachte Bohrung in 189 m Tiefe erreicht und dürfte demnach durchschnittlich tiefer als 200 m unter dem heutigen Talboden liegen. Während östlich von Stainach-Irdning bis 80 m Tiefe durchgehend wasserführende Kiese und Sande nachgewiesen wurden, liegt östlich von Stainach unter den jüngeren Ablagerungen der Enns und Moorschichten eine bis zum Gesäuseeingang verfolgbare durchgehend 2 bis 3 m mächtige Schluffschichte. Darunter konnten bis 120 m Tiefe durchgehend sandige Kiese nachgewiesen werden. Talab von Wörschach folgt nach einer geringmächtigen Kiesschichte eine zweite, ab Liezen in 25 bis 35 m Tiefe eine dritte bis zum Gesäuse durchgehende Schluffschichte. Ab Selzthal werden die Schluffschichten gegen das Gesäuse hin mächtiger, die Kiese hingegen feinkörniger, um schließlich auszukeilen. Ab einer Tiefe von 40 bis 45 m gehen die Kiese in Feinsande über. BISTRITSCHAN sieht in den Schluffschichten durch Bergstürze am Gesäuseeingang bewirkte Seeablagerungen. Als interessantes Phänomen des Ennstales ist zu werten, daß das Grundwasser ab Stainach-Irdning nicht mehr mit dem Oberflächenwasser korrespondiert, sondern unter Druck steht, wobei sich unter den drei Schluffhorizonten jeweils verschiedene Druckhorizonte aufbauten. Der Druckspiegel steigt von 1,5 m bei Wörschach bis zu lokal 14 m über Terrain gegen das Gesäuse hin an. Das artesisch gespannte Wasser weist durchaus hervorragende Qualität auf (M. PLATZL, 1960) und wird bereits durch mehrere Tiefbrunnen vor allem für gewerbliche und industrielle Zwecke in einem Ausmaß von ca. 300 l/s genutzt.

Ähnlich sind die Verhältnisse im *Paltental*, wo ein Zweigbecken des Ennsgletschers bis zum Schoberpaß reichte. Auch hier erreichten Bohrungen im Zuge der Autobahnprojektierung nach 13 bis 24 m mächtigen Torf- und Moorschichten Sande und Feinkiese mit gespanntem Grundwasser, welches bereits durch mehrere Tiefbrunnen genutzt wird.

In Vergleich mit anderen glazial übertieften Längstälern stellt das Ennstal gewissermaßen einen Sonderfall dar, da hier die wasserführenden Kiese unter

abdeckenden Schluffschichten folgen. Eine Erklärung mag darin liegen, daß die bei Abschmelzen des Gletschereises ursprünglich tiefer gelegene Erosionsbasis am Gesäuseeingang erst später, als durch Enns- und Seitenbäche bereits eine starke Schutteinbringung erfolgt war, durch Bergstürze höher gelegt wurde. Wasserwirtschaftlich gesehen liegt hier ein bedeutendes Hoffnungsgebiet vor, welches durch den ausgezeichneten Schutz gegen Verunreinigungen von der Oberfläche her auch im Hinblick auf den Zivilschutz Bedeutung erlangen könnte.

Im Murtal reichte die letzteiszeitliche Vergletscherung bis vor Judenburg; die Gletscherzungen älterer Eiszeiten reichten bis vor Zeltweg. Dementsprechend ist eine glaziale Übertiefung vor allem im Talabschnitt zwischen Frojach und Judenburg zu erwarten. Der Felsuntergrund wurde im ersteren Abschnitt noch durch keine Bohrungen erreicht, auch ist über den Aufbau der Talfüllung bisher nur wenig bekannt. Bohrungen des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung bei *Frojach* und *St. Georgen* bei Judenburg verblieben in 54 bzw. 16 m Tiefe in wasserführenden Kiesen, ebenso 35 und 37 m tiefe Brunnen der Gemeinden *Niederwölz* und *Unzmarkt*. Infolge der Enge des Tales kann mit einem tiefreichenden Eingreifen der mächtigen, von Seitentälern einmündenden Schwemmkegel und einer guten Regeneration des zwischen den Schwemmkegeln meist seichtliegenden Grundwassers gerechnet werden.

Einer intensiveren Nutzung wird das im Vorfeld der letzten Vereisung zwischen den Endmoränen vor Judenburg und Zeltweg verbliebene Zungenbecken älterer Vereisungen unterzogen. Hier erreichte eine Untersuchungsbohrung der ÖAMG nach Durchörterung 83 m mächtiger Schotter und Gerölle den tertiären Untergrund. Ein 125 l/s fördernder Brunnen der Stadtwerke *Judenburg* durchteufte bis 40 m Tiefe Kiese, ohne den Untergrund zu erreichen (E. Worsch, 1972).

Überaus interessante Ergebnisse brachten Untersuchungen des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in den Tälern des südlichen *Hochschwabmassives*. In vier von sechs nach Süden bzw. nach Westen entwässernden Tälern konnten sich 4 bis 12 km lange Talgletscher entwickeln, welche trotz ihres relativ bescheidenen Ausmaßes zu einer Übertiefung von 80 bis 200 m unter dem heutigen Talboden führten. Wesentlich ist, daß die Übertiefung dieser Täler teilweise innerhalb verkarstungsfähiger Kalke erfolgte. Diese Kalke liegen über undurchlässigen, eine langgestreckte Mulde bildenden Schiefern und werden durch diese übertieften Täler einerseits gleichsam dränagiert, andererseits ist durch die mächtigen Lockersedimentfüllungen der Täler eine gute Speicherung und Filterung gegeben. Ausdruck dieser Funktionen sind ergiebige und sehr gleichmäßig schüttende Grundwasserquellen im Bereiche dieser Becken. Der Aufbau der Beckenfüllungen ist in diesen Tälern sehr unterschiedlich. Das östlichste Tal, das *Seebachtal*, weist eine nur 60 bis 80 m mächtige Talfüllung durch teils gut durchlässige, teils jedoch auch schluffige Kiese auf. Durchlässigkeit und Ergiebigkeit sind somit recht unterschiedlich. Die Beckenform ist nicht ausgeprägt, und wahrscheinlich aus diesem Grunde konnten bei keiner der neun niedergebrachten Untersuchungsbohrungen basale Stauseesedimente nachgewiesen werden. Die Quellaustritte am Ende des glazialen Troges lassen auf ein Dargebot von minimal 500, im Durchschnitt etwa 1000 l/s schließen.

Im *Ilgenertal* konnte ein nur 6 km langer Talgletscher eine Übertiefung des Tales von mehr als 200 m bewirken. Eine Bohrung im Bereich des Talschlusses verblieb in 122 m Tiefe in Kiesen, eine Bohrung in der Mitte des Tales durchörterte bis 200 m Tiefe durchgehend teils konglomerierte Kiese. Weitere Untersuchungen sind derzeit im Gange.

Die Erwartungen im durch einen 13 km langen Talgletscher geprägten *Tragößtal* wurden insofern enttäuscht, als sich der erwartete Grundwasserspeicher der Talfüllung als nur beschränkt nutzbar erwies. Nachdem drei in Abständen von 3 km niedergebrachte Bohrungen eine Talübertiefung von 200 m und grundwasserführende Kiese bis 175 m Mächtigkeit nachwiesen, war es einigermaßen überraschend, daß weitere, teils in unmittelbarer Nähe angesetzte Bohrungen bereits in 20 bis 40 m Tiefe schluffige Seeablagerungen anfuhren, welche in Mächtigkeiten bis zu 80 m nachgewiesen wurden. Nach Abteufung von 17 Untersuchungsbohrungen und geoelektrischen Untersuchungen zeigte sich, daß zwar eine in schluffige Seeablagerungen erodierte 90—150 m mächtige Schotterrinne durchgehend vorhanden ist, jedoch nur in den obersten 20—30 m gut durchlässige, wasserführende Kiese überwiegen. Pumpversuche und Druckspiegelmessungen ergaben, daß auch zu den tiefliegenden Kieshorizonten eine Verbindung besteht. Durch die größere Länge des Tales trat die Zuschüttung durch seitliche Schuttfächer zurück; eine Verzahnung mit Seesedimenten und feineren Ablagerungen fand statt. Späteiszeitliche Bergstürze verhinderten weitere Schuttzufuhr aus dem Talhintergrund. Die seicht liegende Schotterrinne ermöglicht infolge guter Durchlässigkeit zwar große Fördermengen, doch sind diese infolge mangelnder Ergänzung des Grundwassers nicht über längere Zeitdauer möglich.

In der *Seeau* bei *Eisenerz*, wo der Leopoldsteinersee als noch nicht verschütteter Rest eines ehemaligen Gletscherbeckens erhalten ist, wurden im Talschluß bis 120 m Kiese von dort bis 150 m Endteufe Moräne und Schluff erbohrt. Eine in der Talmitte angesetzte Bohrung ergab bis 160 m Tiefe gutdurchlässige Kiese. Der zwischen 600 und 6000 l/s schwankende Abfluß aus dem Leopoldsteinersee läßt auf ein gutes Grundwasserdargebot schließen.

Wenngleich im Jahresdurchschnitt keine über den Gesamtabfluß dieser Becken hinausgehenden Fördermengen erwartet werden können, kann jedoch mit der zusätzlichen Erschrotung von Grundwasser ein besserer Ausgleich erzielt werden. Es zeigt sich, daß auch kleine lokale Gletscher eine bedeutende Schurfkraft entwickeln konnten und somit auch relativ kleine Täler, insbesondere, wenn sie verkarstungsfähige Gesteine queren, infolge der Wirkungen der Eiszeit eine über den regionalen Bereich hinausgehende wasserwirtschaftliche Bedeutung erlangen können. Dieser Bedeutung für die künftige Wasserversorgung der Steiermark wurde durch die Gründung des *Wasserverbandes Hochschwab-Süd* Rechnung getragen. Dieser umfaßt mit den wichtigsten Industriegemeinden des Mur- und Mürztales sowie der Landeshauptstadt Graz über 400.000 Einwohner. 1973 wurden die Wasservorkommen des Hochschwabmassives durch Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft Nr. 345 der Trinkwasserversorgung gewidmet und gleichzeitig zu deren Schutz ein Schongebiet bestimmt.

b) Grundwasservorkommen in mit Vereisungsgebieten zusammenhängenden Sedimenten (fluvioglaziale Ablagerungen)

Als fluvioglaziale Ablagerungen werden Kiese und Sande bezeichnet, welche durch Schmelzwässer der Gletscher verfrachtet und im Gletschervorland abgelagert wurden. Durch die gewaltige und stoßweise Kraft der Schmelzwässer wurden die reichlich anfallenden Sedimente Hunderte Kilometer weit transportiert, wobei die Ablagerungen mit wachsender Entfernung zunehmend fluviatilen Charakter annehmen und feinkörniger werden. Die große wasserwirtschaftliche Bedeutung der fluvioglazialen Ablagerungen geht schon daraus hervor, daß sich im weiten

Umkreis der Vereisungsgebiete nahezu alle wichtigen Grundwasservorkommen mit diesen Ablagerungen zusammenhängen.

Im nördlichen Europa stellen die bis zu 30 km breiten Urstromtäler, welche die Grenze der Inlandvereisung kennzeichnen, wichtige Grundwasserträger dar. Allerdings sind diese Täler teilweise heute ohne lebendes Flußsystem und die auf 20 bis 30 m mächtigen Kieslagen beschränkten Grundwasservorkommen sind häufig durch ausgedehnte Stauseesedimente beeinträchtigt.

Südlich der Alpen wird die Poebene von vor allem im Vorfeld der Gletscher gut grundwasserführenden fluvioglazialen Sedimenten eingenommen, welche gegen die Ebene bzw. gegen die Adria hin infolge der Senkungstendenz der Poebene in zunehmendem Maße von feinkörnigen Sedimenten überdeckt werden. Als Beispiel der Größenordnung einer möglichen Grundwasserentnahme aus diesen Sedimenten sei Mailand angeführt, für welches B. Visitin (1960) eine Entnahme von 10 m^3/s, durch 610 Brunnen und 40 Hebewerke angibt.

In den von den Alpen ausgehenden fluvio-glazialen Ablagerungen sind die ergiebigen Grundwasservorkommen fast ausschließlich an die Ablagerungen der letzten Eiszeit gebunden. Dies ergibt sich einerseits aus der morphologischen Gestaltung der fluvio-glazialen Täler, indem jeweils das kastenförmig geprägte Tal einer jüngeren Eiszeit in das einer älteren eingesenkt ist und praktisch nur das jüngste dem gesammelten Grundwasserabfluß dient und mit dem Vorfluter in Kommunikation steht. Andererseits sind die älteren Ablagerungen häufig konglomeratisch verfestigt (Nagelfluh) und von mächtigen, infiltrationshemmenden Staublehmdecken bedeckt.

Während sich im Alpenvorland und im Bereich von Tiefebenen während der älteren Eiszeiten ausgedehnte Schotterfelder (Deckenschotter) entwickeln konnten, in welche die Schotter der jüngeren Eiszeiten rinnenförmig eingesenkt sind, erfolgt in den Flußtälern die Aufschotterung in Form langgestreckter, ineinander geschachtelter Schwemmkegel. Dabei bildeten sich durch den Wechsel von Talengen und Talweitungen sowie durch seitliche Schuttzufuhr häufig sekundäre Schwemmfächer.

Bezogen auf die Grundwasservorkommen bedeutet dies für die Haupttäler jeweils eine von der Endmoräne bzw. auch von sekundären Schwemmfächerspitzen ausgehende Abnahme der Mächtigkeit des Grundwasserleiters und damit des Grundwasserkörpers, seiner Überdeckung, der Korngröße, der Durchlässigkeit und somit auch der Ergiebigkeit. Bei Seitentälern ist hingegen durch Rückstauerscheinungen häufig die maximale Mächtigkeit bei der Einmündung in das Haupttal gegeben.

Aufgrund der guten Auswaschung und des geringen Zersetzungsgrades bilden die letzteiszeitlichen Schotter nicht nur mengenmäßig, sondern auch hinsichtlich der chemischen Beeinflussung des Grundwassers günstige Voraussetzungen. Gegenüber älteren Ablagerungen sind der Eisen- und Mangangehalt weit geringer, noch nicht zersetzte Kalkschotter bewirken eine Aufhärtung.

Als wesentlich verdient hervorgehoben zu werden, daß der überbreite, kastenförmige Querschnitt fluvio-glazial geprägter Täler von allen Talformen den für die Grundwasserspeicherung und -Neubildung günstigsten Querschnitt aufweist (große Versickerungsfläche, großes Speichervolumen). Es ist ein spezifisches Kennzeichen eiszeitlich geprägter Talformen, daß durch die Störung des natürlichen Gleichgewichtes zwischen Schuttbelastung und Transportkraft es zu einer gleichzeitigen Tiefen- und Seitenerosion mit nachfolgender Akkumulation kam. Der Grund liegt in dem durch Rückgang der Vegetation und durch Frostsprengung

überaus erhöhten Schuttanfall und der auf kurze sommerliche Abschmelzperioden beschränkten, stoßweisen und dadurch überaus transport- und erosionsintensiven Wasserführung der Flüsse. Die Folge ist die Ausbildung dieser überbreiten, durch die mehrmalige Folge von Eiszeiten treppenförmig ineinander geschachtelten, kastenförmigen Täler mit einer die Gesamttalbreite erfassenden Schuttauffüllung. Bezüglich einer genauen Beschreibung der Genese eiszeitlicher Talformen und deren Merkmale sei auf J. SCHAEFER (1950) und E. FABIANI (1971) verwiesen.

Als jüngste Erosionsrinne hat sich in die letzteiszeitlichen Schotter die sogenannte *Aue* eingesenkt, welche durch die Schmelzwässer der sich zurückziehenden Gletscher entstand und wo solche einen anderen Weg fanden oder fehlen (z. B. nur während des Hochglaziales wirksame Abflüsse des Rheingletschers oder des Liesingtales in der Steiermark bzw. periglaziale Täler) nicht entwickelt ist. Die Entwicklung der Aue brachte zwar eine Absenkung des Grundwasserspiegels mit sich, führte jedoch andererseits zu einem ausgezeichneten Schutz des Grundwassers im Bereiche der eiszeitlichen Terrassen. In der Aue ist das Grundwasser zwar meist nur geringmächtig überdeckt, jedoch wird gerade die Aue im Hinblick auf die Gewinnung von Uferfiltrat häufig für die Grundwassergewinnung herangezogen. In der nachfolgenden Beschreibung der wichtigsten Grundwasservorkommen in fluvio-glazialen Schotterablagerungen wird die Aue einbezogen, da es sich nach Ansicht des Verfassers beim Grundwasserträger in den meisten Fällen um von holozänen Feinsedimenten nur geringmächtig überdeckte würmeiszeitliche Schotter handelt und die Erosionsrinne der Aue nur in seltensten Fällen bis zum undurchlässigen Untergrund reicht.

Die Mächtigkeit der letzteiszeitlichen Lockersedimente beträgt zwischen 7 und 50 m, im Bereiche der Aue um 2 bis 30 m weniger. Einen Sonderfall und gleichzeitig einen Beweis für das Ausmaß des eiszeitlichen Schuttanfalles stellen tektonische Senkungsfelder wie z. B. die Oberrheinische Tiefebene, das südliche Wiener Becken, Bereiche der ungarischen Tiefebene wie auch die Po-Ebene dar, wo bis über 200 m mächtige eiszeitliche Schotterablagerungen vorkommen.

In Österreich beschränken sich infolge der gewaltigen Ausdehnung der Eisstromnetze die Vorkommen fluvio-glazialer Ablagerungen auf die Bundesländer Oberösterreich, Niederösterreich, Steiermark und zu einem ganz geringen Teil auf Kärnten, da das Schwergewicht der fluvio-glazialen Ablagerungen der Drau im jugoslawischen Bereich liegt. Auf die letzteiszeitlichen Erosionsrinnen der Alpenvorlandflüsse und die Donauniederung in Bayern, von wo auch die bereits 1912 errichtete Fernwasserversorgung von Baden-Württemberg ihr Wasser bezieht, wurde zuvor verwiesen.

Oberösterreich

In Oberösterreich sind die wesentlichen Grundwasservorkommen einerseits an die Donauniederungen, andererseits an die fluvio-glazialen Ablagerungen der Alpenvorlandsflüsse gebunden. Einen ausführlichen Überblick über die Wasservorkommen Oberösterreichs mit Literaturangaben gibt K. VOHRYZKA (1973). Die Grundwasservorkommen des Donautales sind auf die wenigen, zwischen den engen Durchbruchstrecken liegenden Beckenweitungen wie das *Eferdinger Becken*, die Niederungen zwischen Linz und Mauthausen sowie das *Machland* beschränkt. In diesen Grundwasserfeldern sind trotz der nur 10 bis 20 m mächtigen Lockersedimentfüllungen durch Hinzuziehung von Uferfiltrat Fördermengen von 300 bis über 700 l/s erreichbar, doch werden die Grundwasservorkommen teilweise durch den Ausbau der Staustufen an der Donau beeinträchtigt. Zu nennen sind die

Grundwasserwerke *Hagenau* im Eferdinger Becken, *Heilham* und *Plesching* für die Stadt Linz, die im Endausbau für die Fernwasserversorgung von 100.000 Einwohnern im Mühlviertel vorgesehenen Grundwasserwerke bei *Mauthausen* und im *Machland* sowie die beachtlichen industriellen Nutzwasserentnahmen im Raume *Linz*.

Überaus ergiebige Grundwasservorkommen finden sich in den fluvio-glazialen Schotterablagerungen des Alpenvorlandes, wo eiszeitliche Schmelzwasserabflüsse 30 bis über 50 m tiefe Rinnen in den Schliersockel zu erodieren vermochten. Im Raume *Frankenmarkt — Vöcklabruck*, im Vorfeld des Traun- und des Salzachgletschers, wurde vor allem durch Untersuchungen der RAG ein west-ostgerichtetes Rinnensystem entdeckt (Vöcklarinne, Dürre Agerrinne, Vöcklabrucker Schlierwanne, Dürre Aurachrinne, Randrinne), welches in jüngeren Schotterablagerungen bis zu über 25 m mächtige Grundwasservorkommen birgt. Wie bereits die Namen sagen, versitzen einige Bäche nach ihrem Durchbruch durch die Moränen des Traungletschers in den gut durchlässigen Schottern und reichern das Grundwasser an. Es sei dahingestellt, ob es sich bei diesen Rinnen, wie H. Flögl (1971) annimmt, um voreiszeitliche Anlagen, Reste glazialer Beckenbildungen oder, was wahrscheinlicher ist, um eiszeitliche Randrinnen handelt. Jedenfalls liegen hier beachtliche Grundwasserreserven vor, aus denen der künftige Bedarf der Gruppenwasserversorgung *Vöckla-Ager* (25 Gemeinden, 50.000 Einwohner) gedeckt werden kann. Mit der Verordnung LGB. Nr. 11/1978 wurde ein Grundwasserschongebiet für dieses Wasservorkommen bestimmt.

Eine Reihe Nord-Süd bis Südwest-Nordost verlaufender Rinnen (Obere und Untere Agerrinne, Aurachrinne, Obere und Mittlere Traunrinne, Almrinne, Pettenbachrinne) kennzeichnen den Verlauf der eiszeitlichen Schmelzwasserabflüsse. Teils entsprechen sie den heutigen Abflüssen und weisen Grundwassermächtigkeiten bis 30 m bei 10 bis 15 m Überdeckung auf (Agerrinne, Traunrinne, Almrinne), teils sind ältere Rinnen durch Hochterrassen und Deckenschotter bis über 50 m Mächtigkeit überdeckt oder heute funktionslose Trockentäler (Aurachrinne, Pettenbachrinne). Trotz einiger ergiebiger Entnahmen (Lenzing 320 l/s) und örtlicher Verunreinigungen sind noch besonders im Almtal, der Pettenbachrinne und dem oberen Trauntal sowie im Kremstal ergiebige Grundwasservorräte zu erwarten. Mit der Verordnung im LGBl. Nr. 11/1978 wurde bereits ein Schongebiet zum Schutze der Grundwasservorkommen in der *Pettenbachrinne* bestimmt.

Eines der reichsten Grundwasservorkommen Österreichs liegt in der *Welser Heide*, dem ca. 40 km langen Begleitgrundwasserstrom des unteren Trauntales. G. Beurle (Vortrag ÖWWV, Raach 1970) gibt ein Wasserdargebot von 4000 l/s an. Es wird von den Wasserwerken *Scharlinz* und *Fischdorf* der Stadt Linz, der Vorstadt Traun und den großen Industriebetrieben genutzt. Ein seit 1964 vorliegender Rahmenplan sollte auch die künftige Versorgung des oberösterreichischen Zentralraumes sicherstellen.

Die mächtigen, die sogenannte Traun-Ennsplatte einnehmenden ältereiszeitlichen Deckenschotter erlangen wasserwirtschaftlich insofern eine Bedeutung, als es dort, wo die teilweise grundwasserführenden Schotter durch bis in den liegenden, teils klüftigen Schlier eingreifende Täler angeschnitten werden, zu beachtlichen Quellaustritten kommen kann.

So sind für die Stadt *Wels* Quellen im Tälchen des Schleißheimerbaches mit einer Schüttung von über 80 l/s gefaßt. Ein Projekt sieht die Fassung von Quellen im Raum *Kremsmünster* (Weyerbach, Sipbach, Aiterbach) in einem Gesamtausmaß von 500 l/s vor, wobei einzelne Quellen bis über 100 l/s schütten.

Beachtliche Grundwasservorräte liegen schließlich auch noch im Vorfeld des Salzachgletschers bzw. im unteren Inntal vor, wo insbesondere im *Weilharterforst*, im *Lachforst* und im Gebiet um *Braunau* bis zu 50 m mächtige Schotter mit einem 1000 l/s überschreitenden Grundwasserdargebot vorliegen (genehmigte Entnahme eines Bayrischen Industriebetriebes 1200 l/s, eines österreichischen Betriebes 110 l/s). Teilweise tritt das Grundwasser ungenutzt in Quellhorizonten aus, die mehrere m^3/s schütten. Ebenfalls dem Vorfeld des Salzachgletschers gehören 20 bis 40 m mächtige grundwasserführende Schotter des *Mattigtales* an.

Allein aus dieser nur generellen Übersicht zeigt sich, daß in Oberösterreich, soweit die Auswirkungen der Eiszeit reichten, ein besonders reiches Grundwasserdargebot vorliegt. Dies ist einerseits durch die Vielzahl der mit Vereisungsgebieten im Zusammenhang stehenden Täler (Donau, Salzach, Inn, Traun, Alm, Krems, Enns) und die der Erosion günstigen geologischen Verhältnisse (Schlier) bedingt.

Niederösterreich

Nicht so günstig sind die Verhältnisse in Niederösterreich, wo höhere eiszeitlich vergletscherte Gebirgsteile fehlen bzw. nur mehr unbedeutende Einflüsse lokaler Vereisungen wirksam wurden. Somit können als fluvio-glazial geprägte Grundwasserfelder nur die Schotterablagerungen des Donautales angesehen werden, wo vor allem tektonische Senkungsfelder wie das Tullner-Feld, das Wiener-Becken und das Marchfeld bedeutende Grundwasservorkommen bergen. (M. SCHUCH, Referat ÖWWV, Raach 1970). Im *Tullner Feld* wurden aufgrund von im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durchgeführten Grundwasseruntersuchungen zwei Grundwasserschongebiete zum Schutze bedeutender Grundwasserreserven errichtet. In *Wien* wird in der Lobau und in Nußdorf uferfiltriertes Grundwasser gewonnen, im *Marchfeld* dient Grundwasser vor allem Bewässerungszwecken.

Der zunehmend fluviatile Charakter der eiszeitlichen Donauschotter zeigt sich auch im Aufbau der Terrassen, in dem groben Blockpackungen an der Basis gut gerundete, teils aus Vereisungsgebieten stammende „Fernschotter" und darüber nur schwach gerundete Schotter aus dem näheren Einzugsbereich, die sogenannten „Plattelschotter", folgen (H. KÜPPER, 1968). Mit zunehmend fluviatilem Charakter setzen sich die eiszeitlichen Donauschotter bis weit in die ungarische Tiefebene fort, wo sie ebenfalls die wichtigsten Grundwasserträger darstellen.

Steiermark

In der Steiermark erlangen in bezug auf Grundwasservorkommen vor allem die fluvio-glazialen Schotter des Murtales große wasserwirtschaftliche Bedeutung, während im steirischen Ennstal nur im Raum Altenmarkt mächtig überdeckte Grundwasservorkommen zu verzeichnen sind.

Eine ausführlichere Beschreibung der Grundwasservorkommen der Steiermark mit Hinweisen auf die Zusammenhänge mit den Eiszeiten und einer Übersichtskarte wurde bereits im Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (E. FABIANI, 1974) gegeben, weshalb hier nur mehr auf die wichtigsten Fakten eingegangen wird.

Die fluvio-glazialen Ablagerungen im Murtal sind in starkem Maße durch den teils geologisch bedingten Wechsel von Talengen und Talweitungen und damit durch eine Folge von terrassierten sekundären Schwemmfächern geprägt. So finden insbesondere durch weichere tertiäre Ablagerungen bedingte Talweitungen wie das *Knittelfelder Becken*, der *Raum Leoben*, das *untere Mürztal*, das

Gratkorner Becken, das *Grazer Feld* und das *Leibnitzer Feld* eine breite Entwicklung und bergen ergiebige Grundwasservorkommen.

Die Mächtigkeit der Schotter und des Grundwasserkörpers nehmen sowohl allgemein murab wie auch im Bereich der sekundären Schwemmfächer in den einzelnen Becken ab. Wie aus der Tabelle auf Seite 59 bei E. FABIANI (1974) ersehen werden kann, nehmen die Schottermächtigkeiten von 35 bis 45 m im Raum Zeltweg auf 6 bis 10 m bei der Staatsgrenze und die Mächtigkeit des Grundwassers von 15 bis 35 m auf 3 bis 7 m ab.

Einschließlich der mit allerdings nur bescheidenen lokalen Vergletscherungen im Zusammenhang stehenden Täler der Pöls und Ingering, des Vordernbergerbaches, der Mürz und der nur während der Hocheiszeit vom Ennsgletscher erreichten Liesing sind im Murtal rund 570 km² grundwasserführenden fluvio-glazialen Schotterablagerungen zuzusprechen. Dies sind nicht einmal 3,5% der Landesfläche. Welche wasserwirtschaftliche Bedeutung diesen 3,4% der Landesfläche zukommt, wird allein daraus deutlich, daß für diesen Bereich laut Zentralwasserbuch des Landes Steiermark wasserrechtliche Bewilligungen für Entnahmen aus dem Grundwasser in einem Ausmaß von rund 10.000 l/s vorliegen. Der Schwerpunkt dieser Entnahmen liegt mit fast 7000 l/s bei Industrie und Gewerbe, welche nicht zuletzt infolge der zum Teil selbst verursachten Verschmutzung der Vorfluter immer mehr auf das Grundwasser zurückgreifen mußten.

Doch auch die kommunale Versorgung ist im Murtal mit 3000 l/s wasserrechtlich genehmigten Entnahmen stark vertreten. Nahezu alle Städte und größeren Ortschaften, wie z. B. Judenburg, Zeltweg, Knittelfeld, Leoben Donawitz, Kapfenberg, Frohnleiten, Peggau, Gratkorn, Wildon, Leibnitz, Mureck, Radkersburg, verfügen über Grundwasserbrunnen. Aus dem Murtal werden jedoch auch bereits angrenzende Wassermangelgebiete (Wasserversorgungs-Ges.m.b.H. Leibnitzerfeld, Wasserverband Ehrenhausen) versorgt.

Die Landeshauptstadt *Graz* verfügt über 3 Grundwasserwerke (Andritz, Feldkirchen, Friesach), wobei die erforderliche Ergiebigkeit nur mehr durch Hinzuziehung von Uferfiltrat bzw. Anreicherung durch Oberflächengewässer erreicht werden kann. Wie die nachstehende Tabelle zeigt, geht die wasserrechtlich bewilligte Entnahme in den die Ballungszentren umfassenden Talabschnitten des Murtales bereits weit über das Ausmaß der natürlichen Regeneration hinaus. Örtlich sind als Folge bereits ein Absinken des Grundwasserspiegels und eine Qualitätsverminderung durch ein verstärktes Eindringen von Flußwasser festzustellen. Eine ausführliche Tabelle mit einer graphischen Darstellung der wasserrechtlich bewilligten Entnahmen in Beziehung zum Dargebot ist bei L. BERNHART, 1975, wiedergegeben.

Talabschnitt	Talfläche in km²	wasserrechtl. bewilligte Entnahme in l/s für		Summe	Liter/s je km² des Talabschnittes
		kommunaler Gebrauch	Industrie und Gewerbe		
Leoben-Bruck	18	428	1192	1620	60
Wartberg-Bruck	21	180	1905	2085	99
Peggau-Graz	20	612	916	1528	46,6
Graz-Stadt	50	603	1263	1838	36,3

Tab. 1: Wasserrechtlich bewilligte Grundwasserentnahmen in Ballungszentren (Stand 1974)

Die hohe Beanspruchung dieser Ballungszentren durch Verbauung, Verkehrswege, Schottergruben etc. macht es immer schwieriger, aus diesen Bereichen genügend Grundwasser in ausreichender Qualität zur Verfügung zu stellen. Immer mehr zeigt sich auch, daß die künftige Versorgung weiter Landesteile ohne überörtliche Planung und Sicherung noch verfügbarer Wasservorräte nicht mehr möglich ist. Es zählte daher zu den wesentlichsten Aufgaben des nunmehr 10 Jahre unter der bewährten Leitung von W. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. L. BERNHART stehenden Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, die noch verfügbaren Wasserreserven zu erfassen und eine überörtliche, der künftigen Versorgung des Landes gerecht werdende Planung einzuleiten.

Die Untersuchungen ergaben, daß es neben den Tälern des südlichen Hochschwabmassivs nur noch einige Grundwasserfelder des Murtales sind, wie Teile des Gebietes von *Aichfeld-Murboden*, der Raum *St. Stefan-Kraubath*, das *südwestliche Grazerfeld*, das nunmehr bereits genutzte *nordöstliche Leibnitzerfeld* und das *untere steirische Murtal*, welche noch über Reserven verfügen. Aus diesen müssen jedoch nicht nur die Ballungsräume, sondern auch Wassermangelgebiete der Ost- und Weststeiermark versorgt werden können. Ein erstes Konzept zur Sicherung der künftigen Wasserversorgung der Steiermark ist im unter Leitung von W. Hofrat Dipl.-Ing. Dr. L. BERNHART erstellten Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks, Entwurfstand 1973 (L. BERNHART u. a. 1974), dargelegt. Dieses, wie auch neuere Untersuchungen zeigen, daß der Schwerpunkt der jetzigen wie auch der künftigen Versorgung der Steiermark in eiszeitlichen Schotterablagerungen liegt.

c) Grundwasservorkommen in nicht direkt mit Vereisungsgebieten im Zusammenhang stehenden Sedimenten (periglazialer Bereich)

Als periglazialer Bereich wird der um die Vereisungsgebiete liegende Frostgürtel bezeichnet, in welchem ebenfalls noch starker Schuttanfall und stoßweise Wasserführung wirksam wurden. Gewissermaßen als Leitform sind daher auch für diesen Bereich terrassenförmig eingesenkte, überbreite, zu den heutigen Gewässern in keinem Verhältnis stehende Talformen charakteristisch. Das Fehlen von das Abflußgeschehen beherrschenden Gletscherschmelzwässern macht sich jedoch in mancher Hinsicht deutlich. So brachte zwar die jahreszeitlich stark hinausgezögerte Schneeschmelze einen stoßweisen, durch keine Rücklagen für Gletschereis gebundenen Wasseranfall, doch wurde dieser nicht von einem Teil des Einzugsgebietes dominiert. Ebenso erfolgte der Schuttanfall nicht vorwiegend aus dem Talhintergrund, sondern durch Bodenfließen auch in starkem Ausmaße von den Seitenhängen. Erosionskraft und Zusammensetzung der Sedimente richten sich demnach in starkem Maße nach Höhenlage, Exposition und geologischem Aufbau des Einzugsbebietes. Dementsprechend sind auch die Grundwasserverhältnisse in periglazial geprägten Tälern sehr unterschiedlich.

Allgemeine Kennzeichen sind ein wesentlich flacher konkaves Längs- und ein durch Bodenfließen weniger markant ausgeprägtes Querprofil als bei fluvio-glazial geprägten Tälern und das Fehlen einer in die letzteiszeitlichen Schotter eingesenkten Aue.

Niederösterreich

In Österreich erlangen Grundwasservorkommen des periglazialen Raumes eigentlich nur in Niederösterreich größere wasserwirtschaftliche Bedeutung. Während die Grundwasservorkommen der Alpenvorlandtäler, wie der Ybbs, der

Erlauf und insbesondere der Traisen für den Raum St. Pölten, der Deckung des lokalen Wasserbedarfes dienen, erlangt das südliche Wiener Becken überregionale Bedeutung.

Diese Bedeutung verdankt es allerdings in erster Linie bis in die Eiszeit andauernden, tektonisch bedingten Senkungsvorgängen. Im Bereich des rund 40 km langen und 2 bis 8 km breiten Senkungsfeldes der sogenannten „Mitterndorfer Senke" zwischen Wiener Neustadt und Ebergassing erfolgte eine Auffüllung der Senkungszone mit bis über 150 m mächtigen quartären Sanden und Schottern. Nach Süden setzt sich die Senke in Form der wasserwirtschaftlich weniger bedeutenden „Neunkirchner Senke" bis Ternitz fort. In den mächtigen, sich vom Alpenland gegen das Becken vorschiebenden Schotterkegeln von Neunkirchen und Wiener Neustadt versickern nicht nur die Niederschlagswässer, sondern auch zu einem hohen Prozentsatz die Oberflächenwässer und reichern die sich im Bereich des Senkungsfeldes sammelnden Grundwässer an. Kräftige Grundwasseraustritte nördlich von Wiener Neustadt (Fischa — Dagnitzquellen, Kalter Gang) lassen auf ein Grundwasserdargebot von mehr als 5 m^3/s schließen (H. Küpper, 1954, 1962).

Die wichtigsten bestehenden Wassernutzungen sind mit Ausnahme des Brunnenfeldes von *Wiener Neustadt* meist randlich gelegen. So wird nahezu das gesamte nördliche Burgenland mit (inklusive Seewinkel) 125.000 angeschlossenen Einwohnern und einer erforderlichen Wassermenge von 600 l/s zum überwiegenden Teil aus bei *Neudörfl a. d. L.* gelegenen Brunnen versorgt. Bereits um die Jahrhundertwende wurden die Wasserwerke *Moosbrunn* für Mödling und *Ebenfurth—Neufeld* (140 l/s) für Baden errichtet. Heute ist der *Wasserverband Triestingtal und Südbahngemeinden* mit dem zusätzlichen Pumpwerk von *Blumau* (400 l/s) einer der größten Wasserleitungsverbände Österreichs.

Der Gedanke, die reichen Wasservorkommen der Mitterndorfer Senke auch für die Wasserversorgung von Wien zu nutzen, ist schon alt, doch wurde 1873 und 1910 dem Bau der Wiener Hochquellenleitung der Vorzug gegeben. Nach umfangreichen Untersuchungen hofft man heute unter Berücksichtigung bestehender Rechte, welche auch hinsichtlich der Nutzung der Grundwasserabflüsse für Wasserkraft und Transport bestehen (z. B. Kehrbach mit 3,5 m^3/s, Wiener Neustädter Kanal mit 1,4 m^3/s Abfluß), auf eine mögliche Dauerentnahme von 700 bis 800 l/s. Pumpversuche an Horizontalfilterbrunnen wurden bereits durchgeführt, eine wasserrechtliche Bewilligung für die Nutzung wurde bereits 1971 erteilt (A. Kling, 1975).

Da im Einzugsbereich des südlichen Wiener Beckens lediglich ein kleiner lokaler Gletscher am Schneeberg bis vor Puchberg reichte, können die Schotterablagerungen des Wiener Beckens als periglaziale Sedimente angesehen werden. Umso beachtlicher ist die Mächtigkeit und Kubatur (4 bis 7 Milliarden m^3) der abgelagerten Sedimentmassen.

Steiermark und Burgenland

In der Steiermark erreichten die Täler des periglazialen Bereiches, soferne man das Mürztal zu einem zumindest schwach fluvio-glazial beeinflußten Bereich zählt, nicht annähernd diese wasserwirtschaftliche Bedeutung, ja sie zählen zum Teil sogar zu ausgesprochenen Wassermangelgebieten. Der Grund liegt darin, daß die Täler der West- und Oststeiermark bzw. deren Fortsetzung in das Burgenland über weite Strecken tertiäre Ablagerungen durchfließen. Wie bereits bei E. Fabiani (1971, Seite 60ff, 1974) näher ausgeführt ist, vermochten die eiszeitlichen Wässer in die weichen Schichten des Tertiärs durchaus breite Talungen zu erodieren. Die 6

bis 10 m mächtigen, letzteiszeitlichen Sedimentfüllungen der Talungen bestehen überwiegend aus umgelagertem, großteils durch Bodenfließen eingebrachtem Tertiärmaterial. Der Auswaschungsgrad dieser überwiegend feinkörnigen Sedimente ist infolge Fehlens eines gletscherschmelzwasserführenden Hauptgerinnes gering. Im Rückstaubereich zu den sich mit fluvio-glazialen Schottern auffüllenden Murtal reichen, wie z. B. im Laßnitztal, mächtige Feinsedimentablagerungen weit in das Tal zurück. Etwas grobkörnigere Schuttfächer, wie etwa aus den lokalen Vereisungsgebieten der Koralpe, blieben auf den Gebirgsrand beschränkt. Die Ergiebigkeit ist im Bereich dieser Täler trotz großer, in den letzteiszeitlichen Talfüllungen gespeicherter Grundwassermengen gering. Dazu kommt eine durch den hohen Zersetzungsgrad der umgelagerten tertiären Sedimente bedingte Anreicherung des Grundwassers mit Eisen und Mangan und eine über die gesamte Talbreite nur geringmächtige Überdeckung des Grundwassers, da eine in den letzteiszeitlichen Schotter eingesenkte Austufe fehlt. Die Bäche und Flüsse fließen vielmehr auf einem aus jungen Ausedimenten gebildeten Damm. Da sie in diesen meist nur 1 bis 3 m tief eingesenkt sind, fließen sie häufig über dem Niveau der häufig vernäßten Talränder (E. SOLAR, 1963). Dementsprechend oft sind die Talböden überschwemmt.

Somit überwiegt in diesem Bereich die geologische Ungunst die klimatische Gunst des eiszeitlichen Randbereiches, wobei vor allem zu geringe Auswaschung und das Fehlen einer Austufe als Nachteile des periglazialen Bereiches deutlich werden.

Zum periglazialen Bereich sind auch die teils mächtigen Staublehmablagerungen, welche als Ausblasungsprodukt der kalten Fallwinde im Gletschervorland angesehen werden, zu zählen. Diese blieben im trockenen Klima des pannonischen Bereiches als Lösse erhalten und sind dort auch für den Wasserwirtschafter weniger von der Grundwasserbildung her als infolge ihres ausgezeichneten Wasserhaushaltes als idealer Standort für den Weinbau von Bedeutung. Im etwas feuchteren Übergangsbereich der Oststeiermark bildeten sich durch Vergleyung mächtige Lehmdecken, welche nahezu wasserundurchlässig sind und zur Wasserarmut der älteren quartären Terrassensedimente beitragen. Die Wasserversorgung dieser Gebiete erfolgt meist durch Hausbrunnen aus tertiären Schichten, Hanglehmen oder Quellen, häufig jedoch auch aus artesischen Brunnen, welche, wie Altersbestimmungen ergaben, häufig noch aus dem Pleistozän stammendes Wasser liefern.

Schlußbemerkungen

Wie aus den voranstehenden Ausführungen hervorgeht, stehen mit Ausnahme der Karstwässer alle wesentlichen Wasservorkommen des Ostalpenraumes in Zusammenhang mit quartären Ablagerungen und Formen. Diese sind jedoch auf einen nur geringen Prozentsatz der Landesfläche beschränkt. Nach einer Erhebung der geologischen Bundesanstalt umfassen die grundwasserführenden quartären Ablagerungen nur ca. 12 Prozent der Fläche Österreichs. Auf die Bundesländer bezogen verteilen sich die quartären Ablagerungen wie folgt: Wien 48 Prozent, Niederösterreich 16 Prozent, Burgenland 35 Prozent, Oberösterreich 11 Prozent, Salzburg 5 Prozent, Steiermark 10 Prozent, Kärnten 9 Prozent, Tirol 4 Prozent, und Vorarlberg 10 Prozent (F. Wiederstein 1977).

Für Deutschland werden 37 Prozent der Landesfläche als quartäre Ablagerungen angesehen (K. P. Seiler, 1977).

Von diesen Ablagerungen sind im allgemeinen nur die letzteiszeitlichen Schotter für eine intensive Grundwassergewinnung geeignet. Weite Bereiche, wie periglaziale Täler der Ost- und Weststeiermark oder des Burgenlandes fallen praktisch aus. In Tälern mit fluvio-glazialen Schottern sind die vorhandenen Grundwasservorräte vor allem durch industrielle Entnahmen bereits weitgehend genutzt, die fortschreitende Verbauung macht den Schutz der wenigen Reserven immer schwieriger. Noch verfügbare und schützbare Grundwasservorkommen finden sich daher noch vor allem in den bisher wenig besiedelten und genutzten Talböden der glazialen Becken wie z. B. dem Rheintal, dem Inntal, Salzachtal, Ennstal, oberen Murtal, Rosental und den Tälern des Hochschwabmassivs, doch sind auch hier die Vorkommen meist auf relativ seichte Schotterrinnen und geologisch günstige Positionen beschränkt.

Somit sind infolge der räumlichen Begrenzung, wie auch der verschiedenen Wertigkeit der quartären Ablagerungen hinsichtlich des Dargebotes, einer maßlosen Ausbeutung der Wasservorkommen Grenzen gesetzt. In noch viel stärkerem Maße als die heutige wird sich die künftige Wasserversorgung auf quartäre Ablagerungen gebundene Wasservorkommen stützen müssen, so daß die künftige wirtschaftliche Entwicklung und Lebensqualität in starkem Maße davon abhängig sein werden, wie weit es gelingt, noch vorhandene Reserven rechtzeitig zu sichern und den uns zur Verfügung stehenden Wasserschatz sinnvoll zu bewirtschaften.

Zusammenfassung

Die Eiszeiten, ein weltweites Phänomen der Erdgeschichte, tragen durchaus nicht nur lebensfeindlichen Charakter. Dieser unterlag vielmehr einer räumlichen wie auch zeitlichen Beschränkung mit einer Umkehrung zum Positiven. Boten heute teils lebensfeindliche Zonen während des Eiszeitalters günstige Voraussetzungen für die Entwicklung menschlichen Lebens an sich, sind es heute in besonderem Maße ehemalige Vereisungsgebiete, welche sich durch hohe wirtschaftliche Entwicklung und Lebensqualität hervorheben, was nicht zuletzt auf die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Eiszeitalters zurückgeht.

Ein ausreichendes Dargebot an den Anforderungen entsprechendem Wasser ist nun einmal eine Grundvoraussetzung für eine positive Entwicklung. In welch dominierendem Maße das Eiszeitalter an der Schaffung dieser Voraussetzung beteiligt ist, sollte im vorliegenden Beitrag hervorgehoben werden, wobei der Schwerpunkt der Betrachtung im Ostalpenraum liegt.

Der reizvolle Charakter der Hochgebirge, ein Relikt eiszeitlicher Formgebung, findet durchaus auch praktische Anwendung in der *Energiewirtschaft*, indem fast alle hochgelegenen Speicherseen an eiszeitliche Formen wie Kare und breite Hochtäler gebunden sind und zahlreiche eiszeitlich geprägte Gefällsstufen energiewirtschaftliche Nutzung erfahren.

Quellen bestreiten einen wesentlichen Anteil der Wasserversorgung in alpinen Gebieten. Insbesondere in zentralalpinen Bereichen ist der überwiegende Anteil der Quellen an Schuttkörper gebunden, welche in ihrer Entstehung fast ausnahmslos mit den Eiszeiten in Zusammenhang stehen. Im Bereiche ehemaliger Vereisung

gehen die Schuttkörper meist auf die Schuttfracht des Eises oder auf die insbesondere während des Spätglaziales intensive Zerstörung eiszeitlicher Formen, außerhalb der Vereisungsgebiete auf periglaziale Frostsprengung und Bodenfließen zurück.

Seen können bei entsprechender Reinhaltung bedeutende Trinkwasserreservoire darstellen. Nahezu sämtliche natürliche Seen im Bereiche von Vereisungsgebieten, somit auch im Ostalpenraum, gehen auf die schürfende Wirkung des Eises zurück. Die Möglichkeit der Trinkwassergewinnung aus Seen wird zwar in Österreich noch nicht genutzt, in der Schweiz werden jedoch mehr als 25 Prozent der Wasserversorgung aus 35 Seewasserwerken bestritten; der Bodensee bildet das Rückgrat der Fernwasserversorgung von Baden-Württemberg.

Der Schwerpunkt der kommunalen wie auch der industriellen Wasserversorgung verlagert sich immer mehr zum *Grundwasser*, da, wo Quellen bereits ausgelastet und Oberflächenwässer verschmutzt sind, nur mehr dieses die mengen-, qualitäts- und standortbezogenen Ansprüche zu erfüllen vermag.

Nahezu alle wichtigen Grundwasservorkommen sind an eiszeitliche Schotter gebunden, wobei die letzteiszeitlichen Talfüllungen in Folge der Frische und des guten Auswaschungsgrades der Schotter sowie der Kommunikation mit dem Vorfluter die günstigsten Voraussetzungen bieten. Ein deutlicher Unterschied liegt jedoch zwischen den innerhalb der Vereisungsgebiete gelegenen Tälern (glaziale Becken), den Tälern des Gletschervorlandes (fluvio-glaziale Täler) und den innerhalb des eiszeitlichen Frostgürtels situierten Tälern (periglazialer Bereich). Die eiszeitlichen Gletscher erreichten eine enorme Schürfkraft, welche ihr Maximum in geologisch bzw. tektonisch prädestinierten Bereichen, wie z. B. alpinen Längstalfurchen, erreichte.

Untersuchungen in *glazial übertieften Tälern* sind meist jüngeren Datums und weisen einen 200 bis 400 m unter die heutige Talsohle reichenden Tiefenschurf der Gletscher nach. Ein solcher konnte im Rheintal und Inntal, in Tälern des Bayrischen Alpenvorlandes, im Salzachtal, Enns- und Paltental, im oberen Murtal und Drautal, aber auch in den Tälern des Hochschwabmassivs nachgewiesen werden.

Die Auffüllung dieser Becken erfolgte meist durch feinklastische, nur im Bereich einmündender Seitenbäche unterbrochene Seeablagerungen. Ergiebige Grundwasservorkommen sind nur im Bereich junger, mit gut durchlässigen Schottern gefüllter Erosionsrinnen, welche 30 bis 40 m, am Beginn der Becken bzw. im Bereich einmündender Seitenbäche auch größere Mächtigkeiten erreichen können, zu erwarten. Eine Ausnahme bildet das Ennstal, wo gespanntes Grundwasser führende Schotter unter Seeablagerungen folgen und einige Täler des Hochschwabmassivs, wo der Schuttkörper bis zum Taluntergrund reichen kann.

Die breiten, häufig vernäßten und daher wenig besiedelten Talböden der glazialen Becken sind noch wenig genutzt und bergen zweifellos noch bedeutende, vor allem noch schützbare Grundwasserreserven.

Die *fluvio-glazialen Täler* sind durch die stoßweise entwickelte Kraft des Gletscherschmelzwassers gekennzeichnet und weisen nicht nur eine gut durchlässige Talfüllung, sondern durch einen überbreiten, kastenförmig eingesenkten Talquerschnitt auch ideale Voraussetzungen hinsichtlich Regeneration und Speicherung des Grundwassers auf. Fluvio-glaziale Ablagerungen reichen bis Hunderte km über die Vereisungsgebiete hinaus. In ihnen finden sich die bedeutendsten derzeit genutzten Grundwasservorkommen, welche in Österreich vor allem auf das Donautal, das oberösterreichische Alpenvorland und das Murtal beschränkt sind.

Die Konzentration industrieller Standorte auf diese Gebiete führt dazu, daß der industriell gewerbliche Bedarf den kommunalen bei weitem überwiegt.

Periglaziale Täler zeichnen sich durch überbreite Entwicklung der Talböden aus, doch fehlt eine in die letzteiszeitlichen Schotter eingesenkte Austufe. Die wasserwirtschaftliche Bedeutung dieser Täler hängt, da die beherrschenden Schmelzwässer eines Gletschers fehlten, in starkem Ausmaße vom Aufbau der Umgebung ab. So weisen insbesondere junge Senkungsfelder des niederösterreichischen Raumes günstige Bedingungen auf, während die überwiegend von umgelagertem feinkörnigen Tertiärmaterial erfüllten Täler der Ost- und Weststeiermark eher zu Wassermangelgebieten zählen.

Österreich verdankt seinen Reichtum an hochwertigem Wasservorkommen vor allem seiner Lage im Bereich eines ehemaligen Vereisungsgebietes. Die bedeutenden Grundwasservorkommen sind jedoch auf einen kleinen Prozentsatz der Landesfläche beschränkt und erfahren insbesondere im fluvio-glazialen Bereich eine intensive Nutzung. Die noch verfügbaren Reserven, wie sie vor allem im Bereiche glazialer Becken zu erwarten sind, zu erfassen, zu untersuchen und für die künftige Wasserversorgung zu sichern gehört zu den wesentlichsten Aufgaben des Wasserwirtschafters.

Literaturverzeichnis

ANDERLE, N.: Zur Kenntnis der Grundwasserverhältnisse der Umgebung von Lienz, Klagenfurt und Wolfsberg. — Jb. Geol. BA., Band 57, Heft 2, S. 337—366, Wien 1954.

ANDERLE, N.: Grundwasser und Böden Kärntens. — Schriftenreihe für Raumforschung und Raumplanung, 13. Band, Kärntner Landesregierung, Abteilung Landesplanung, Klagenfurt 1973.

BERGER, H.: Zur Geomorphologie alpiner Stauwässer. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark, Bd. 93, S. 9—16, Graz 1963.

BERNHART, L. u. a.: Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks, (Entwurfsstand 1973). — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 29, Graz 1974.

BERNHART, L.: Stand und Planung der Siedlungswasserwirtschaft in der Steiermark. — In: Beiträge zur wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung in Steiermark, Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 32, S. 97—116, Graz 1975.

BISTRITSCHAN, K.: Die Geologie der Talauffüllung des Mitterennstales. — Verh. Geol. BA., S. 232—235, Wien 1952.

BISTRITSCHAN, K.: Ein Beitrag zur Geologie und Hydrologie der Österreichischen Alpentäler. — Z. deutsch. Geol. Ges., Bd. 106, 1. Teil, S. 82—88, Hannover 1955.

BISTRITSCHAN, K.: Die Talalluvionen des Mitterennstales. — Verh. Geol. BA., Heft 2, S. 184—187, Wien 1956.

BRANDECKER, H.: Hydrogeologie des Salzburger Beckens. — Steir. Beiträge Hydrogeol., S. 5—40, Graz 1974.

FABIANI, E.: Morphologische Studien in den südlichen Niederen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des Spätglazials. — Arbeiten des Geogr. Inst. d. Univ. Graz, 100 S., Graz 1969.

FABIANI, E.: Quellaufnahme Koralpe. — Unver. Bericht, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, Graz 1971.

FABIANI, E.: Die Terrassen des Murtales zwischen Wildon und der Staatsgrenze mit Erläuterungen zur geologischen Grundkarte. — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, S. 7—71, Band 20, Graz 1971.

FABIANI, E.: Die Grundwasservorkommen der Steiermark. — Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 29, 34—62, Graz 1974.

FABIANI, E.: Zur Geologie des Hochschwabmassivs. — Hochschwab-Wanderführer, Styria, S. 18—40, Graz 1975.

FLÖGL, H.: Wasserwirtschaftliche Planungen im Traun-Agertal. — ÖWWV., Heft 1/2, S. 18—23, Wien 1971.

FROMME, G.: Alte Gletscherstände und Schutthaldenbildung im Hochgebirge (Karwendel). — Zeitsch. f. Gletscherk. u. Glazialgeol. II, S. 113—120, 1952.

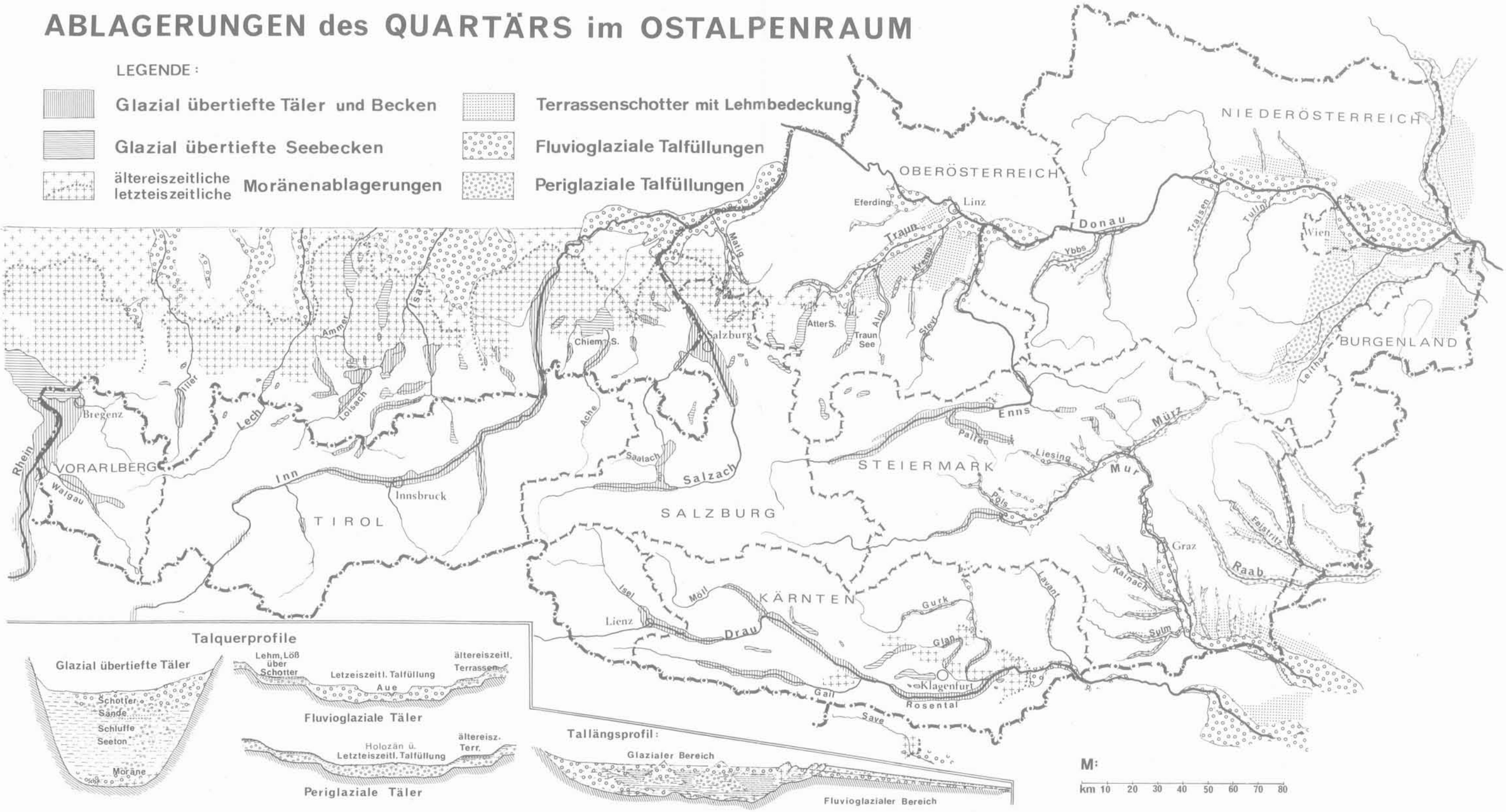
HEISSEL, W.: Beiträge zur Quartärgeologie des Inntales. — Jahrb. Geol. BA., Bd. 97, Heft 2, S. 251—322, Wien 1954.

JILG, O.: Wirtschaftliche und technische Probleme der Wasserversorgung Kärntens. — Gas, Wasser, Wärme, Bd. XV/1, S. 8—14, Wien 1961.
KAHLER, F.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung von Klagenfurt. — Gas, Wasser, Wärme, Z. österr. Vereinigung Gas- & Wasserfach, 15/5, S. 88—90, Wien 1961.
KAHLER, F.: Geologische Grundlagen und Probleme der Wasserversorgung Kärntens. — Mitt. österr. Sanitätsverwaltung, 63. Jg., H. 4, Wien 1962.
KLING, A.: Die Mitterndorfer Senke — Chance 2000? — ÖWWV, Jg. 25, H. 9/10, S. 203—207, Wien 1975.
KRASSER, L.: Die Grundwasservorkommen des Vorarlberger Bodensee-Rheintales. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 48. Bd., S. 105—112, Wien 1955.
KÜPPER, H.: Geologie und Grundwasservorkommen im südlichen Wiener Becken. — Jb. Geol. Ba., Bd. 97, Heft 2, S. 161—210, Wien 1954.
KÜPPER, H.: Das südliche Wiener Becken. — Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., Bd. 104, Heft I/II, S. 161—171, Wien 1962.
KÜPPER, H.: Wien. — Geol. d. österr. Bundesl. in kurzgef. Einzeldarst., Verl. Geol. BA., 206 S., Wien 1968.
LADURNER, J.: Mineralführung und Korngrößen von Sanden aus Schlicker Tal (Bohrung) und Stubaital (Tirol). — Jb. Geol. BA., Bd. 97, Heft 2, S. 323—336, Wien 1954.
LIEBSCHER, A.: Die Wasserversorgung der Landeshauptstadt Klagenfurt. — Gas, Wasser, Wärme, 12. Heft, Wien 1960.
LITSCHER, H.: Die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen des Jahres 1976 im Gebiet Prewoka—Tiebel. — Carinthia II, S. 105—112, Klagenfurt 1977.
NAGL, H.: Spät- und postglaziale Gletscherstände im Gebiet des Radstätter Tauernpasses und ihre Bedeutung für die Hydrogeologie dieses Raumes. — Mitt. d. Geol. Ges. Wien, Bd. 66—67, S. 93—104, Wien 1974.
PLATZL, M.: Die Grundwasserverhältnisse im Mittleren Ennstal, Festschrift 100 Jahre Ennsregulierung.. — Verl. Natur und Technik, S. 22—29, Wien 1960.
OBERHAUSER, R.: Zur Hydrogeologie des Vorarlberger Rheintales zwischen Feldkirch und Hohenems-Klien mit besonderer Berücksichtigung der Bergwasserzuflüsse. — Verh. Geol. BA., Heft 2, S. 346—352, Wien 1970.
RIEDL, H.: Ergebnisse einer Taluntersuchung in der Oststeiermark. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark, Bd. 91, S. 97—104, Graz 1961.
SCHAEFER, I.: Die diluviale Erosion und Akkumulation. — Forsch. z. Dt. Landesk. 49, 154 S., 1950.
SEILER, K. P.: Hydrogeologie glazial übertiefter Täler der Bayrischen Alpen zwischen Lech und Wössner Tal. — Steir. Beitr. Hydrogeol., S. 5—118, Graz 1977.
SOLAR, F.: Jüngste Formung, Bodenbildung und Standorte im Bereich der Talauen des Gleisdorfer Raumes. — Mitt. naturw. Ver. Steiermark, Bd. 93, S. 89—111, Graz 1963.
STINY, J.: Gespannte Wässer im Gebirge. — ÖWW., Heft 10, S. 211—215, Wien 1952.
THURNER, A.: Hydrogeologie, Wien — New York, Springer Verlag 1967, 350 S.
VISITIN, B.: Die Wasserleitung in Italien. — Gas, Wasser, Wärme, 10. Heft, Wien 1960.
VOHRYZKA, K.: Hydrogeologie von Oberösterreich. — Amt der OÖ. Landesregierung, Abt. Wasser- und Energierecht, 80 S., 1973.
WALACH, G. & WEBER, F.: Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Walgaues auf Grund geophysikalischer Messungen, Verh. Geol. BA., Heft 2, S. 201—208, Wien 1977.
WEISS, E. H., SCHWEIGHOFER, B. & RIEDMÜLLER, G.: Hydrogeologische Beurteilung des Rosentales. — BM. f. Land- und Forstwirtschaft, Wien 1974.
WEISS, E. H.: Zur Hydrogeologie des Grundwasseraustrittes der Gurk unterhalb der Prewoka (Tiebelursprung). — Carinthia II, S. 95—104, Klagenfurt 1977.
WIEDERSTEIN, F.: Systematische Grundwasserbeobachtungen. — ÖWWV., 11/12, S. 287—234, Wien 1977.
WORSCH, E.: Geologie und Hydrologie des Murbodens. — Mitt. Mus. Bergb. Geol. u. Techn. Landesmuseum Joanneum, 115 S., Graz 1972.
WURZER, E.: Die Bedeutung des Grundwassers für die Wasserwirtschaft. — ÖWWV., 11/12, S. 279—286, Wien 1977.
ZETINIGG, H.: Hinweise zur Beurteilung von Quellen und Grundwasservorkommen in alpinen Bereichen. — Gas, Wasser, Wärme, 31 Jg., 5. S. 150—157, Wien 1977.
ZÖTL, J.: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Heft 2, 1960/61, 183 S., Graz 1961.

Anschrift des Verfassers: ROBR. Dr. Ernst FABIANI, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilungsgruppe Landesbaudirektion, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, 8010 Graz, Landhausgasse 7.

E. Fabiani
Beilage 1

ABLAGERUNGEN des QUARTÄRS im OSTALPENRAUM

LEGENDE :

- Glazial übertiefte Täler und Becken
- Glazial übertiefte Seebecken
- ältereiszeitliche / letzteiszeitliche Moränenablagerungen
- Terrassenschotter mit Lehmbedeckung
- Fluvioglaziale Talfüllungen
- Periglaziale Talfüllungen