

E. SCHROLL, 1982; A. KIESLINGER, 1954, 1969; V. KOPPEL & E. SCHROLL, 1979, 1983 a, b, 1985; L. KOSTELKA, 1978; K. KRÄINER, 1985; K. METZ, 1981; H. MOSTLER, 1982 a, b, 1983, 1984 a, b; H. MOSTLER et al., 1984; K. NEBERT, 1985; H. NEINAVAIÉ & W. PFEFFER, 1981; G. NIEDERMAYR et al., 1980, 1981, 1983; W. PAAR & M. MEIXNER, 1980; E. PAK et al., 1980; H. PEER, 1980; W. E. PETRASCHECK, 1979; W. E. PETRASCHECK-Festschr., 1986; W. PFEFFER & F. SCHÜSSLER, 1977; C. REIMANN & E. STUMPFL, 1980; U. SCHÄFFER & M. TARKIAN, 1984; G. SCHARFE, 1981; A. SCHEDL, 1985; O. SCHERMANN, 1977, 1980 a, b; M. SCHINDL-NEUMAYER, 1984; J. SCHLÜTER et al., 1984; CH. SCHMID et al., 1979; E. SCHROLL, 1985 a, b; E. SCHROLL & E. PAK, 1980, 1983; E. SCHROLL et al., 1983; O. SCHULZ, 1978 b; O. SCHULZ et al., 1976, 1977 a, b, 1978 a, b, c, 1979 e, 1982, 1983 a, b; O. SCHULZ et al., 1977, 1978, 1980, 1983; R. SCHÜSSLER, 1981; A. Y. SMITH et al., 1977; D. SOMMER, 1977 a, b; W. SPROSS, 1975; V. STINGL, 1982; E. STREHL et al., 1980; E. STUMPFL & M. TARKIAN, 1979; F. THALMANN, 1979; S. TISCHLER, 1978; S. TISCHLER et al., 1979, 1980; W. TUFAR, 1982; H. J. UNGER, 1973, 1975; R. UNKART, 1981; F. VAFTAR, 1976, 1977, 1979 a, b, 1981, 1985; P. WALSER, 1977; L. WEBER, 1977 a, b, 1982, 1983; L. WEBER & A. WEISS, 1983; H. WENGER, 1977 a, b, 1981; H. WENINGER, 1981; W. WERNECK, 1980.

## P HYDROGEOLOGIE

### 1. Historisches

Während die theoretischen Grundlagen des hydrogeologischen Mechanismus erst spät erarbeitet worden sind, hat namentlich das Auftreten von Thermal- und Mineralquellen sowie gespannter artesischer Wässer auch in unserem Land seit alters Aufmerksamkeit erregt, wie etwa die keltischen und römischen Denksteine bei genutzten Thermalquellen (Abb. 103) kundtun, wie die Buchdarstellung von J. DIETMAN über die „Eigentliche Beschreibung deren berühmten dreyen Gesundheits-Bädern als Baaden, Teutsch-Altenburg und Pyrenwarth“ aus dem Jahre 1735 anschaulich darstellt oder wie Freiherr J. v. JACQUIN in seinem Traktat über „Die Artesischen Brunnen in und um Wien“ aus 1831 schildert. Bohrungen auf artesische Wässer waren aus „Unterösterreich“ (Oststeiermark und Wiener Becken) bereits in dem Bericht des französischen Forschungsreisenden, dem Astronomen D. CASSINIS, in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts gemeldet. Von späteren Autoren (1734: BELINDOR; 1750: J. POPOWITSCH; besonders aber J. v. JACQUIN, 1831, dann von O. CORAZZA, 1902, und A. KOCH, 1907) ist das Phänomen der artesischen Brunnen im Wiener Raum mit vielen interessanten Details des handwerklichen Könnens an Hand Dutzender Beispiele beschrieben worden (vgl. H. ZETINIGG, 1982, S. 18 f.).



Abb. 103: Relief einer Quellnymph vom Ende des 2. Jh. n. Chr., gefunden in Bad Deutsch Altenburg, aufbewahrt im Museum Carnuntinum. Inschrift: Ny(m)p(h)is Au(gustus). Die Thermalquellen von Bad Deutsch Altenburg waren wie viele andere warme Quellen des Landes schon zur Römerzeit genutzt worden. Photo des Reliefs aus dem Österr. Archäol. Inst. (II, 1921). (Vgl. M.-L. KRÜGER: CSIR, Österreich, Bd. 1, Fasc. 3, 1. Tl., Taf. 34, Nr. 226, Wien, Verl. Böhrler, 1970).

Unabhängig von diesen frühen praktischen Erfolgen war auf rein theoretischer Ebene der uralte Streit über die Herkunft der Quellen und Grundwässer noch in der Mitte des vorigen Jahrhunderts nicht ausgetragen: Noch 1852 suchte A. NOWAK in dem umfangreichen Werk „Die Räthsel unserer Quellen“ darzulegen, daß die Quellen einem destillierten Meerwasser, das in Hohlräume der Erdrinde eindringt und dann von unten hochsteigt, ihre Entstehung verdanken. Seit der Antike standen sich bis zu dieser Zeit vor allem zwei große Theorien über die Entstehung der Quellen, Bäche, Flüsse gegenüber: Die auf ARISTOTELES und VITRUVIUS zurückgehende „Präcipitationstheorie“ führt die Quellen auf den Niederschlag von Wolken, Regen und Schnee zurück, während von der Vorstellung von LUCREZ, der das Meerwasser kapillar in das Gebirge hochsteigen und als Quellen austreten ließ, sich die „Destillationstheorie“ ableitet, die Quellwasser aus dem in der Erdrinde eingedrungenen, durch die Erdwärme verdampfenden Meerwasser entstehen ließ. Seit dem 17. Jahrhundert wurde durch die Messung der Niederschlagsmenge und die Berechnung des Gesamtniederschlags, der bei weitem für die Versorgung der Flüsse ausreichend erschien, durch die französischen Wissenschaftler PERRAULT (1608 bis

1680) und DE MARIOTTE (1620 bis 1684) die erste solide Basis für weitere hydrologische Überlegungen geschaffen (E. WÜRZER, 1977, S. 280).

Welchen Gegensatz zu A. NOWAKS „Quellen-Räthsel“ stellt das bloß zehn Jahre später erschienene Buch von E. SUESS „Der Boden der Stadt Wien“ (1862 a) dar, mit dem schlagartig die moderne Ära der Hydrogeologie, zugleich der direkten Anwendung der geologischen Erkenntnisse für die Praxis, für das Leben, eröffnet worden ist. SUESS hat in diesem Buch bekanntlich mit außerordentlicher Akribie den unmittelbaren Zusammenhang zwischen geologischem Aufbau des Untergrundes der Stadt, der Grundwasserzirkulation, den Hausbrunnen und schließlich der Verseuchung dieser seichten Grundwässer durch die Verwesungsstoffe der in den Quellgebieten gelegenen Friedhöfe der Stadt mit ihren jährlich über 1000 Ruhr-, Typhus- und Cholera-toten aufgedeckt: „Es war die Drainage der Leichenhöfe, die nach einem kurzen Lauf der Bevölkerung dieser Stadtteile als Trinkwasser geboten wurde“ schreibt SUESS (1916, S. 148) in den „Erinnerungen“ Seine Ausführungen brachten ihn bereits im nächsten Jahr, 1863, in die Wasserversorgungskommission des Wiener Gemeinderates, wo er ein neues, großzügiges Wasserversorgungsprojekt für die Großstadt durch die klaren Wässer der Alpen mittels der „Ersten Wiener Hochquellenleitung“ durchkämpfte. Durch den Bau der 112 km langen, 1873 eröffneten Leitung, die die Großstadt mit dem hervorragenden Wasser des kalkalpinen Hochgebirges versorgt, war weltweit ein Vorbild großstädtischer Wasserversorgung statuiert worden. Die Zahl der Typhustoten in Wien sank von  $1,7^0/_{00}$  vor 1873 auf  $0,45^0/_{00}$  bis 1880, lag mit weiterem Anschluß von Stadtteilen an das Hochquellenleitungsnetz im Jahre 1880 bei  $0,21^0/_{00}$ , ab 1891 bei  $0,04^0/_{00}$ ! Mit den Arbeiten von E. SUESS war eine neue Ära der praktischen Geologie auf dem Sektor der Hydrogeologie eröffnet worden.

Eine nächste Epoche der hydrogeologischen Forschung hat in der jüngsten Zeit begonnen mit den modernen Anforderungen, dem ins Gigantische gestiegenen Verbrauch von Wasser durch die Bevölkerung der Städte, die Industrie und die Landwirtschaft. Dadurch hat eine fast hektische Erfassung der Wasserreserven eingesetzt, hat nun endlich auch die großräumige Planung im Hinblick auf ein Gesamtforschungskonzept begonnen. Durch das Anschwellen der Berichte über die Untersuchungsergebnisse in allen Landesteilen konnte mit der Publikation der Ergebnisse nicht Schritt gehalten werden: Die meisten, z. T. sehr wichtigen Daten liegen in Form von unveröffentlichten Berichten in den Landesregierungen der Bundesländer, der Geologischen Bundesanstalt, dem Österreichischen Wasserwirtschaftsverband, im Hydrographischen Zentralbüro Wien, in der Bundesanstalt für Wasserhaushalt und Karstgebiete in Wien, im Institut für Umweltschutz in Graz, im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft etc., sodaß über die hier genannte Literatur hinaus noch weit mehr unveröffentlichte, z. T. zugängliche Berichte über die Hydrogeologie unseres Landes vorliegen. Ein Verzeichnis der wichtigen Dokumentation über die Wasserwirtschaft allein im letztgenannten Ministerium, Abt. IV/1, Wasserwirtschaft, vom August 1984 berichtet auf 34 S. über alle dort aufliegenden „Fachunterlagen für Wasserwirtschaft und Wasservorsorge einschließlich der Unterlagen des Wasserwirtschaftskatasters“ und hat unter anderem auch die wasserwirtschaftliche Literaturdokumentation in fünf Lieferungen von 1970 bis 1984 erstellt. Im Wasserwirtschaftskataster dieses Ministeriums sind die dort vorliegenden hydrogeologischen und hydrolo-

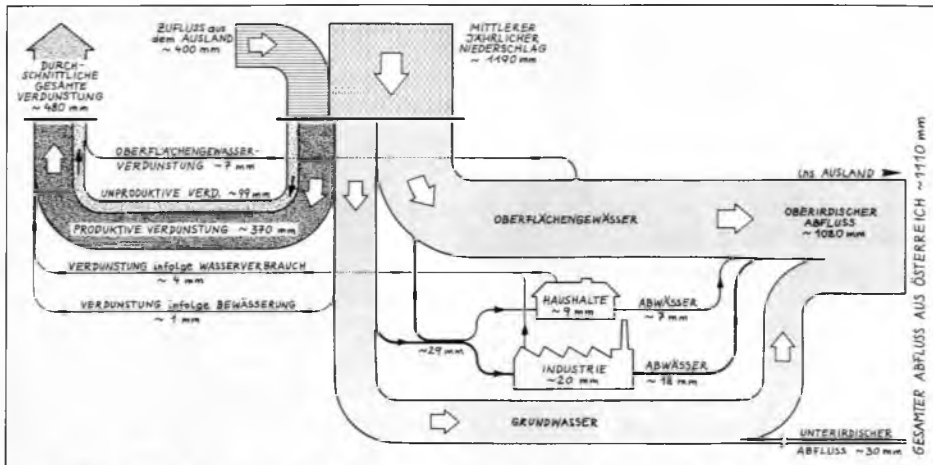


Abb. 104: Die Wasserbilanz Österreichs; Graphik aus W. KATZMANN et al. (1985, Abb. 12).

gischen Veröffentlichungen, nach den 15 Hauptflußgebieten regional angeordnet, dokumentiert. Einen umfassenden Bericht über Tätigkeit und Vorhaben aller wasserwirtschaftlich orientierten Institutionen Österreichs sowie ein Literaturverzeichnis über die gewässerkundlichen und wasserwirtschaftlichen Publikationen einschließlich der hydrogeologischen Arbeiten liefert laufend in jedem Berichtsjahr die „Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes (ÖWWV)“ – letzter Bericht 1986: Bd. 65. Eine hydrogeologische Karte von Österreich im Maßstab 1 : 50.000 ist durch die Geologische Bundesanstalt im Werden (Blätter 66 Gmunden, 79 Neusiedl/See und 137 Oberwart in Arbeit). Vgl. ferner Lit. S. 291.

## 2. Wasserhaushalt und Wasserbedarf in Österreich

Ein Überblick über den Wasserhaushalt in unserem Land (Abb. 104) zeigt zunächst einen verhältnismäßig hohen durchschnittlichen Niederschlag, der von Westen (Vorarlberg: mittlere Niederschlagshöhe 1840 mm/Jahr, Salzburg: 1550 mm/Jahr) gegen Osten (Wien und Niederösterreich: 820 mm/Jahr, Burgenland: 710 mm/Jahr) deutlich abnimmt. Die Hauptniederschlagsmenge fällt im Sommer, der Niederschlag im Winter ist wesentlich geringer. Der durchschnittliche Wert des Niederschlages für Österreich beträgt rund 1190 mm. Davon fallen etwa 480 mm der Verdunstung anheim. Der Grundwasserabfluß liegt im Mittel bei 50 Prozent des Gesamtabflusses (W. KRESSER, 1982, S. 91).

Der derzeitige jährliche Wasserverbrauch der Bevölkerung beträgt rund 800 Millionen m<sup>3</sup>, jener der Industrie etwa 1,5 Milliarden m<sup>3</sup> und der der Landwirtschaft bloß rund 50 Millionen m<sup>3</sup>/Jahr (W. KRESSER, l. c., S. 93). Da einerseits zu erwarten ist, daß der Wasserbedarf weiterhin ansteigen wird und andererseits die Verunreinigung der

Wässer und Grundwässer weiterhin anwächst, so wird auch das an Niederschlag und Wasservorräten reiche Land Österreich in Kürze in arge Wasserknappheit geraten.

An Hand einiger Zahlen möge noch das Ausmaß des heute kolossal steigenden Wasserbedarfs beleuchtet werden, dem ja ein gleichbleibendes Wasserdarbot gegenübersteht, das noch dazu insofern geringer wird, als durch fortschreitende Umweltverschmutzung ein immer geringerer Teil dieses Darbots ohne Aufbereitung verwendbar bleibt: Bereits im Jahre 1968 galten auf Grund von Erhebungen in Mitteleuropa folgende Wasserbedarfswerte: Zur Herstellung von 1 l Bier werden 11 l Wasser benötigt, für 1 l Milch 6 l, 1 l Benzin 9 l, für 1 kg Stahl 60 l, 1 kg Zucker 120 l, 1 kg Zellstoff 350 l. Die Wassererschließung muß allerdings aus technischen Gründen auf den maximalen Tages- oder Stundenverbrauch ausgelegt werden, der z. T. bis 100 Prozent über diesen Mittelwerten liegt. Noch vor zwei Jahrzehnten hatte man bei Projekten von Wasserversorgungen 50 bis 60 l pro Kopf und Tag eingesetzt, heute sind die Zahlen in ländlichem Gebiet auf 200 l, in städtischen Verbrauchsräumen auf 400 l/Kopf und Tag hinaufgesetzt worden.

Sollte die Industrie von der immer knapper werdenden Grundwassernutzung noch mehr zur Flußwasserverwendung unter Aufbereitung übergehen, so erhebt sich sofort das Problem der enorm hohen Reinigungskosten. Daher ist die Industrie weiterhin in erster Linie auf Grundwasser angewiesen, noch dazu im Hinblick auf den mit manchen Prozessen nicht zu vereinbarenden schwankenden Chemikaliengehalt der Flußwässer. Noch im Jahre 1973 war die Donau durch anorganische Bestandteile wenig verunreinigt. Auch die Schwebstoffe erwiesen sich damals noch als arm an absorbierbaren Schwermetallen (Analysen: E. SCHROLL, 1973). Heute liegt die Wasserqualität der Donau in Österreich überwiegend in der Güteklasse II, unterhalb von Wien zeitweise und teilweise in der Güteklasse III. Eine Untersuchung des Donauabschnittes in und unterhalb von Wien durch M. KRÁLIK & M. SAGER (1986) hat in den rezenten tonig-siltigen Ablagerungen eine Schwermetall-Anreicherung von Cadmium, Blei, Zink und Quecksilber ergeben, die im Bereich der Donau eine „mäßige“ (Geoindex  $I_{geo}$  zwischen Floridsdorfer Brücke und Staatsgrenze meist zwischen 1,0 und 2,0), am Donaukanal eine „mäßig starke“ Belastung ( $I_{geo}$  bei Urania und Simmering: 2 bis 3) darstellt.

### 3. Die Untersuchungsmethoden

Vorweg noch ein paar Anmerkungen zur hydrogeologischen Untersuchungsmethodik in Österreich, die in Anpassung an den alpinen Raum Ergänzungen zu dem im Grundsätzlichen z. B. bei G. MATTHESS (1973/1983), W. RICHTER & W. LILLICH (1975) u. a. mitgeteilten Methoden bringt.

Ziel der Untersuchungen ist es, die Eigenschaft und Ausdehnung der Gesteinskörper als Durchgangs- bzw. Speichergestein oder aber als Stauer für das unterirdisch strömende Wasser festzulegen. Hierdurch stellt auch für die hydrogeologische Forschung die genaue Kartierung der petrographisch-lithologischen und der tektonischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes zunächst die Grundlage dar. Verschiedene Gebirgstypen erfordern dann verschiedene weitere Untersuchungsmethoden: Über die

Grundwasserverhältnisse im Karst und deren Erforschung wurde bereits im Abschnitt „Morphologie“ (S. 211 ff.) berichtet. Färbemethoden und Sporenriftversuche (frühe Erfahrungen bei M. DECHANT et al., 1958), Schüttungsmessungen, Erfassung von Temperatur (bis auf 0,01° und genauer möglich), Chemismus und jüngst auch des Tritiumgehaltes und des  $O_{16}/O_{18}$ -Verhältnisses tragen sehr zur Charakterisierung der Herkunft, der Temperaturbestimmung im Niederschlagsgebiet und damit der Seehöhe der Einspeisung (Sauerstoffisotopenmethode), der unterirdischen Wasserwege im Karst (H. ZOJER, 1978), der oft überraschend hohen Durchsatzgeschwindigkeit (bis zu mehreren Kilometern pro Tag im Karst!), der Verweildauer in tiefen Speicherräumen (vgl. W. KOLLMANN, 1981), der Mischung verschiedener Wässer mit verschiedenem Chemismus des durchströmten Weges einschließlich von gipshaltigen Haselgebirgszonen u. a. bei. Als Altersmarkierung der eingespeisten Niederschläge dient ja bekanntlich der durch die Atombombenversuche in freier Atmosphäre stark erhöhte Tritiumgehalt, der im Jahre 1963 sein Maximum erreicht hatte und bei einer Halbwertszeit von 12,5 J. regelmäßig abnimmt, sodaß die in das Grund- und Karstwasser eingespeisten Niederschläge jedes Jahres durch die mitgeführte Tritiummenge ihren „Altersstempel“ tragen (Abb. 137). Weiters werden an Isotopen Deuterium und das natürliche C14 für derartige Fragen herangezogen.

Mit dem Werk von J. ZÖTL (1974) liegt eine aus alpiner Sicht geschriebene, moderne Karsthydrogeologie vor, in der – besonders an Hand österreichischer Beispiele – neben den Grundprinzipien des Karstwasserkreislaufes auch die verschiedenen Landschaftstypen aus hydrogeologischem Blickwinkel, die Untersuchungsmethoden und die Erfahrung über technische Objekte in Karstgebieten (Tunnel, Stollen, Speicher, Trinkwasserversorgung etc.) eine eingehende Besprechung finden. Über Grundsätzliches zur Karstforschung vgl. S. 206 ff.

Den Grundwasserspeichern der Lockersedimente in den Flußalniederungen kommt heute dank ihrer überragenden Bedeutung vorrangiges Interesse zu. Hier geht die Untersuchung ganz andere Wege. Durch die Grundwasserspiegelaufnahme in Brunnen wird zunächst die Grundwasserströmung ermittelt, eine Härteprüfung gibt wichtige Hinweise auf die verschiedenen Einzugsgebiete (im Tullnerfeld etwa kommen die weichen Wässer aus dem Kristallin von NW gegenüber den harten Wässern aus dem Süden und dem Weinviertel klar zum Ausdruck – M. SCHUCH, 1973, Taf. 3); die geoelektrische Kartierung (Tiefensondierung) gibt bis in viele Zehnermeter Tiefe – maximal 500 m Tiefe – den Lagen- oder Linsenbau und die Porenwasserfüllung durch wechselnden elektrischen Widerstand an, sodaß hier die bevorzugte Wasserwegigkeit bereits erfaßt werden kann; die Refraktionsseismik hilft weiterhin Grundwasserstau-, -leiter (Aquifer) und Felsuntergrund zu bestimmen (F. WEBER, 1975), wodurch die Zahl der kostspieligen Bohrungen (an welche Korngrößen-, Porositätsuntersuchungen, Pumpversuche u. a. anschließen) in ökonomischer Weise reduziert werden können. Die Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal (BVFA) hat aus ökonomischen Gründen die Einbohrloch-Meßmethode für Strömungsrichtung und -geschwindigkeit des Grundwassers weiterentwickelt (vgl. J. MAIRHOFER, 1963; W. DROST et al., 1972; W. NUSSBAUMER & D. RANK, 1979), bei der innerhalb des kurzen Weges von einem einzigen Bohrlochdurchmesser diese Daten mit Hilfe eines radioaktiven Markierungsstoffes erfaßt werden können.

Eine Zusammenstellung aller verfügbaren Methoden, die bei den steirischen Grundwasseruntersuchungen angewendet worden sind, hat H. ZETINIGG (1978) vorgelegt.

#### 4. Die hydrogeologischen Regime der verschiedenen geologischen Einheiten Österreichs

Österreich ist reich an verschiedenen individuellen hydrogeologischen Landschaftstypen: Vom Kristallinsockel des Böhmisches Vorlandes über die tertiären Becken und quartären Talbildungen bis zum kristallinen Hochgebirge und Karst sind sehr verschiedenartige hydrogeologische Regime vertreten – Abb. 105.

Übersicht über diesen Gesamtkomplex geben die Arbeiten von E. FABIANI (1978), T. GATTINGER (1974, 1980) und die thematische Karte von T. GATTINGER (1970), T. GATTINGER & H. PRAŽEN (1968) sowie H. KARREBERG (1970). Auch in Handbüchern österreichischer Autoren wie jenem von J. STINY (1933) über die Quellen oder von A. THURNER (1967) und J. ZÖTL (1974) über die Hydrogeologie finden sich zahlreiche Beispiele aus Österreich.

Bezüglich der spezifischen hydrogeologischen Zeitschriften Österreichs sei zunächst auf die beiden in der Steiermark erscheinenden Schriftenreihen hingewiesen (S. 291), sodann darauf aufmerksam gemacht, daß die „Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes“ in der Zeit zwischen 1946 und 1983 bereits 59 thematisch hier hereinspielende Hefte herausgebracht hat (Verzeichnis in Heft 59) und in Heft 60 (S. 391) über ihre Publikationstätigkeit informiert. Zu berücksichtigen sind ferner die karstkundlichen Zeitschriften (S. 188) und die unveröffentlichten Berichte einschlägiger Landes- und Bundesämter (S. 273 f.).

Kurzcharakteristik der hydrogeologischen Einheiten:

a) Das Kristallinegebiet des variszischen Gebirgsrumpfes der Böhmisches Masse liegt einerseits im niederschlagsarmen Teil Österreichs, andererseits ist die Wasserführung in den dichten Gesteinen auf die meist geringe, maximal etwa 10 m dicke Verwitterungsdecke und auf Kluft- und Störungszonen beschränkt. Die offenen Klüfte aber schließen sich meist bald gegen die Tiefe hin. Das Gebiet ist demnach arm an nennenswerten Speichergesteinen. Die Wässer haben dem Untergrund entsprechend einen niedrigen Härtegrad und einen leicht sauren Charakter. Eisen ist meist in überdurchschnittlichem Maß gelöst (T. GATTINGER, 1980, S. 581).

Trotz einer Reihe wasserarmer Landstriche in dieser Region gibt es aber doch auch einwandfreie lokale Grundwasserzonen im Wald- und Mühlviertel, geeignet für Versorgung von je 3000 bis 5000 Menschen (H. NAGL, 1983, S. 66). Große Talzüge, die Störungszonen des Untergrundes folgen, sind durch die tropische Verwitterung tiefgründig zersetzt und werden so zu Leitlinien unterirdischer Entwässerung, die in diesen Räumen mengenmäßig dem oberirdischen Minimalabfluß gleichkommt (H. NAGL & S. VERGINIS, 1979, S. 35).

b) In den Zentralalpen verhält sich der kristalline Anteil sowie der Schieferanteil der Grauwackenzone in manchem ähnlich wie die zuvor genannte Region, da

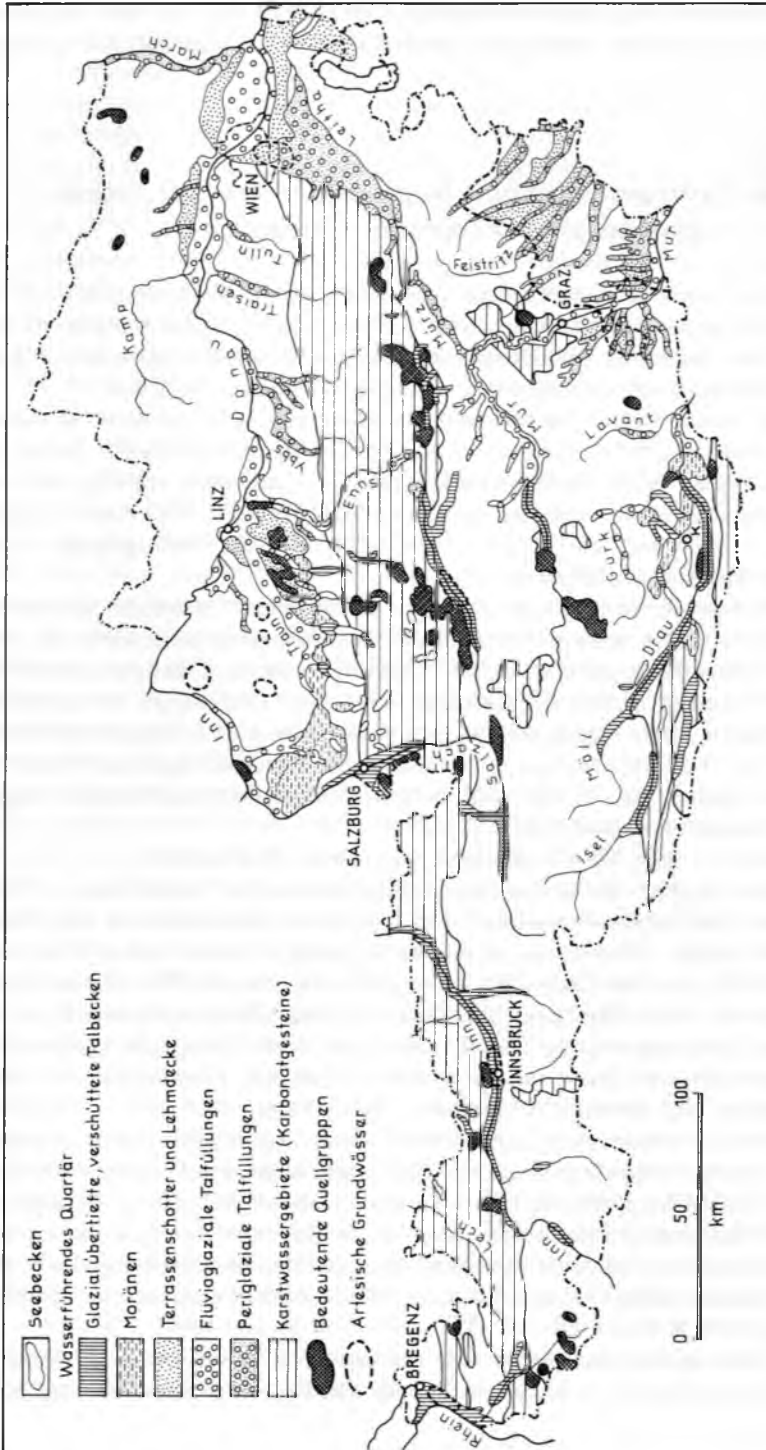


Abb. 105: Bedeutende Quell- und Grundwasservorkommen in Österreich; nach T. GATTINGER (1969, Kt.; 1980, Abb. 15) und E. FABIANI (1978, Beil. 1).



auch in diesen Gesteinen grundsätzlich keine nennenswerte Grundwasserführung auftritt. Unterschiede liegen in den höheren Niederschlagsmengen, die durch die bedeutenden Höhen häufig gegebene Hangauflockerung, die in den Zerrüttungszonen doch namhafte Wasserspeicherung und Quellaustritte zur Folge hat, in den oft bis in große Tiefe offenen wassergefüllten Klüften und in der Einschaltung von Kalkzügen auch größerer Mächtigkeit (Grauwackenzone, Grazer Paläozoikum, Radstädter Tauern etc.), die Karsthabitus zeigen.

c) Das verkarstungsfähige Gebiet der Nördlichen und Südlichen Kalkalpen zeigt die typische Karstausprägung weniger in den dolomitreichen, von engständigen, weniger durchgängigen Kluftsystemen durchzogenen kalkvorlpinen Regionen als in den großen Kalk- bis Riffkalkstöcken der Kalkhochalpen. Die Frage der Gestaltung des Karstes ober- und untertage sowie der Karstwasserführung wurde bereits im Abschnitt über die Morphologie erörtert (S. 206 ff.). Eine reiche, dort z. T. zitierte Literatur über die Karstwasserführung und ihre Erforschung von G. KYRLE bis zu F. BAUER (1970, 1972 et al., 1978, 1979), T. GATTINGER (s. o.), V MAURIN et al.,



Abb. 106: Die Karstquelle beim „Toten Weib“ in der Mürzschlucht S Frein, Steiermark.

(1959 etc.), A. THURNER (1967, 1972), J. ZÖTL (1961, 1974) u. a. umreißt die Bedeutung der Forschungsarbeit in unserem Land auf dem Sektor der Karsthydrologie.

Der Dolomitzkarst weist durch sein enges Netz feiner Klüfte eine gute Speichermöglichkeit auf. Die Erschließung aber stößt auf Schwierigkeiten, da hierdurch keine großen Mengen von Wasser zur Verfügung stehen. Im Zusammenhang mit der Feinklüftigkeit des Dolomites weisen die Dolomitzkarstwässer günstigere bakteriologische Eigenschaften auf als Wässer des Kalkkarstes (R. PAZUVA & H. TRAINDL, 1985, S. 134 ff.).

Der Kalkkarst, besonders im Bereich der Kalkhochalpen mit seinem durch Lösung oft bis zu Höhlensystemen erweiterten Kluftnetz, galt in der klassischen Ära mit Recht als begehrter Lieferant großer Mengen auch geschmacklich vorzüglichen Wassers (Abb. 106). Der Nachteil lag seit je in der großen Schwankung der Wasserspende, die in trockenen Zeiten zufolge des raschen Durchflusses stark zurückgeht. Färberversuche haben ja erwiesen, daß zwischen Einspeisung und Wiederaustritt der Karstwässer der Kalkhochalpenplateaus vom Schneeberg über Hochschwab und Dachstein bis zum Steinernen Meer auch bei kilometerweiter Entfernung oft nur wenige Stunden vergehen (Abb. 107). Dadurch aber unterliegt dieses Wasser auch keinerlei nennenswerter Reinigung. Während dieser Umstand in der Vergangenheit bei der Unberührtheit des Hochgebirges keine Rolle gespielt hat, ist bei dem heutigen Massentourismus im Ge-

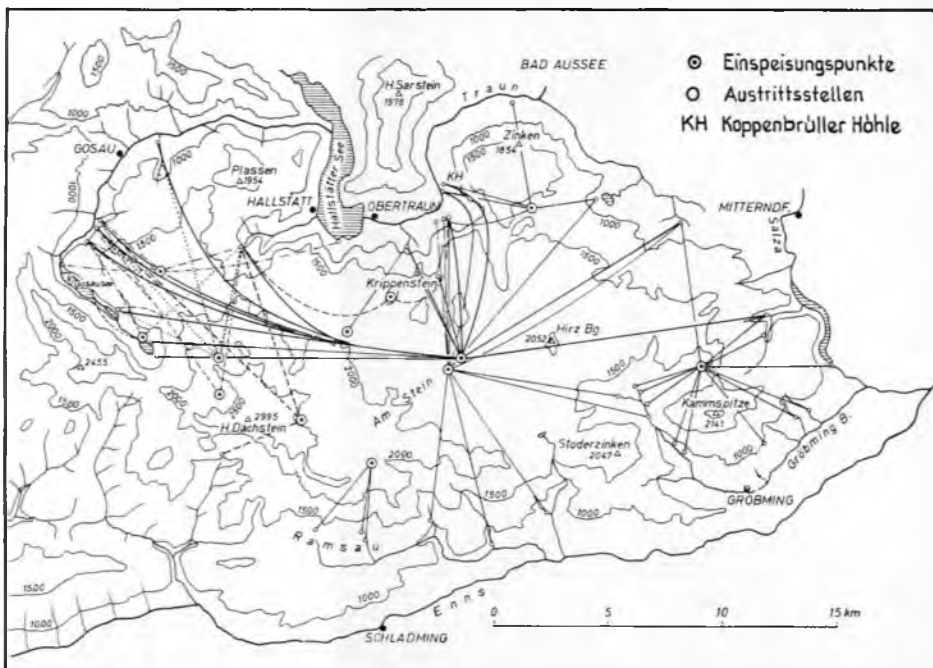


Abb. 107: Karstwasserwege auf Grund von Sporen-Markierung im Dachsteinstock; nach F. BAUER & J. ZÖTL (1972, Abb. 7). Die Wasserwege zeigten bei dieser Untersuchung eine Streuung von 180° Breite.

birge, verbunden mit umfangreicher Verschmutzung auch der hochalpinen Regionen, diese Wasserreserve (von der auch heute noch über ein Drittel der Bewohner Österreichs abhängt) arg bedroht. Schon schiebt sich die Bedeutung der Lockersedimente der Tallandschaften für Großwasserversorgungen in den Vordergrund. Kalkalpine Wässer sind schwach alkalisch und zeigen eine mittelmäßige Härte.

d) Die Flyschsandsteinzone der subalpinen Region im Norden der Alpen zeigt ungünstige hydrogeologische Bedingungen: Trotz genügender Niederschläge sind die Möglichkeiten zur Grundwasserbildung zufolge der Undurchlässigkeit der an Tonen und Mergeln reichen Schichtfolge gering. Sie beschränkt sich auf die dünne Verwitterungsschwarte und auf Klüftzonen. Der Chemismus dieser Wässer zeigt einen bedeutenden Härtegrad und alkalische Reaktion. Im wesentlichen stellt die Flyschzone ein Wassermangelgebiet dar.

e) Im Alpenvorland, der Molassezone, sind nicht so sehr die wasserführenden gröberklastischen Einschaltungen im Schlier an der Basis und die untergeordneten Speicherhorizonte im Inneren der Serie von Bedeutung – die allerdings gelegentlich sogar gespanntes Grundwasser enthalten –, sondern die ausgedehnten pleistozänen Schotter- und Sandauflagerungen entlang der großen Flußtäler, die die Hauptreserven für das Umland darstellen (Abb. 105).

f) Größere Bedeutung für Grundwasserspeicherung weisen die Beckenlandschaften Österreichs auf. In kleinem Ausmaß sind die Gosaubecken im Inneren der Kalkalpen und Zentralalpen, in bedeutender Ausdehnung aber die tertiären Becken am Alpenstrand, im Inneren und als vergleichbarer Typus die Molassezone am Nordrand der Alpen von Interesse. Wenn wir zunächst von den quartären Auflagerungen über diesen älteren Beckensedimenten absehen, so gewinnen einerseits die meist klastischen Transgressionshorizonte an der Basis der Molassezone (Linzer, Melker Sande etc.) und der tertiären bis kretazischen Becken, andererseits die zwischen den tonischen Wasserstauern eingeschalteten durchlässigen Sedimente der Beckenfüllung selbst als Aquifere Bedeutung. Dabei kommt häufig den Basisbildungen größeres Interesse zu, während die klastischen Einschaltungen oft weniger ergiebig sind und häufig auch durch eine einseitige Mineralisation (z. B. Schwefelgehalt bei Pyritzersetzung, Sodagehalt etc.) für den Genuß weniger geeignet sind.

Die Nutzung von Tiefenwässern in solchen Becken oder aus deren Untergrund ist nicht unproblematisch: Nicht nur wegen der erhöhten Temperatur, mit der häufig auch eine erhöhte Mineralisation einhergeht (ganz zu schweigen von den Wässern der Tiefe in den mächtigen Ostrand-Becken, in deren Lagerstättenwässern natürlich oft sehr hohe Salzgehalte erhalten sind), sondern auch wegen der schweren Überblickbarkeit der Wasserwege in der Tiefe: Der weite Weg für Nachschub von der Oberfläche zur Tiefe kann nach einem kurzen Anfangserfolg zu baldigem Rückschlag führen. Für die genaue Kenntnis der Art der Wiederfüllung der Aquifere in der Tiefe ist oft jahrelange Beobachtung nötig.

g) Die wichtigsten Grundwasserspeicher des Landes aber liegen – an Bedeutung auch die Karstgebiete übertreffend – in den quartären Lockersedimenten entlang der Täler und inneralpiner oder randlicher Becken (Abb. 105). E. FABIANI (1978, S. 61 ff.) hat in geradezu klassischer Weise die Bedeutung des Quartärs für die österreichische Wasserwirtschaft herausgearbeitet: Zwar umfassen die

Grundwasser führenden quartären Ablagerungen bloß etwa 12 Prozent der Fläche des Landes, sie bergen aber neben dem Karst alle wesentlichen Wasservorkommen. Sie haben in rapide zunehmendem Maß nicht nur für die darauf angewiesene Industrie, sondern auch für die Versorgung der Städte gegenüber dem Karstquellwasser an Bedeutung gewonnen und bergen noch immer beträchtliche Reserven. Österreich ist daher nicht wie die Schweiz und Deutschland auch auf aufbereitetes Seewasser als Trinkwasser angewiesen (Schweiz: über 25 Prozent der Versorgung aus 35 Seewasserwerken; gewaltige Fernwasserversorgung Baden-Württembergs aus dem Bodensee).

Im Sinne der Gliederung von E. FABIANI lassen sich drei Haupttypen quartärer Grundwasserspeicher in Österreich unterscheiden (vgl. Kt. J. FINK & H. NAGL, 1979):

α) Glazial übertiefte Täler und Becken innerhalb des einstigen Vereisungsgebietes. Diese Täler und Becken entlang von Enns und Salzach, Inn, Rhein etc. wurden spät- bis postglazial mit mächtigen, überwiegend feinklastischen, daher kaum speicherfähigen bis dichten Sedimenten ausgefüllt (vgl. S. 255 ff.). An der Beckenwurzel aber sowie entlang des Randes bei Mündung von Seitentälern wurden mit den Seesedimenten verzahnende Schotterfächer eingeschüttet, die meist wertvolle Grundwasserführung aufweisen. Auch in Erosionsrinnen dieser Beckenfüllungen können brauchbare Grundwasserspeicher auftreten. Besonders günstige Speicher bilden das mittlere Ennstal und die Täler südlich vom Hochschwab.

β) Fluvio-glaziale Talverschüttungen im Vorland außerhalb des vergletscherten Gebietes bieten die weitaus besten Voraussetzungen für ergiebige Grundwasserspeicher: Die im Schlier kastenförmig eingesenkten Talgründe sind nach unten hin gut abgedichtet, der stark ausgewaschene Schotter, der in der Nacheiszeit diese Rinnen ausgefüllt hat, bietet mit seiner guten Durchlässigkeit ideale Verhältnisse für Regeneration und Speicherung des Grundwassers. Hierzu zählen nicht nur die von Schotterterrassen begleiteten Vorlandflußstrecken in der oberösterreichischen Molassezone, sondern auch das Donautal selbst, das zwar nur meist etwa 10 m mächtige, aber sehr ausgedehnte jüngste Schotterfelder im Bereich des Eferdinger Beckens, im Raum abwärts von Linz, im Machland, Tullnerfeld und Marchfeld birgt. Auch entlang der Mur sind im Alpeninneren, besonders aber auch im Steirischen Becken ähnliche Bedingungen im Abschnitt Grazer-, Leibnitzer und Murfeld gegeben.

γ) Der periglaziale eisfreie Bereich am Alpenost- und -südostrand bietet in den Talfüllungen ungünstige Bedingungen: Durch Fehlen der sonst starken Schutt- ausstrahlung des Gebirges sind die Täler meist von umgelagertem, feinkörnigem Tertiär erfüllt, die Verwitterung hat eine oft ungünstige starke Mineralisation (Schwefelverbindungen aus Pyrit) bewirkt. Hier sind nur die großen jüngstquartären tektonischen Senkungsfelder, die die alpinen Schotter angezogen haben, von Wert, wie etwa die Mitterndorfer (III. Wiener Wasserleitung) und die Lasseer Senke im Wiener Becken und dann in grandiosem Ausmaß die Kleine und Große Ungarische Tiefebene, die aber bereits außerhalb unserer Betrachtung liegen.

## 5. Artesische Wässer, Mineralquellen und Thermen

a) Gespannte Grundwässer, durch artesische Brunnen gewonnen, sind in Österreich weiter verbreitet als gemeinlich bekannt. Bereits im historischen Abschnitt dieses Kapitels (S. 271) wurde auf die jahrhundertealte Tradition in der Nutzung dieses Grundwassertypus in Österreich hingewiesen. Die Voraussetzungen hierfür sind vielerorts gegeben: Beckenförmig eingelagerte Aquifere, nach oben hin durch wasserstauende Feinstsedimente abgedichtet und seitlich bis hoch am Beckenrand empor durch ober- oder unterirdische Wasserzufuhr erfüllt, bringen bei Durchbohrung der Abdichtung ihr Wasser selbsttätig unter Druck, oft hoch emporspringend, zutage. Solche Strukturen stellen sich teils in den muldenförmig gebauten tertiären Becken ein, teils bei quartärerfüllten inneralpinen Seebecken, bei denen grobklastische Ablagerungen mit feinen, abdichtenden Seetonen wechsellagern. Besonders Randlagen solcher verlandeter Seebecken bieten günstige Voraussetzungen.

Als Beispiele für solche artesisch genutzten gespannten Grundwässer seien erwähnt: Neusiedlersee-Becken im Raum Neusiedl/Gols; Wiener Becken, besonders südlich von Wien (J. v. JACQUIN, 1831; O. CORAZZA, 1902, S. 17, 30, 60, 73, 103; H. GRUBINGER, 1951); Steirisches Becken (G. DAVIS et al., 1968; L. BERNHART et al., 1972; H. ZETINIGG, 1973; G. SUETTE & TH. UNTERSWEIG, 1983): Derzeit werden im Steirischen Becken elf Gemeinden durch 26 artesische Brunnen versorgt, hinzu kommen 1527 artesische Hausbrunnen, wodurch gespannte Wässer bis in Tiefen über 200 m genutzt werden – Monographie hierüber von H. ZETINIGG (1982; Taf. 2 = Karte) – Abb. 108; mittleres Ennstal unterhalb von Stainach-Irdning mit bis zu drei artesischen, gespannten Grundwasserstockwerken (Becken von Gstatterboden, Frauenberg, Liezen, Wörschach: Steighöhen bis 14 m über Niveau – K. BISTRITSCHAN, 1952, 1955, 1956; M. PLATZL, 1960) und im angrenzenden Paltental (E. FABIANI, 1978, S. 51); Kärntner Seengebiet: verlandete Randzone des Faaker-, Ossiacher-, Millstätter-, Weißensees (J. STINI, 1952; K. BISTRITSCHAN, 1955, S. 87); untergeordnet im Salzach- (Zeller See-N) und Saalach-Flußgebiet; Unterinntal (Bohrung Hall i. T.: Grundwasser in 199 m Tiefe, 20 at Druck; Innsbruck: gespanntes Wasser im unteren Grundwasserstockwerk); in den glazial übertiefen Alpenquertälern bei ihrem Austritt in das Vorland durch Verzahnung von durchlässigen und dichten spätglazialen Ablagerungen, wie etwa im Bodensee-Rheintal, wo mehrere unter hohem Druck stehende Grundwasserstockwerke auftreten (P. STARCK, 1977, S. 36); in sedimenterfüllten glazialen Eisumfließungsrinnen am Alpenrand, wie NW vom Attersee (K. VOHRZYKA, 1973); schließlich in den tertiären Ablagerungen des Alpenvorlandes selbst (Ried, Schallerbach, E Schärding, Schwertberg, im Eferdingen Becken usf.; K. VOHRZYKA, 1973, S. 26 ff.).

Kommen artesische Wässer aus größerer Tiefe, dann können sie einerseits stärker mineralisiert, andererseits entsprechend erwärmt sein. Als altbekannte Beispiele solcher gespannter, in Bädern genutzter Wässer im Bereich der Stadt Wien seien das Theresienbad (12. Bezirk, Hufelandg. 3), das mindestens seit 1711 Mineralwasser von 14° C aus dem Oberen Badenien nutzt, und das Pfannsche Mineralbad erwähnt (12. Bezirk, Mandlg. 4), dessen artesischer Zufluß im Jahre 1819 beim Vertiefen eines Brunnen im Untersarmat erschlossen worden ist (F. BRIX, 1974, S. 27 ff.).

b) Österreich ist dank seiner geologischen Vielfalt reich an verschiedenartig ent-

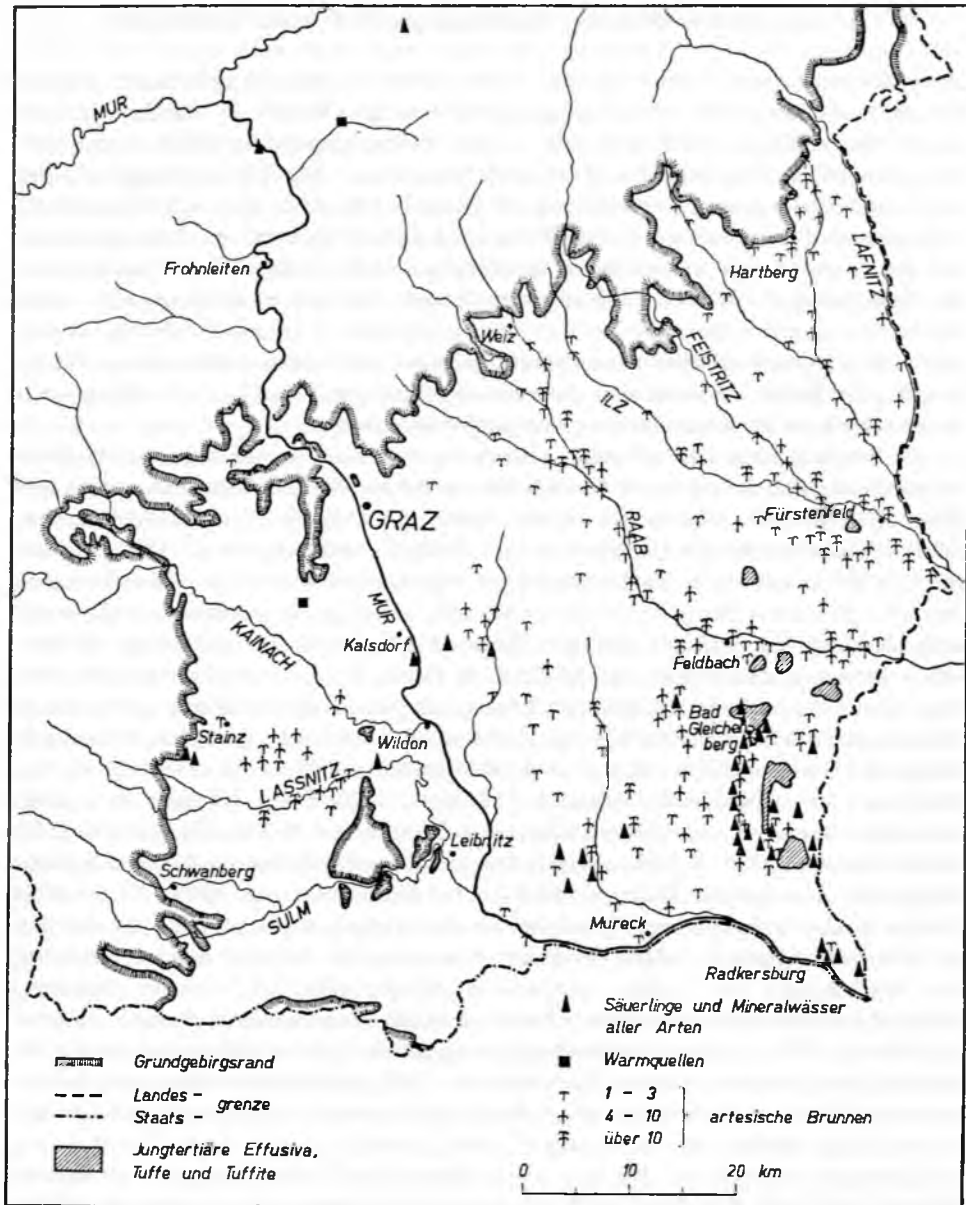


Abb. 108: Artesische Brunnen, Mineralquellen und Säuerlinge im Steirischen Becken; nach V. MAURIN & J. ZÖTL (1964).

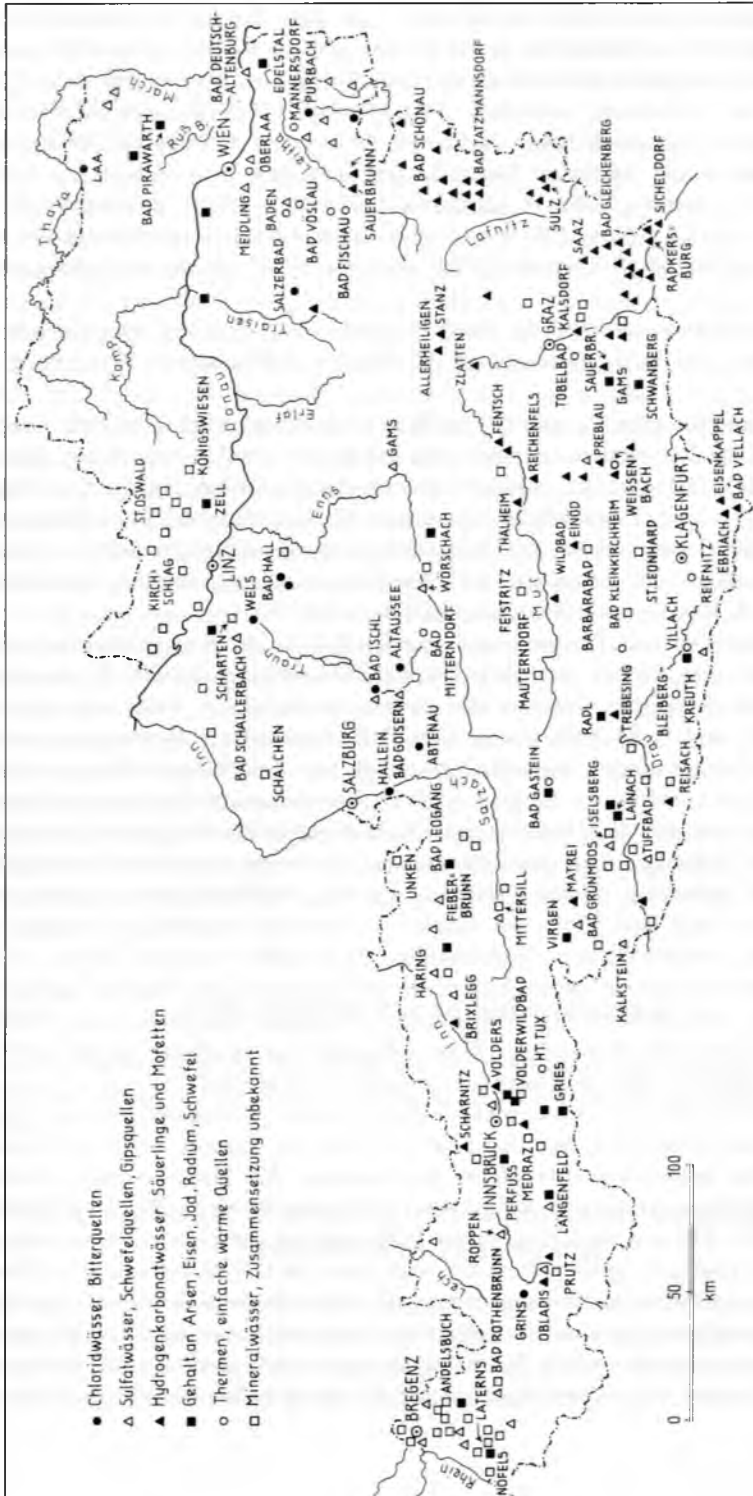


Abb. 109: Wichtige Mineralquellen und Thermen in Österreich; nach I. Wisnböck (1966).

wickelten Mineral- und Thermalquellen, die zum Teil als Trinkwasser (Mineralwasser), zum Teil als Heilquellen in Heilbädern genutzt werden (Abb. 109). Bereits im regionalen Teil haben bedeutendere derartige Vorkommen im jeweiligen Abschnitt über Lagerstätten Erwähnung gefunden. Kartenmäßige Übersichten über die Mineral- und Heilquellen in Österreich haben H. KÜPPER (1966) bzw. I. WIESBÖCK (1966) gegeben, zusammenfassende textliche Darstellungen stammen von W. CARLÉ (1975), K. DIEM (1914), J. KNETT (1928), H. KÜPPER & I. WIESBÖCK (1966), R. LORENZ (1953), P. SLEZAK (1975, 1976), J. STINI (1954) und A. THURNER (1965). Eine Monographie der Kärntner Heilquellen hat F. KAHLER (1978), jener von Tirol J. ZEHETNER (1893) geliefert.

Einen anschaulichen, stark auf die Praxis ausgerichteten Überblick über die natürlichen Heilquellen Österreichs haben jüngst W. MARKTL (1985) und V. WALLNER et al. (1985) gegeben.

Mineralquellen mit über 1 g gelöster Stoffe pro kg Wasser werden als Heilquellen bezeichnet, bei bestimmten, wirksameren Substanzen (Radon, Jod, Eisen, Schwefel) genügen aber auch kleinere Mengen für eine derartige Bezeichnung. Der Begriff Thermalquelle oder Therme wird hierzulande für Quellen mit einer Mindesttemperatur von +20°C angewendet. Die praktische Nutzung von Heilbädern und Thermen ist seit Kelten- und Römerzeit in Österreich durch entsprechende Reliefsteine (Bad Mitterndorf, Bad Deutsch Altenburg) belegt – Abb. 103.

Die Mineralquellen und Thermen sind grundsätzlich an Störungslinien gebunden, eine Reihe von Sauerlingen (reich an Kohlendioxid) in der Oststeiermark und im Burgenland knüpfen direkt an den jungen, miopliozänen Vulkanismus an. Beispiele hierfür sind Bad Gleichenberg, Sieldorf, Radkersburg, Deutschgoritz, wohl auch die etwas weiter abseits liegenden Sauerlinge von Güssing und Tatzmannsdorf, vielleicht auch noch solche im Burgenland bei Oberschützen, Góberling etc. Problematisch ist nach wie vor die Herkunft der Kohlensäure in Sauerlingen an Störungen, abseits jeglichen Vulkanismus in den Zentralalpen, wie etwa in jenen von Stainz, Zlaten, Fentsch E. Judenburg, Stanz, Thalheim, Preblau, Wildbad Einöd, Eisenkappel, Ebriach etc. im Osten und Süden des Landes bis Prutz im Engadin im Westen. Sie entspringen den verschiedensten Gesteinsarten. A. THURNER vermutet (1965, 1974), daß die Kohlensäure auch in diesen Fällen aus der Entgasung des Magmas und daher aus sehr großer Tiefe stammt. Die tiefgreifenden Störungen fungierten dann bloß als Aufstiegswege. Die Mineralisation der Wässer hingegen ist unschwer durch die Herauslösung der Stoffe aus dem durchströmten Gestein zu verstehen.

Welch verschlungene und weite Wege solche Wässer oft nehmen, bevor sie wieder an die Oberfläche kommen, hat der erst vor kurzem durch G. WESSELY (1983) stichhältig begründete erstaunliche Mechanismus der Thermen und Schwefelquellen an der Thermenlinie am Westrand des Wiener Beckens gezeigt (Bd. II, Abb. 241): Die aus dem kalkalpinen Einzugsgebiet stammenden Niederschlagswässer strömen kräftig in großer Tiefe bis weit unter den Westabschnitt des Wiener Beckens, steigen erwärmt an inneren Störungen dieses Beckens hoch und gelangen dann in wasserwegigen Lagen des Tertiärs wiederum zurück zum Beckenrand, wo sie mineralisiert und erwärmt entlang der Randstörungen aufsteigend, die Oberfläche erreichen. Die Thermal- und Schwefelquellen des Westrandes (Bad Fischau, Bad Vöslau,



Baden usf.) sind ebenso wie jene des Ostrandes des Beckens (Sauerbrunn, Leithaprodersdorf, Mannersdorf/L., Bad Deutsch Altenburg usf.) auf diese Art erklärbar (Bd. II, S. 527). Der Schwefelgehalt stammt wohl aus dem in den neogenen Sedimenten des Wiener Beckens häufigen Gips und Pyrit.

Schwefelquellen wie auch Solequellen sind häufig auch an das permische Salinar des Haselgebirges gebunden (Bad Goisern, Bad Ischl, Bad Aussee, Dürrenberg bei Hallein, Hall i. Tirol etc. – O. SCHAUBERGER, 1979 b), ebenso Glaubersalzquellen (Bad Aussee). Unter den seltenen Typen an Mineralquellen seien genannt: Die Jod-(Sole-)Quelle von Bad Hall/OÖ. (A. SCHMÖLZER, 1955), die Eisenquellen von Vellach/Ktn., Pyrawarth/NÖ., Gams ob Frauental; Kaliquellen am Ostrand des Ruster Höhenzuges im Burgenland (Bd. II, S. 552); schließlich radiumwirksame Quellen wie Gastein (19 Thermen, 48° C, Gehalt an Radium, Radon, Thorium, Thorium-Emanation, Uran, max. 390 Mache-Einheiten = M.E. – CH. EXNER, 1957, S. 138; C. JOB & J. ZÖTL, 1969) und Steinach-Nöblach/Brenner (62 M.E.), Imsterau/Tirol (29,5 M.E.), Steinberg b. Amstetten/NÖ. (18 M.E.) etc. Eine frühe Serie von detaillierten „Beiträgen zur Kenntnis der Radioaktivität der Mineralquellen Tirols“ haben M. BAMBERGER & K. KRÜSE (1907–1914) und K. KRÜSE (1926) geliefert.

Bei den Thermalquellen steigt das durch die aufsteigende Erdwärme in der Tiefe erwärmte Wasser an Bruchstörungen selbsttätig empor. Gelegentlich kann durch die Anbohrung von solchen Heißwasser führenden Störungen in geringer Tiefe ein stark überhitztes artesisches Thermalwasser erschrotet werden, wie etwa durch die 461 m tiefe Erdölbohrung in Bad Schallerbach/OÖ., die 37,5° C heißes Wasser brachte (K. VOHRZYKA, 1973, S. 26) oder durch die ÖMV-Bohrung Oberlaa, die (statt Erdöl) Heißwasser aus Tiefen zwischen 352 bis 419 m mit 53° C und einem Schwefelgehalt von 58 mg/kg Wasser fördert und damit zur wärmsten und stärksten Schwefeltherme Österreichs wurde (G. WESSELY, 1983, S. 53).

Insgesamt sind in Österreich auf der Übersichtskarte der Mineral- und Heilquellen (I. WIESBÖCK, 1966) weit über 200 derartige Vorkommen eingetragen, die unter den oben definierten Begriff mit über 1 g gelöster Stoffe je kg Wasser fallen – vgl. Abb. 109.

## 6. Grundwasser und Umweltschutz

Zur wichtigen Frage der Erhaltung unzerstörter Grundwasserreserven und die Frage der Beseitigung der Abwässer wird im Kapitel Umweltschutz S. 364 ff. Stellung genommen.

## 7. Die regionale Verteilung der wichtigsten Grundwasservorkommen Österreichs

Bei der Vielfalt der individuellen Speicher von Grundwasser ist es unmöglich, auf die regionalen Verhältnisse im Detail einzugehen. Es wird daher hier für jedes Bundesland neben grundsätzlichen Bemerkungen über wichtige Grundwasserspeicher die weiterführende Literatur angegeben. Allerdings liegt ein guter Teil der modernen hy-

drogeologischen Untersuchungsergebnisse nur in Form unveröffentlichter Berichte in den auf S. 273 f. genannten Ämtern auf. Einen modernen Überblick über die Grundwassersituation in den einzelnen Bundesländern gibt der Band von W. BIFFL & H. FRISCHHERZ (1983).

Beiträge zur Hydrogeologie sind auch in den einzelnen regionalen Kapiteln dieses Buches enthalten.

a) **Vorarlberg.** In den beiden tief von quartären klastischen Ablagerungen erfüllten Talbecken des Walgtaus (Illtal) und des Rheintales liegen die bedeutendsten Grundwasserreserven des Landes. Dabei bietet der Walgau trotz geringerer, bis zu 150 m reichender Mächtigkeit des Quartärs gegenüber Tiefen bis 400 m im Rheintal die günstigeren Möglichkeiten, da seine grobkörnigen Talfüllungen die besseren Trinkwasserreserven enthalten, die durch Bergwässer laufend ergänzt werden. Im Abschnitt unterhalb von Bludenz werden die größten Mächtigkeiten erreicht (H. LOACKER, 1971; G. WALACH & F. WEBER, 1977; sechs weitere Berichte im Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, IV/1).

Die Grundwasserverhältnisse im Vorarlberger Rheintal sind gründlich studiert: Schon zur Zeit L. KRASSERS (1956) waren über 2000 Bohrungen und Sondierungen hydrogeologisch untersucht. Die Möglichkeit der Grundwassernutzung in diesem Raum ist allerdings aus mehreren Gründen eingeschränkt (H. BERTSCHINGER et al., 1978): Zunächst bestehen mächtige zentrale Teile der bis 400 m dicken (Bohrung Dornbirn: 336,5 m Quartär, Bd. II, S. 467) spät- bis postglazialen Ablagerungen im heute verlandeten Raum südlich des Bodensees aus feinkörnigen, vielfach dichten Seetonen, in die nur vom Rand her gröbere, bis in 40 m Tiefe reichende, grundwasserreiche Flußablagerungen verzahnend eingreifen. Durch eine hohe Mineralisation, durch eine Ansäuerung aus Torfmoorlagen und durch eine schon seit dem Bericht von L. KRASSER (1956) stark zunehmende Verschmutzung um Industriezentren wird die Brauchbarkeit des Grundwassers weiter eingeschränkt. Das günstigste Hoffungsgebiet ist noch das Ildelta unterhalb Feldkirch, ein zweites Reservoir liegt unterhalb von Rankweil. Wichtig sind Karstwasser-Zubringer aus dem Helvetikum im Raum des Götzer Gewölbes (Götzis) und des Ranzenberg-Gewölbes (Hohenems) – R. OBERHAUSER (1970), M. KOBEL & R. HANTKE (1979). Im Bodensee-Rheintal sind mehrere gespannte Grundwasserstockwerke in Form von isolierten Schwemmfächern zwischen den Seetonen anzutreffen (P. STARCK, 1970, 1977). Bregenz bezieht sein Wasser zum Teil auch aus dem 40 m mächtigen Kieskörper der Bregenzer Ache S vom Kloster Mehrerau.

b) In Tirol sind die Siedlungen noch gegen Ende der siebziger Jahre fast ausschließlich durch Quellwasser versorgt worden: 85 Prozent der Gemeinden wurden bis dahin ausschließlich durch Quellwasser, nur 3 Prozent durch Grundwasser und 9 Prozent durch zusätzliches Grundwasser beliefert (E. FABIANI, 1978, S. 45). Die Industrie greift natürlich schon seit längerem auch in Tirol in erster Linie auf Grundwasser zurück. Erst in den letzten Jahren, dafür aber mit umso größerem Impetus, sind bei der vermehrten Verwendung von Grundwasser größte Anstrengungen zur systematischen Erfassung der Wasserreserven als Grundlage für Planung und Schutz dieser Reserven unternommen worden. Zwar ist nur wenig darüber publiziert, aber eine enorme Zahl von Gutachten und Berichten in der Tiroler Landesregierung zeugen vom raschen

Fortschritt der Dokumentation. Besonders M. SCHUCH hat in zahllosen, mit modernsten geophysikalischen Methoden unterbauten Untersuchungsberichten im Auftrag dieser Landesregierung die wichtigsten Grundwasserreserven der Haupttäler in Text und Karten erfaßt, vom Lechtal (Weißbach–Reutte, 1984) über das Inntal (Silz–Stams, 1981; Wattens–Jenbach, 1982; Rattenberg–Kundl, 1977; Endach bei Kufstein–Zollhaus, 1983) zum Leutaschtal südlich des Wettersteingebirges (1984), zum Scharnitzer Becken (1982) und zur Großen Ache zwischen Erpfendorf und Kössen (1975). T. GATTINGER (1981) hat einen hydrogeologischen Bericht über das österreichische Inntal vorgelegt, LÄSSER & FEIZLMAYR (1984) haben eine Dokumentation über die Grundwasservorkommen im Unterinntal mit aller verfügbaren modernen Literatur einschließlich der einschlägigen geophysikalischen Arbeiten wie jene von K. ARIC & R. STEINHAUSER (1977) erstellt. Eine publizierte zusammenfassende Darstellung der Grundwasservorkommen Tirols in Text und Karten verdanken wir N. ANDERLE (1975 Kt.; 1978 Text mit fünf Grundwasserkarten).

Schon ein erster Überblick zeigt, daß zwar auch in diesem Bundesland die Kalkalpen einen wichtigen Lieferanten für Trinkwasser darstellen, wie etwa das Karwendelgebirge (E. ECKERT, 1977) für Innsbruck (Mühlauer Karstwasser des Muschelkalkes der Nordkette mit 700 bis 1500 l/sec. genutzt – vgl. J. ZÖTL, 1974, S. 250 f.), daß aber die ergiebigsten Grundwasserspeicher wiederum in den quartären Lockersedimenten der oft tief verschütteten Haupttäler liegen.

Als Beispiel können wir hier das Inntal herausgreifen, um diesen Typus von Speichergesteinen zu charakterisieren (T. GATTINGER, 1981 b; etc.): Im Talabschnitt zwischen Landeck und Imst wird der Inn von einem etwa 1 km breiten Grundwasserstrom begleitet, der aus den angrenzenden Kalkalpen reichlich unterirdische Zuflüsse erhält. Die Mächtigkeit der Talfüllung beträgt gegen Osten zunehmend zunächst bis 50 m, schließlich bis 100 m. Von der Ötztalmündung abwärts bis Innsbruck und Hall nimmt die Stärke der Füllung weiter zu bis auf rund 300 m. Während im Raume von Innsbruck das obere Grundwasserstockwerk mit dem Inn in Korrespondenz steht, ist eine Erneuerung des unteren, gespannten Grundwasserstockwerkes vom kalkalpinen Rahmen her gewährleistet. Die Bohrung Rum bei Hall mußte in 199 m Tiefe wegen des enormen Druckes des zuströmenden Grundwassers von über 20 at eingestellt werden. Nach geophysikalischen Untersuchungen werden in diesem Raum Mächtigkeiten der Sand-Schotter-Talfüllung bis maximal 380 m erwartet. Mehrere Schotterhorizonte sind als Grundwasserleiter in dieser mächtigen feinkörnigeren Serie eingeschaltet, die von Innsbruck nach Jenbach zieht. Innabwärts bis Wörgl nimmt die Mächtigkeit der Talfüllung wieder ab; die Bohrungen Wörgl, die in 92 m bzw. 98 m den Fels erreicht haben, liegen aber mehr randlich (K. BISTRITSCHAN, 1955, S. 82). Bei Kirchbichl, NE von Wörgl, tritt der Felsuntergrund nach seismischen Messungen erst in 135 m bis 185 m Tiefe auf. Der Abschnitt von Endach/Kufstein bis zur Staatsgrenze weist eine bis 200 m mächtige Talfüllung auf, das Relief der Oberkante des Stauers unter dem bis 30 m mächtigen obersten Grundwasserhorizont schwankt hier beträchtlich.

In Osttirol repräsentiert das Becken von Lienz den wichtigsten Grundwasserspeicher (G. PLATZER, 1968; N. ANDERLE, 1978, S. 41). Unter einer 20 bis 30 m mächtigen Kiesauflage wird Grundwasser bis aus Tiefen von 60 m entnommen. Die Mächtigkeit der Beckenfüllung ist nicht genau bekannt.

c) Kärnten. Eine zusammenfassende Darstellung der Grundwasserverhältnisse Kärntens, begleitet von einer Grundwasserkarte 1:200.000, haben H. HANSELY & N. ANDERLE (1973) vorgelegt. Kürzer und präziser ist die Darstellung bei E. FABIANI (1978, S. 49 ff.). Wesentliche, unpublizierte neue hydrogeologische Aufnahmen einzelner Talzüge und Beckenlandschaften liegen wiederum in Form von unveröffentlichten Berichten der Kärntner Landesregierung vor (vgl. Verzeichnis des Bundesmin. Land-Forstwirtsch., IV/1, 8. 1984): Hier stehen Gutachten von E. H. WEISS über die Hydrogeologie des Ossiachersee-Gebietes (1974), des Rosentales (1974), des Jauntales (1981), des Lavantals und des Lurnfelds (1977) sowie von F. KAHLER über das Gailtal (1977) und von I. ALBER über das Drautal von Spittal bis Villach (1984) hervor.

Nicht unbedeutende Grundwasservorkommen treten außer in den 10 bis 30 m mächtigen jungen diluvialen bis alluvialen Talböden der Hauptflüsse, wie Gail, Drau, Glan, Gurk etc., auch in den von Quartär erfüllten Becken des Landes auf: So wird das Villacher Becken mit einem etwa 30 m mächtigen obersten Grundwasserstockwerk von vier sich vereinigenden, nordöstlich hinziehenden Grundwasserströmen durchzogen. 120 m und 170 m tiefe Bohrungen bei Villach haben den Untergrund noch nicht erreicht. Eine Bohrung am Ossiachersee verblieb bei 165 m noch im Quartär. Im Klagenfurter Becken erreichen Quartärablagerungen bis über 200 m Mächtigkeit (Bohrung östlich vom Wörthersee). Die 280 m tiefe Bohrung Grafenstein E Klagenfurt erfaßte zuletzt (tertiäre?) Sande und Schluffe. Die eiszeitlichen Ablagerungen verhalten sich aber je nach Zusammensetzung (Schotterterrassen, Schotterdeltas, Grundmoränen mit z. T. lehmigem, undurchlässigem Material) recht verschieden. Die Sattnitzkonglomeratplatte im Süden aus Kalkschottern entwässert karstartig an Spalten, Klüften und Lösungshohlräumen zur Tiefe, sodaß an der Basis der Platte vielfach kräftige Karstquellen austreten. Das südlich des Sattnitzkonglomerates gelegene Rosental ist durch über 50 Bohrungen der Draukraftwerke-AG erschlossen: Keine der bis 100 m tiefen Bohrungen hat den Sockel unter dem Quartär erreicht. Man rechnet hier nach geophysikalischen Messungen mit Talzuschüttungen von 150 bis 250 m Mächtigkeit. Im wesentlichen lagern hier zuoberst 10 bis 30 m mächtige Schotter, darunter ebenso mächtige Sande, die ihrerseits von feinkörnigen Seeablagerungen unterteuft werden. Im Krappfeld tritt ein größeres zusammenhängendes Grundwasservorkommen in dem 40 km<sup>2</sup> großen diluvialen Terrassenschotterfeld auf. Das Lavantaler Becken führt im tertiären Anteil nur wenig ergiebige Grundwasser, während die Flußauen der Lavant selbst noch die bedeutenderen Grundwasservorkommen bergen. Die Herkunft der Wässer aus den verschiedenen Rahmenteilen dieses Beckens lassen sich am Chemismus und der Härte gut unterscheiden (H. KÜPPER & W. PRODINGER, 1955).

d) Salzburg. Eine Gesamtübersicht über die Wasservorräte im Lande Salzburg gibt ein Gutachten für die Landesregierung von H. BRANDECKER (1977/78, Überarbeitung 1985), der auch in weiteren detaillierten Studien die Hydrogeologie des Salzburger Beckens und des Lungaus dargestellt hat.

Zwei Haupttypen von Wasserreserven stehen zur Verfügung: Einerseits die Karstwässer namentlich der Kalkhochalpen, andererseits die Grundwässer der quartären Beckenfüllungen der Täler. Neue Studien zur Hydrogeologie, den Quellaus-

tritten und den Abflußverhältnissen im Karst stammen z. B. von G. VÖLKL (1977) über die Leoganger Steinberge und von B. TOUSSAINT (1971) über das Tennengebirge mit seinen 878 Quellen sowie das Lammergebiet (1978). Auch die Stadt Salzburg deckt einen wesentlichen Teil ihres Bedarfes durch Karstwasser des Untersberges mittels der Karstquelle von Fürstenbrunn mit ihrer Spende bis 400 l/sec. (J. ZÖTL, 1974, S. 249 f.).

Unter den Untersuchungen über die pleistozänen Beckenfüllungen stehen neben jenen aus der Zellersee-Furche bei Saalfelden (M. SCHUCH, 1978) vor allem die Untersuchungen im Salzburger Becken auch auf Grund ihrer praktischen Bedeutung hervor (H. BRANDECKER, 1974; H. BRANDECKER & V MAURIN, 1982). Wie bereits auf S. 255 ausgeführt, ist auch das glazial stark übertiefte Salzachquertal im Raum des Salzburger Beckens nach Abschmelzen des Eises zu Beginn des Spätglazials rasch durch mächtige detritische Serien aufgefüllt worden: In der Bohrung Vigaun bei Hallein erreicht das Quartär 338 m, nimmt aber gegen Norden hin ab, sodaß Bohrungen im Raum von Salzburg (Innsbrucker Bundesstraße: 230 m, Koglhof: 169 m) den Fels bereits früher erreicht haben. Von besonderem Interesse sind die mit den feinen Seesedimenten verzahnten groben, wassererfüllten, fossilen Deltabildungen der Flußeinmündungen, etwa der Lammer, des Torrenbaches, der Taugl, des Almflusses, die saubere Karstwässer aus dem kalkalpinen Rahmen einbringen (Abb. 110). Über die Verteilung der Hauptwasserentnahme im Salzburger Becken, die pauschal mit 4000 l/sec. bewilligt ist, gibt E. FABIANI (1978, S. 48) Übersicht.

e) Steiermark. In diesem Bundesland sind seit 1961 umfassende systematische moderne hydrogeologische Untersuchungen durch das Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführt worden, die im Mürztal begannen, im Murtal fortsetzten und sich dann auf die Karstwasservorräte des Hochschwabgebietes konzentrierten, dem heute im Generalplan der Wasserversorgung durch die Verbundwirtschaft eine besondere Bedeutung zukommt (H. ZETINIGG, 1978).

Überblick über den Gesamtrahmen der Grundwasseruntersuchungen in der Steiermark und die reiche Literatur zu diesem Thema geben die Arbeiten von J. ZÖTL (1971, 1983 b), E. FABIANI (1974; 1978, S. 57 ff.), H. ZETINIGG (1978), I. ARBEITER (1978), L. BERNHART et al. (1974) sowie die Abhandlung von H. ZETINIGG & W KASPER (1977) über die Grundwasserschongebiete. Ein Autoren- und Sachregister ist in der seit 25 Jahren bestehenden Zeitschrift „Steirische Beiträge zur Hydrogeologie“ von J. ZÖTL (1983) veröffentlicht. Ferner sind bis zum Jahre 1983 66 Bände „Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung“ des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung erschienen (Verzeichnis dort erhältlich).

Steiermark hat mit seinem Nordabschnitt Anteil an dem kalkhochalpinen Karst mit seinen Quellen, ein weiteres Karstgebiet liegt im Grazer Paläozoikum. V MAURIN & J. ZÖTL (1969, 1973) geben in Text und Karte Überblick über den Zusammenhang zwischen Hydrogeologie und Verkarstung dieser Räume, die von Westen nach Osten das Dachsteinmassiv (Untersuchungen besonders seit J. ZÖTL, 1957) – vgl. Abb. 107, das Tote Gebirge (V MAURIN & J. ZÖTL, 1964, 1967) – Abb. 74, die Gesäuseberge (W KOLLMANN, 1975, 1983), den Hochschwab (E. FABIANI, 1980, etc.) und die Schnealpe (F. BAUER, 1969; T. GATTINGER, 1973) betreffen. Im Raum des Hoch-

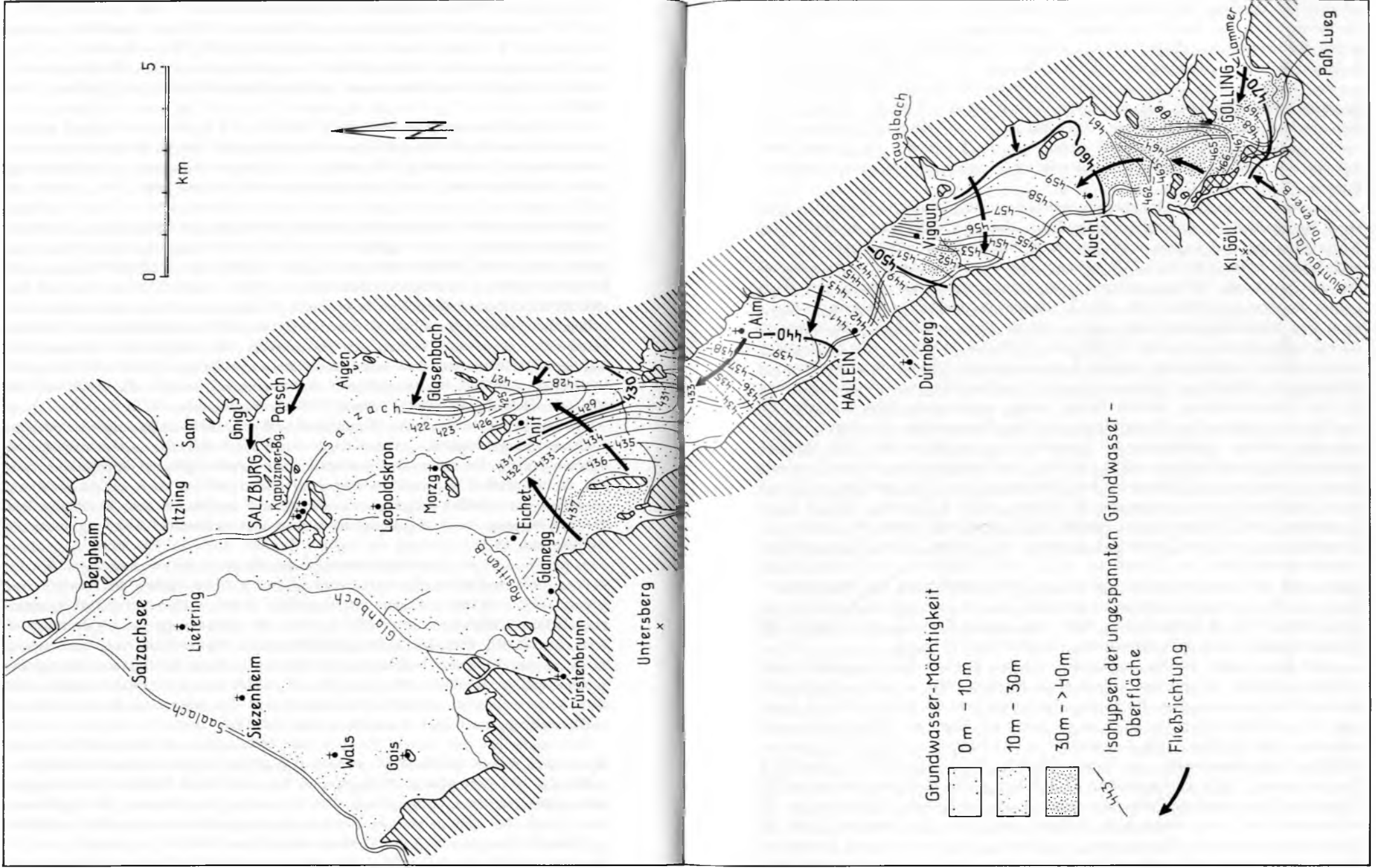


Abb. 110: Die Grundwasserverhältnisse im Salzburger Becken; nach H. Brandecker (1974, Taf. 4-5).

schwabs hat allerdings das in seinen gegen Süden hin entwässernden und bis 80 m (Seebachtal), bzw. bis über 150 m (Seeau b. Leopoldsteinersee), ja bis 200 m (Ilgental) glazial übertieften und erfüllten Tälern enthaltene Grundwasser erst heute erstrangige Bedeutung erlangt (E. FABIANI, 1978, S. 52; L. BERNHART et al., 1981). Die Hydrogeologie des Karstes des Grazer Berglandes, die Schüttungen der bedeutendsten dortigen Karstquellen und ihre geologische Bedingtheit hat V MAURIN (1960, 1961), den Abschnitt um den Schöckel speziell H. ZETINIGG et al. (1982) zur Darstellung gebracht. Auch hier sind wiederum Beckenfüllungen im Hangenden des Grazer Paläozoikums, wie jene des poljeartigen, tertiärerfüllten Passailer Beckens, von zusätzlichem Interesse (P. HACKER, 1973).

Die zweite Gruppe der Grundwasser-Speichergesteine sind die talgebundenen quartären Lockersedimente entlang der Hauptflüsse. Über die Sondersituation entlang des Ennstales mit seinen gespannten Wässern in tieferen Horizonten abwärts von Stainach-Irdning haben wir auf S. 283 berichtet. Das Hauptinteresse gilt heute natürlich den an Grundwasser reichen quartären Sedimenten in den Becken entlang des Murtales, die zwar nur 570 km<sup>2</sup>, also etwa 3,5 Prozent der Fläche der Steiermark einnehmen; ihre Bedeutung erhellt aber daraus, daß für diese Schotter eine Grundwasser-Entnahmebewilligung von rund 10.000 l/sec. (7000 für Industrie, 3000 für Gemeinden) durch die Landesbehörde vorliegt. Fast alle größeren Städte entlang der Mur von Judenburg bis Radkersburg bedienen sich der Grundwasserbrunnen im Murtal-Quartär für ihre Hauptversorgung, darüber hinaus werden angrenzende Wassermangelgebiete von hier aus versorgt. Im oberen Murtal wird das Zungenbecken der letzten Vergletscherung zwischen Niederwölz und Unzmarkt von jedenfalls über 54 m (Frojach) mächtigen Lockersedimenten erfüllt; der Rest des Zungenbeckens älterer Vereisung zwischen Judenburg und Zeltweg hat nach Bohrungen über 80 m mächtige, an Grundwasser ergiebige Schotter aufzuweisen (E. WORSCH, 1972; H. ZETINIGG, 1978, S. 115 f.; I. ARBEITER, 1980). Weiter abwärts schließt bei Kraubath und weiter bis Leoben eine Talstrecke mit z. T. 40 m mächtigen Schottern und einem 20 bis 30 m mächtigen Grundwasserstockwerk an (I. ARBEITER et al., 1976). Flußabwärts sind innerhalb der Alpen noch die Grundwässer im Quartär des Mürz-Nebenflusses von Bedeutung, an denen ja die moderne Untersuchungstätigkeit in der Steiermark eingesetzt hat (W TRONKO, 1963; H. SCHEIBENGRAF, 1966). Ihre genaue Kenntnis dient heute bereits für Maßnahmen des Grundwasserschutzes (H. ZETINIGG, 1983 a, b).

Nach dem Austritt der Mur in das Steirische Becken sind die großen Schotterfelder unterhalb des Gratkorner Beckens (A. HAUSER, 1949) ab Graz in hydrogeologischer Sicht von vorrangiger Bedeutung: das Grazer Feld (H. FLÜGEL, 1960; I. ARBEITER, 1971; L. BERNHART et al., 1973), davon durch die Enge von Wildon getrennt das Leibnitzer Feld (J. ZÖTL, 1968; L. BERNHART et al., 1973; E. FABIANI, 1973) und anschließend ab Ehrenhausen das Untere Murfeld (E. FABIANI, 1978; G. SUETTE & TH. UNTERSWEIG, 1983; H. NACHTNEBEL & J. FÜRST, 1984). Grundsätzlich nimmt die Mächtigkeit der quartären Lockersedimente in den Teilbecken flußabwärts ab. Im Stadtbereich von Graz erreichen die Schotter über dem Tegel maximal 30 m, der Grundwasserstrom ist bis 20 m mächtig. Im untersten Abschnitt zwischen Mureck und Radkersburg beträgt die Quartärmächtigkeit maximal 10 m bei Grundwassermächtigkeiten bis maximal 7 bis 10 m, sodaß im letztgenannten Raum ein kräftiger Austritt

von Grundwasser in die Mur stattfindet. Über Pumpversuche und Fördermengen aus dieser Region berichtet H. ZETINIGG (1978, S. 113 f.).

Auf die wasserwirtschaftlich weniger geeigneten Regionen der Untersteiermark beiderseits abseits vom Murtal, im Westen (L. BERNHART et al., Ber. wasserwirtsch. Rahmenplang., Bd. 30, 31, 57) und in der Oststeiermark, wo namentlich dem Feistritz-, Ilz- und Raabtal eine gewisse Bedeutung zukommt (J. ZÖTL, 1972; H. ZOJER, 1972; H. JANSCHKEK et al., 1975; K. PRZEWLOCKI, 1975; I. ARBEITER, 1978; L. BERNHART, 1978; H. FESSLER, 1978 etc.), kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden.

J. ZÖTL (1983 b) unterrichtet über die tiefen Grundwässer des Steirischen Beckens: 1. Die oberste Etage im Tertiär beinhaltet die gespannten Grundwässer, die durch rund 1500 artesische Brunnen genutzt, genauer gesagt vergeudet werden (S. 284, 365). Die wasserführenden Horizonte in diesem oberen Anteil liegen im Westen besonders in 60 bis 90 m Tiefe, sie reichen maximal bis zu Tiefen von 250 m (Fürstenfeld). 2. In der mittleren Tiefenzone schließen ab 300 m Tiefe gegen unten hin salinar geprägte, hochmineralisierte „Wasser-Lagerstätten“ an, die z. T. als Mineralwässer und Bäder genutzt werden (Bad Loipersdorf). 3. Im Untergrund des Tertiärs treten in paläozoischen Karbonaten wiederum geringer mineralisierte Tiefenwässer auf, was auf eine Verbindung zum und einen Nachfluß vom Steirischen Randgebirge hinweist. Durch die Tiefenlage und den erhöhten Wärmefluß sind sie auf etwa 60° bis 100° aufgewärmt. Hierdurch ist eine geothermale Nutzung dieser Wässer möglich, wie das Beispiel Waltersdorf seit 1982 zeigt (S. 303).

f) Oberösterreich. Eine zusammenfassende Darstellung der Hydrogeologie von Oberösterreich samt hydrogeologischer Karte 1:250.000 liegt von K. VOHRZYKA (1973) vor, der neben anderen Autoren in zahlreichen Heften des amtlichen oberösterreichischen Wassergüteatlasses vom Amt der OÖ. Landesregierung Teilregionen dieses Landes des näheren hydrogeologisch beschrieben hat. Eine Grundwasserkarte des Landes 1:100.000 hat W. LOHBERGER (1985) erstellt. Diese Karte sowie weitere zusammenfassende Berichte liegen im Bundesmin. f. Land- und Forstwirtschaft in Wien auf.

Wiederum sind es die vielfach genannten zwei Milieus, die für die Gewinnung größerer Wassermengen von Interesse sind: der kalkalpine Karst und die Grundwasservorräte der quartären Lockersedimente. Vom kalkalpinen Anteil haben besonders die Dachsteingruppe (J. ZÖTL, 1957, 1961 usf.) und das Tote Gebirge (J. ZÖTL, 1961; T. DINÇER et al., 1972; J. ZÖTL & H. BRANDECKER, 1977) eine nähere Untersuchung erfahren: Die Kalke und Dolomite dienen als Wasserleiter oder -speicher, die schieferigen Horizonte wie Haselgebirge, Werfener Schichten, Zlambach- und Liasfleckenmergel sowie Neokom und Gosau als Wasserstauer. Eine nicht vorhersehbare verwirrende Wasserwegsamkeit (Abb. 74, 107), ein rascher Durchsatz (im Dachsteinstock 8,4 km in 6 Tagen), die Bewältigung weiter unterirdischer Strecken (im Dachsteinstock 17 km), keine Filterung der bakteriellen Verunreinigungen und der Austritt bei starker Schwankung der Schüttungen vorwiegend in den Talböden (Schüttungen bis 500 l/sec.) ist für diesen Typus von Karst bezeichnend.

Unter den für die Grundwasserführung maßgebenden quartären Aufschüttungen Oberösterreichs sind hervorzuheben: Das Eferdinger Becken an der Donau, in dem über dem Schlieruntergrund Jüngstpleistozän und Alluvium mit einer



Mächtigkeit von maximal 17 m im Westen und von 12 m im Osten auflagert und das einen rund 10 m mächtigen Grundwasserkörper enthält, der in spitzem Winkel in Richtung Donau strömt. Es folgt donauabwärts das Urfahrer Becken, aus dem – neben Brunnen im Alluvium der Pleschinger Au – Linz seinen Wasserbedarf deckt, dann das Machland SE von Perg mit seinem 15 bis 20 m mächtigen Schotterkörper der Niederterrasse über dem Schlieruntergrund und einem Grundwasserstrom von Norden gegen Süden, der dann nach Osten einschwenkt und südlich von Perg einen hohen Eisengehalt führt. Die Grundwasserfelder entlang der Donau werden heute allerdings durch den Ausbau der Staustufen der Donau beeinträchtigt (E. FABIANT, 1978, S. 55).

Im Alpenvorland sind besonders die gelegentlich über 100 m mächtigen Schotterrinne im Schlieruntergrund des Vöckla-Ager-Traun-Abschnittes von Interesse, die wertvolle Grundwasserkörper von 20 bis 30 m, ja 60 m Mächtigkeit enthalten (H. FLÖGL, 1970); sie sehen teils nach Eisumfließungsrinnen, teils nach Abflußrinnen aus. Die Welser Heide entlang der unteren Traun (K. VOHRZYKA, 1973, Abb. 6, S. 48 ff.) führt in geringer Tiefe einen wirtschaftlich wertvollen, maximal 8 m mächtigen Grundwasserstrom mit Strömungsgeschwindigkeiten von 11 bis 25 m und Spitzen von 100 m/Tag. Die Traun-Enns-Platte hingegen mit ihren verschiedenartigen und zertalten eiszeitlichen Sedimenten läßt im Süden nach Austritt der Gerinne aus dem Moränengebiet eine Zone der Versickerung erkennen, während talabwärts eine Zone der Quellen in Erscheinung tritt, die teils an der Verschnittlinie der Talflanken zum Grundwasserspiegel, teilweise an der Schlieroberkante liegt. Quellen mit Schütungen von 80 bis 100 l/sec. in solcher Position sind für die Stadt Wels gefaßt und werden im Raum Kremsmünster gerade erschlossen.

Welche Bedeutung allerdings die in jüngster Vergangenheit so stark zunehmende chemische Belastung und Verschmutzung gerade solcher Gewässer wie Ager, Traun, Krems usf. durch die Industrie für die Grundwasserströme hat, ergibt sich aus dem zuvor Gesagten von selbst. Die in vier Stufen ausgedrückte Wassergüte dieser Flüsse (I = sehr gut, IV = stark verschmutzt, biologisch tot) liegt (1982) bei der Traun bei II bis III, bei der Krems bei III bis IV (vgl. S. 361) – Abb. 133.

g) Niederösterreich und Wien. Niederösterreich verfügt als ein Gebiet geringer eiszeitlicher Vergletscherung nur in untergeordnetem Maß über fluvioglaziale, an Grundwasser reiche Sedimente: Sie sind auf die Säume der Donau und auf die 150 m tief von jungpleistozänen Schottern erfüllte Senke von Mitterndorf im Wiener Becken beschränkt. Hinzu kommen noch die kalkalpinen Karstquellen, die ja seit der klassischen Ära für die Wiener Trinkwasserversorgung genutzt werden, welche letztere heute aber zu 20 Prozent durch Uferfiltrate der Donau aus den Wasserwerken Nußdorf, Prager Straße und Lobau ergänzt wird. Die übrigen Talfüllungen, die Sand- und Schotterhorizonte innerhalb des Tertiärs, verschiedene Quelltypen im zentralalpinen Anteil des Semmeringgebietes u. a. tragen nur zur lokalen Wasserversorgung bei.

Wenden wir uns zunächst den Hauptgrundwasserspeichern an der Donau zu, dem Tullnerfeld und dem Marchfeld. Die moderne hydrogeologische Analyse des Tullnerfeldes durch M. SCHUCH (1973) hat gezeigt, daß im Bereich der Donaustromebene zwischen Krems und Stockerau nahe der Wiener Pforte die Mächtigkeit des Grundwasserleiters von wenigen Metern südlich der Donau bis auf maximal 12 m

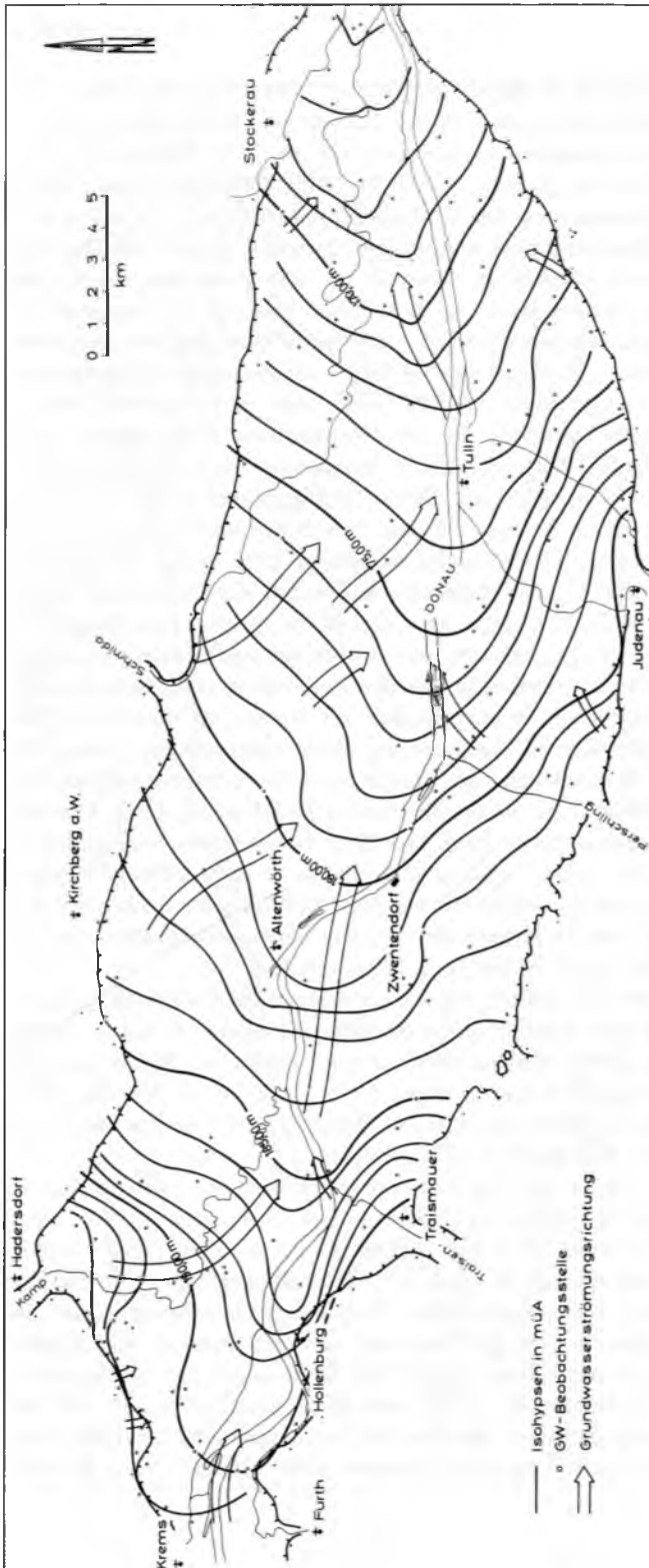


Abb. 111: Grundwasserschichtenplan und -strömung im Tullner Feld; nach M. SCHUCH (1973, Taf. 2).

(SW Stockerau) bzw. 18 m (S Hadersdorf/Kamp) anwächst. Der Grundwasserstrom pendelt zunächst südlich, dann nördlich der Donau, um zuletzt schräg unter der Donau nach Nordosten an Stockerau vorbeizuziehen (Abb. 111). Ebenso wie das Tullnerfeld birgt das Marchfeld (J. FINK, 1977) wertvolle Grundwasserreserven, die aber durch die intensive Bewässerung der Kulturlächen bereits arg strapaziert sind, sodaß eine künstliche Anreicherung durch einen Marchfeldkanal geplant ist. Die Mächtigkeit des grundwasserleitenden Kiesköpers schwankt im Marchfeld dank dreier jungtektonischer, NE-streichender Senken stark (vgl. S. 227 und Abb. 80) – M. SCHUCH (1977).

In der hydrogeologischen Situation des südlichen Wiener Beckens sind zwei Fakten von besonderem Interesse: Zunächst der mächtige jungpleistozäne Grundwassertrog der Mitterndorfer Senke, hoch empor erfüllt mit geschmacklich hochwertigem Grundwasser kalkalpiner Herkunft, der im Neunkirchner Schotterkegel wurzelt und von Wiener Neustadt über Mitterndorf und Moosbrunn nach Nordosten in Richtung Fischamend zieht. Die Einspeisung in diesen Trog geschieht nicht nur durch Grundwasser, sondern auch durch kräftige Abgabe von Schwarza-Flußwasser im Abschnitt Schwarzau E Neunkirchen. Der Grundwasserspiegel weist gegen Nordosten hin ein geringeres Gefälle als die Geländeoberfläche auf, sodaß der im Bereich Wiener Neustadt noch tief liegende Wasserspiegel am Ostrand des Wiener Neustädter Schotterkegels in Form der Fische-Dagnitz-Quelle bereits obertage austritt. Die überregionale Bedeutung dieses Grundwassertroges geht aus der Versorgung einer bedeutenden Anzahl von Gemeinden im südlichen Wiener Becken bis Baden, im nördlichen Burgenland und nun, durch die III. Wiener Wasserleitung ab Moosbrunn, auch eines Teiles von Wien hervor. Daher ist die langlebige Verseuchung des Nordteiles dieses Grundwasserstromes an seiner Wurzel im Raum Ternitz bis Bad Fischau durch Perchloräthylen im Frühjahr 1982 besonders verwerflich. Der Grundwasserstrom bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von nur 3 bis 7 m/Tag, d. h. im Mittel etwa 2 km/Jahr, gegen Nordosten. Über den heutigen Kenntnisstand von der Mitterndorfer Senke, der durch Forschungen von J. STINY über H. KÜPPER bis zu J. REITINGER und W. PROHASKA (1983) erzielt worden ist, wurde bereits in Bd. II, S. 529 f. referiert.

Auch betreffs des zweiten Themas, das wie ein roter Faden die Erforschung der Hydrogeologie des Wiener Becken durchzieht, die randliche *Thermelinie* im Osten und besonders im Westen mit den berühmten Thermen von Bad Fischau, Bad Vöslau, Baden etc., hat sich seit 1735 eine spezielle Literatur über J. STINY (1953) und M. VENDEL (1963) bis zur überraschenden Lösung des Problems durch G. WESSELY (1983) und zu M. SCHUCH (1984) entwickelt – vgl. S. 303 f. und Bd. II, S. 527 f., Abb. 241.

Die Karstwässer der Niederösterreichisch-Steirischen Kalkalpen, über die in letzter Zeit F. BAUER (1969) und T. GATTINGER (1973: Schnealpe); N. FENZL (1977: Hohe Wand, Fischauer Berge); D. RANK et al. (1982) und R. SPENDINGWIMMER (1984: Ötscherland); H. NAGL (1970: Göstlinger Alpen); R. PAVUZA (1983) und H. TRAINDL (1983: Kalkvoralpen von Waidhofen/Ybbs-Weyer) neue Daten erbracht haben, versorgen die Stadt Wien mit den Karstquellen der Rax und der Schnealpe durch die rund 100 km lange, 200 Millionen l/Tag bringende I. Wiener Hochquellenleitung (A. DRENNING, 1973) aus dem Jahre 1873 und mit jenen der Nordseite des Hochschwabs durch die über 200 km lange, 1900 bis 1910 erbaute, 100 Millionen l/Tag fördernde II. Leitung (F. TRAUTH, 1948). Hinzu kommt für Wien noch



die Grundwasserversorgung aus der bei Moosbrunn im Mitterndorfer Trog des Wiener Beckens installierten III. Leitung mit erhofften 400 l/sec. und schließlich auch bereits durch Donauwasser-Uferfiltrat – künftig womöglich noch von der Donauinsel – mit all seinen Nachteilen (H. FRISCHHERZ, 1979; R. LEINER, 1981), was die weise Ära von E. SUESS zu vermeiden wußte – Abb. 112.

Der lokale Wasserbedarf in den übrigen Abschnitten des Landes wird allgemein aus den mäßigen Reserven der Talfüllungen gedeckt, wobei die Kalkalpen (Ybbs, Erlaf, Traisen etc.) und Zentralalpen (Pittental – F. HABART, 1978) noch günstigere Bedingungen aufweisen als weite Teile des Wein- und Waldviertels oder des Flysch-Wienerwaldes, die man abschnittsweise sogar an ein Fernleitungsnetz aus dem Tullnerfeld anzuschließen gedenkt.

Einen Überblick über die Hydrogeologie von Wien hat F. BRIX (1972) gegeben.

h) **Burgenland.** Weite Teile des Burgenlandes sind durch Fehlen von fluvioglazialen grundwasserträchtigen Schotterfächern im niederschlagsarmen pannonischen Trockengebiet am Alpenostrand sehr benachteiligt. Noch relativ günstig liegen die Verhältnisse im nördlichen Abschnitt des Landes mit dem Durchzug eines oberpliozänen-altpleistozänen verschütteten Donaulaufes, der von Petronell gegen SE führt (J. FINK, 1966, Taf. 1 bis 2). Die Grundwässer aus den alt- bis jungpleistozänen Schottern der Parndorfer Platte ziehen gegen Südosten und daher z. T. zum Neusiedlersee-Becken, z. T. zur Leitha hin. Das Seebecken erhält sogar Wasser aus dem tiefen Untergrund des Wulkabeckens, die in klastischen Lagen des Jungtertiärs gegen Osten absinken, durch die Wulkapforte bei Schützen durchtreten und an den Westrandstörungen des Neusiedler Sees hochkommen (A. TAUBER, 1959 d, 1965; T. GATTINGER, 1975, Taf. 4 und S. 338) – Bd. II, S. 551 f. samt einschlägiger Literatur (H. SCHMID, A. TAUBER etc.) sowie V. RAJNER & D. RANK (1981) – Abb. 113.

Eine besondere Überraschung brachten die Untersuchungen von D. RANK et al. (1982, 1984) und F. BOROVIČENY et al. (1983), die Altersbestimmungen des Grundwassers im Seewinkel vornahmen: Bereits das ganz seicht unter der Oberfläche liegende Grundwasser weist ein Radiokarbonalter von 28.000 Jahren auf, stammt also aus der letzten Eiszeit! Daß auch hier jede Verunreinigung dieses stagnierenden hochstehenden Grundwassers Schäden auf lange Sicht bewirken würde, ergibt sich daraus zwingend, ebenso wie hier keine nennenswerte Entnahme von Wasser möglich wäre.

Der Wasserbedarf der Orte am Südhang des Leithagebirges und von Teilen des Eisenstädter Beckens kann nur durch eine Ringleitung gestillt werden, die neben den randlichen Quellaustritten am Gebirgsfuß (H. KÜPPER, W. PRODINGER et al., 1955) vor allem durch Wasser aus der Mitterndorfer Senke beschickt wird.

Zur Verbesserung der Situation in den Wassermangelgebieten im mittleren (H. KÜPPER, 1957 a, S. 52 ff., Abb. 3) und im südlichen Burgenland werden neuerdings kräftige Anstrengungen unternommen (P. HACKER & W. KOLLMANN, 1981; W. KOLLMANN, 1984).

Eine generelle Erkundung der Wasservorräte des Burgenlandes erfolgte durch H. NOVAK (1976).

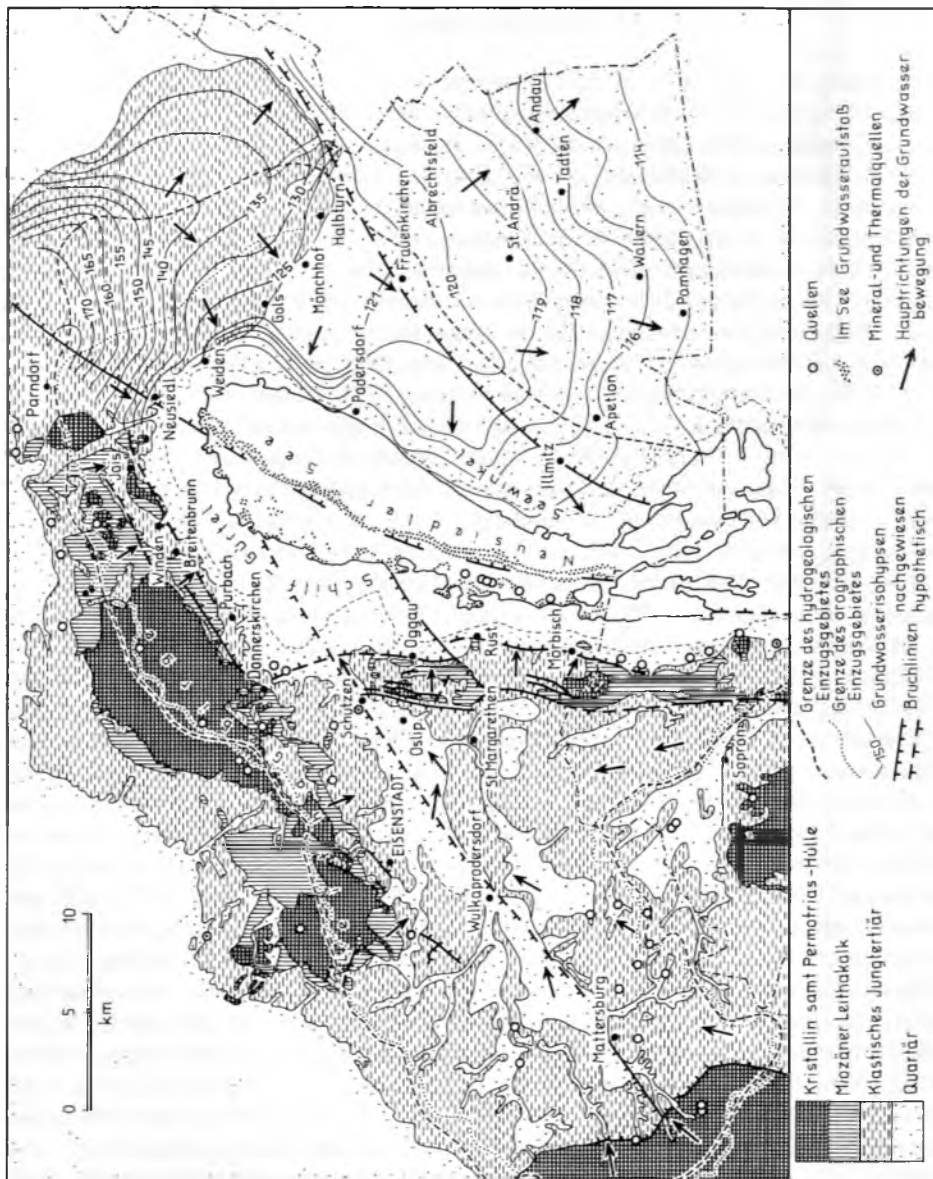


Abb. 113: Das Grundwassereinzugsgebiet des Neusiedler Sees; nach T. GATTINGER (1975, Taf. 1). Die „Kochbrunnen“ im Neusiedler See werden heute nicht mehr durch Grundwasseraufstoß bzw. Quellaustritte erklärt, sondern gehen nach D. RANK (1985, S. 3) bloß auf den Austritt von Methangasen zurück.

## 8. Literatur

- N. ANDERLE, 1969, 1975, 1978; I. ARBEITER, 1971, 1978, 1980; I. ARBEITER, H. ERTL et al., 1976; K. ARIC & P. STEINHAUSER, 1977; M. BAMBERGER & K. KRÜSE, 1907 bis 1914; F. BAUER, 1969, 1970, 1978, 1979; F. BAUER & J. ZÖTL, 1972; L. BERNHART, 1978; L. BERNHART, E. FABIANI et al., 1974; L. BERNHART, E. HÜBL et al., 1981; L. BERNHART, W. KÜSSEL et al., 1981; L. BERNHART, H. ZETINIGG et al., 1972, 1973 a, b; H. BERTSCHINGER et al., 1978; K. BISTRITSCHAN, 1952, 1955, 1956; F. BOROVICZENY et al., 1983; H. BRANDECKER, 1974; H. BRANDECKER & V MAURIN, 1982; F. BRIX, 1972, 1974; W. CARLÉ, 1975; O. CORAZZA, 1902; G. DAVIS & T. GATTINGER, 1968; G. DAVIS et al., 1968; M. DECHANT et al., 1958; K. DIEM, 1914; J. DIETMANN, 1735; T. DINÇER et al., 1972; A. DRENNING, 1973; W DROST et al., 1972; R. ECKART, 1977; E. FABIANI, 1973, 1978 a, b, 1980; N. FENZL, 1977; H. FESSLER, 1978; J. FINK, 1966, 1977; J. FINK & H. NAGL, 1979; H. FLÖGL, 1970; H. FLÜGEL, 1960 c; H. FRISCHHERZ, 1979; V FRITSCH & A. TAUBER, 1959; T. GATTINGER & H. PRAZEN, 1968; H. GRUBINGER, 1951; F. HABART, 1978, 1980; P. HACKER, 1973; P. HACKER & W. KOLLMANN, 1981; P. HACKER & H. ZETINIGG, 1981; H. HANSLEY & N. ANDERLE, 1973; A. HAUSER, 1949; A. HAUSER & A. THURNER, 1954; W HUF, 1963; J. v. JACQUIN, 1831; H. JANSCHKEK et al., 1975; C. JOB & J. ZÖTL, 1969; F. KAHLER, 1978, 1983 b; H. KARRENBURG, 1970; J. KNETT, 1928; M. KOBEL & R. HANTKE, 1979; A. KOCH, 1907; W KOLLMANN, 1975, 1981, 1983, 1984; M. KRÁLIK & M. SAGER, 1986; L. KRASSER, 1956; W KRESSER, 1982; K. KRÜSE, 1926; H. KÜPPER, 1954, 1955 a, 1957 b, 1961, 1962 c, 1966, 1968, 1977 a, b, 1981; H. KÜPPER & W PRODINGER, 1955; H. KÜPPER, W. PRODINGER & R. WEINHANDL, 1955, 1961; H. KÜPPER & I. WIESBÖCK, 1966; LÄSSER & FEIZLMAYR, 1984; R. LEINER, 1981; H. LOACKER, 1971; W LOHBERGER, 1985; R. LORENZ, 1953; J. MAIRHOFER, 1963; W MARKTL, 1985; R. MATTHES, 1973, 1983; V MAURIN, 1960, 1961, 1964; V MAURIN & J. ZÖTL, 1967, 1969, 1973; V MAURIN, J. ZÖTL et al., 1959; H. NACHTNEBEL & J. FÜRST, 1984; H. NAGL, 1970, 1983; H. NAGL & S. VERGINIS, 1979; H. NOVAK, 1976; A. NOVAK, 1852; W NUSSBAUMER & D. RANK, 1979; R. OBERHAUSER, 1970 a; ÖSTERR. WASSERWIRTSCH., 1983; R. PAVUZA, 1983; R. PAVUZA & H. TRAINDL, 1983, 1985; G. PLATZER, 1968; M. PLATZL, 1960; W PROHASKA, 1983; K. PRZEWLOCKI, 1975; D. RANK, 1985; D. RANK et al., 1982, 1984; D. RANK, R. SPENDLINGWIMMER et al., 1982; V RAJNER & D. RANK, 1981; J. REITINGER et al., 1973; W RICHTER & W LILICH, 1975; O. SCHAUBERGER, 1979 b; H. SCHEIBENGRAF, 1966; HANN S CHMID, 1968 b, 1970, 1972, 1977; A. SCHMÖLZER, 1955; E. SCHROLL, 1973; M. SCHUCH, 1973, 1975, 1977 a, b, 1978, 1981, 1982 a, b, 1983, 1984 a, b, c; P. SLEZAK, 1975, 1976; R. SPENDLINGWIMMER, 1984; P. STARCK, 1970, 1977; H. STEINHÄUSSER, 1968; J. STINI, 1952, 1954; J. STINY, 1933; E. SUSS, 1862 a; ERH. SUSS, 1916; G. SUEITE & TH. UNTERSWEIG, 1983; A. TAUBER, 1959 a, d, 1965; A. THURNER, 1965, 1967, 1972, 1974; B. TOUSSAINT, 1971, 1978; H. TRAINDL, 1983; F. TRAUTH, 1948; W TRONKO, 1963; M. VENDEL, 1963; K. VOHRZYKA, 1973; G. VÖLKL, 1977; G. WALLACH & F. WEBER, 1977; V WALLNER et al., 1985; F. WEBER, 1975; G. WESSELY, 1983; I. WIESBÖCK, 1966; E. WORSCH, 1972; J. ZEHETNER, 1893; H. ZETINIGG, 1973, 1978, 1982, 1983 a, b; H. ZETINIGG, W GRIESSLER et al., 1982; H. ZETINIGG & W KASPER, 1977; H. ZOJER, 1972, 1977, 1978, 1980; J. ZÖTL, 1957, 1961, 1968, 1971–1974, 1983 a, b; J. ZÖTL & H. BRANDECKER, 1977.