

5.2. Hydrogeologie

Von TRAUGOTT ERICH GATTINGER

Mit den Abbildungen 159 und 160

5.2.1. Überblick

Die Hydrogeologie Österreichs ist charakterisiert durch die Vielfalt der geologischen Gegebenheiten, die für die Beziehungen zwischen Wasser und Gestein bestimend sind. Dazu kommen, von nicht geringerer Bedeutung, die ebenfalls sehr differenzierten meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse.

Ebenso wie die Fähigkeiten der im Bundesgebiet vorkommenden Gesteine zu Einspeisung, Weiterleitung und Speicherung von Wasser in weiten Grenzen schwanken, variieren auch die Werte der Niederschläge, des Oberflächenabflusses und der Evapotranspiration in großen Spannweiten.

Zur Verdeutlichung seien bereits eingangs einige der unterschiedlichen Werte angeführt:

Während in Becken mit quartären Sand-Kies-Füllungen, wie z. B. im Südlichen Wiener Becken, im Tullnerfeld, in der Welser Heide, im Grazerfeld, im Salzburger Becken oder im Inntal bei Innsbruck Infiltrationsgeschwindigkeiten von 2000 mm/Tag herrschen, betragen die Infiltrationsgeschwindigkeiten in Gebieten tertiärer Tonvorkommen, z. B. des Weinviertels, nur wenige Millimeter/Tag.

Die Fließgeschwindigkeiten von unterirdischen Wässern liegen in der Spanne von wenigen cm/Tag in feinsandigen Aquifern der Molassezone bis zu mehreren km/Tag in den Karstgebieten des Dachstein-, des Schneeberg-, Rax- oder des Hochschwabmassivs.

Die jährliche Niederschlagshöhe beträgt in den hochalpinen Regionen der westlichen Bundesländer 2500 bis 3000 mm, im Nordosten und

Osten des Bundesgebietes hingegen nur 500 bis 600 mm.

Aus der Gegenüberstellung dieser wenigen Werte wird bereits deutlich, daß sich die Gesamtdarstellung der Hydrogeologie Österreichs zwangsläufig aus Einzeldarstellungen jener Zonen und Gebiete ergibt, für welche die wesentlichsten der naturgegebenen Voraussetzungen wenigstens im großen und ganzen übereinstimmen, wobei für die hydrogeologische Betrachtungsweise die geologischen Gemeinsamkeiten im Vordergrund stehen.

Die hydrogeologische Gliederung unseres Landes steht somit in direkter Beziehung zu seiner geologischen Zonierung, allerdings mit einer gewissen Großzügigkeit, da manche geologischen Differenzierungen für das Verhältnis von Wasser und Gestein von untergeordneter Bedeutung sind. Daraus ergeben sich Möglichkeiten der Zusammenfassung und der zulässigen Vereinfachung, die für eine kurze Darstellung wie die vorliegende unumgänglich notwendig sind.

Die nachfolgend zu beschreibenden hydrogeologischen Landschaften Österreichs sind:

- das Kristallingebiet der Böhmischem Masse
- die Molassezone des Alpenvorlandes und das Gebiet zwischen Böhmischer Masse und Waschbergzone
- die Flyschzone
- die Nördlichen Kalkalpen
- die Grauwackenzone
- die Zentralzone
- das südliche Kalkgebirge
- die inneralpinen Tal- und Beckengebiete und das Wiener Becken.

5.2.2. Die Hydrogeologischen Landschaften

5.2.2.1. Das Kristallingebiet der Böhmischem Masse

Dieses Gebiet umfaßt im wesentlichen den Bereich nördlich der Donau mit dem Mühlviertel und Waldviertel; seine Ausläufer überschreiten

aber den Strom im Westen mit dem Sauwald und im Osten mit dem Dunkelsteiner Wald.

Die Täler liegen zwischen 450 m und 600 m

N.N., die Berge um 1000 m. Der Anteil der Böhmischen Masse, etwa 11% des Bundesgebietes (H. KÜPPER, 1965), gehört zu den niederschlagsarmen Zonen Österreichs. Im Westen liegen die Niederschlagshöhen zwischen 700 und 1250 mm im Jahresdurchschnitt, im Osten zwischen weniger als 600 und 1000 mm.

Geologisch besteht das Gebiet überwiegend aus Graniten und Gneisen in zahlreichen Varianten sowie untergeordnet aus kristallinen Schiefern und eingeschalteten Marmorzügen.

Da die genannten Festgesteine an und für sich undurchlässig sind, beschränkt sich die Grundwasserbildung auf die oberflächennahen aufgelockerten Verwitterungszonen sowie auf die offenen Gesteinsklüfte und die durch tektonische Bewegungen zerbrochenen Gesteinszonen, sofern diese nicht durch Gesteinszerreißsel abgedichtet erscheinen.

Tertiäre Beckenbildungen und quartäre Lokersedimente sind im Vergleich mit der Größe des Kristallingebietes von geringer Ausdehnung, aber für die Grundwasserbildung in dieser ansonsten grundwasserarmen Region von Bedeutung. Die über 50 m mächtigen Sande des Gallneukirchner Beckens, des Freistädter und des Kefermarkter Tertiärs bilden die Aquifere für die Wasserversorgung der genannten Orte.

Die Verwitterungszonen der Kristallingesteine reichen nur gelegentlich in größere Tiefen. Im allgemeinen liegt ihre Mächtigkeit bei maximal 10 m. Der Anteil an Feinbestandteilen, wie z. B. kaolinisiertem Feldspat, beschränkt häufig die Durchlässigkeit des Verwitterungsmaterials auf Werte, wie sie für Sand-Schluff-Gemische zutreffen. Die daraus resultierenden kleinen Fließraten bewirken, daß die Ergiebigkeiten von Brunnen gering sind und meist gerade für Einzelversorgungen hinreichen.

Die Bildung von Kluftgrundwasser ist außer durch die Niederschlags- und Infiltrationswerte auch dadurch begrenzt, daß die meisten offenen Klüfte nur bis in Tiefen von 20 bis 30 m reichen und z. T. durch Verwitterungsmaterial von oben her abgedichtet sind, sodaß Kluftgrundwasser allgemein für die Versorgung ebenfalls nur von lokaler und beschränkter Bedeutung ist.

Zuweilen kommt es in tektonischen Störungszonen oder in Quarziten, welche in kristalline Schiefer eingeschaltet sind, durch Zerbrechung und Auflockerung der Gesteine zu beachtlichen Wasserwegsamkeiten und damit zur Ausbildung ergiebigerer Quellvorkommen.

Beispiele dafür sind die Quellengebiete von Trautwald und Sulzberg nordöstlich bzw. nordwestlich von Aigen im Mühlviertel, die zusammen eine Schüttung von über 30 l/sec. besitzen

und für die Fernwasserversorgung Oberes Mühlviertel genutzt werden (K. VOHRYZKA, 1973).

Quellaustritte von kleinerer, aber im Vergleich zu den Kristallquellen immerhin beachtenswerter Ergiebigkeit treten zuweilen auch im Anschluß an Marmorzüge im Bereich des östlichen Waldviertels auf.

Entsprechend der relativ geringen Löslichkeit der Hauptgesteinsarten und den zumeist verhältnismäßig kurzen Einzugswegen sind die Grundwässer im Kristallingebiet der Böhmischen Masse allgemein nur mäßig mineralisiert. Es handelt sich um weiche bis sehr weiche Silikat-Sulfat-Karbonatwässer. Ihre Gesamthärte beträgt zuweilen unter 1 dH°, meistens jedoch zwischen 2 und 5 dH°. Die Wässer gehören vorwiegend mit pH-Werten unter 7 dem sauren Bereich an. Diesem Umstand ist der häufig verhältnismäßig hohe Anteil von Eisen an den gelösten Stoffen zuzuschreiben, zumal eisenführende Gesteine, wie Weinsberger Granit (2–3% FeO) oder Perlgneis (5% FeO), weite Verbreitung zeigen (K. VOHRYZKA, 1973).

5.2.2.2. Die Molassezone des Alpenvorlandes und das Gebiet zwischen Böhmischer Masse und Waschbergzone

Etwa 10% des Gebietes von Österreich werden von der Molassezone des Alpenvorlandes eingenommen (H. KÜPPER, 1965). Ihr flachwelliges Hügelland, dessen durchschnittliche Seehöhe von 400 m im Westen auf 200 m im Osten absinkt, liegt zwischen der Böhmischen Masse im Norden und der Flyschzone im Süden und erstreckt sich von Salzach und Inn im Westen bis zur Thaya im Nordosten.

Die durchschnittlichen Niederschlagswerte liegen um 600 bis 700 mm im Raum St. Pölten – Tulln und im Weinviertel und erreichen 1250 mm am Südrand gegen die Flyschzone zu.

Die Gesteine, welche die Molassezone aufbauen, gehören im wesentlichen dem Tertiär an. Sie zeigen einen vielfältigen Wechsel zwischen primär durchlässigem und undurchlässigem Material, in welchem häufig sekundäre Wasserwegsamkeiten durch Klüftung vorhanden sind.

Verschiedentlich wurde durch Tiefbohrungen die Unterlage des Tertiärs, autochthones Paläozoikum und Mesozoikum, auf dem Kristallinsessel der Böhmischen Masse aufgeschlossen.

Als Aquifere kommen in der Molassezone vor allem die sandigen Basisbildungen der jeweiligen Tertiärschichtfolge, wie Linzer Sande und Melker Sande (Eger), und die in wasserundurchlässige Tonmergel (Schlier) eingelagerten Sandhori-

Hydrogeologische Einheiten:	Großräumige hydrogeologische Voraussetzungen für die Bildung von Grundwasservorkommen.		
	günstig:	mäßig:	ungünstig:
Quartäre Tal- und Beckenfüllungen, überwiegend Schotter und Sande	Grundwasserbildung in Schottern u. Sanden mit großem Porenvolumen u. guter Durchlässigkeit; z. T. sehr ergiebige Vorkommen		
Tertiäre Beckenfüllungen, überwiegend Tone und Sande			Grundwasserbildung auf Vorkommen von Schotter- und Sandeinlagerungen sowie auf Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen) beschränkt
Sandsteine und Schiefer der Flyschzone			Stark eingeschränkte lokale Grundwasserbildung in Auflockerungszonen (Verwitterung, Kluftung)
Ausgedehnte Vorkommen von Karbonatgesteinen in der Flyschzone	Grundwasserbildung in Karsthohlräumen und in Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen)		
Kalkalpine Gesteine (überwiegend Kalke und Dolomite) der Nördlichen Kalkalpen, der Gailtaler Alpen und der Karawanken	Grundwasserbildung in Karsthohlräumen und in Auflockerungszonen z. T. sehr ergiebige Vorkommen		
Mesozoische Kalke, Dolomite und Schiefer der Zentralzone			Grundwasserbildung auf Vorkommen von verkarsteten Kalken und Dolomiten sowie auf Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen) beschränkt
Paläozoische Schiefer u. Phyllite der Grauwackenzone, Innsbrucker Quarzphyllit, Ennstaler Phyllit; Schiefer u. Phyllite der Zentralzone u. der Karnischen Alpen			Eingeschränkte Grundwasserbildung in Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen, Schieferungsfugen)
Paläozoische Kalke und Dolomite der Grauwackenzone, des Murauer und Grazer Paläozökums und der Karnischen Alpen	Grundwasserbildung in Karsthohlräumen und in Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen)		
Kristallin der Zentralzone (überwiegend Glimmerschiefer und Gneise)			Eingeschränkte Grundwasserbildung in Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen Schieferungsfugen)
Kristallin der Böhmischen Masse (Granite und Kristalline Schiefer)			Stark eingeschränkte Grundwasserbildung in Auflockerungszonen (Verwitterungs-, Kluft- und Störungszonen, Schieferungsfugen)

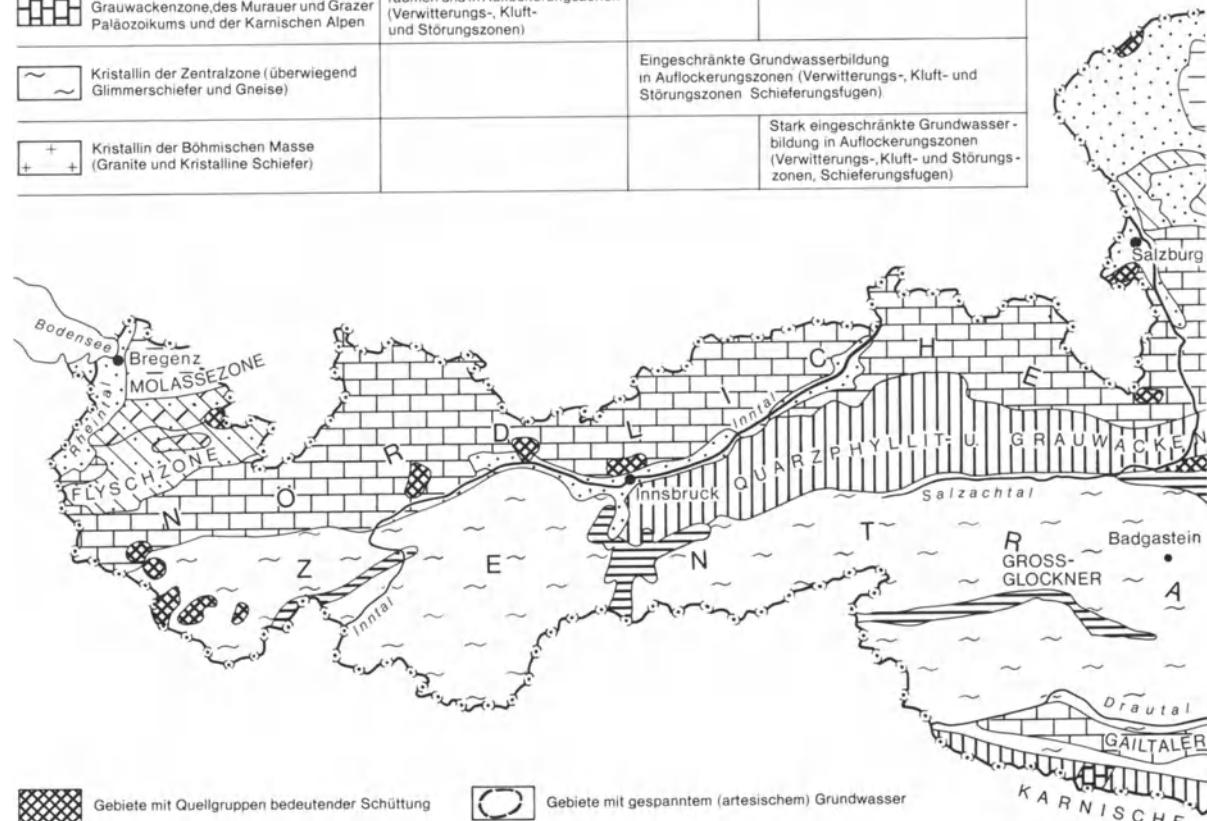
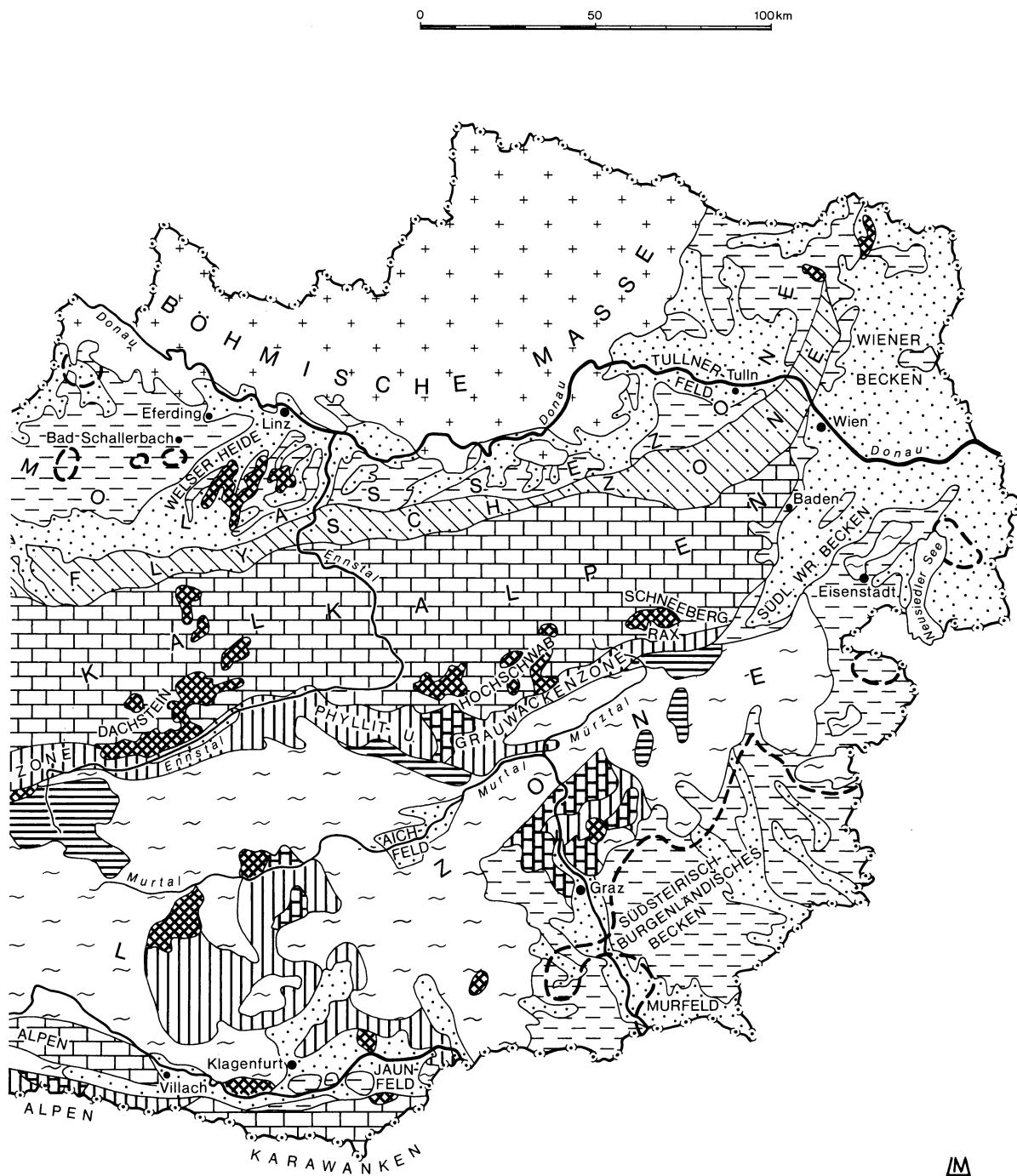


Abb. 159. Hydrogeologische Einheiten Österreichs

Hydrogeologische Einheiten Österreichs

Entwurf T. GATTINGER 1979



zonte in Betracht, z. B. die Atzbacher, Mehrnbacher und Treubacher Sande (Ottnangien, Innviertler Serie) und der „Sandstreifenschlier“ in Niederösterreich.

Während die Basissande und die genannten Sande der Innviertler Serie mit Durchlässigkeitsziffern im Bereich von 10^{-3} bis 10^{-5} m/sec gute Aquifere darstellen (K. VOHRYZKA, 1973), liegen die Durchlässigkeitswerte der in den Tonmergelgängen des Schliers eingelagerten Feinsande wesentlich ungünstiger. Dementsprechend unterscheiden sich auch die Ergiebigkeiten von Versorgungsanlagen, wobei die Größe des jeweiligen Einzugsgebietes, das im wesentlichen mit der Fläche des oberflächlich ausstreichenden Aquifers identisch ist, eine wesentliche Rolle spielt. Immerhin kann das Grundwasserdargebot dieser Schichten für kommunale Versorgungsanlagen von Gemeinden bis zur Größe von Kleinstädten hinreichend sein.

Von nur lokaler Bedeutung wegen ihrer geringen Ergiebigkeit sind zumeist die Kluftwässer, die in den Tonmergelserien (Schlier) der Molassezone vorkommen. Sie werden häufig nur aus eng begrenzten Einzugsgebieten gespeist und eignen sich trotz gelegentlich bis zu 30 m tief angelegten Brunnen lediglich für Hausversorgungsanlagen.

Fallweise treten in der Molassezone gebietsweise geschart artesische Wässer in verschiedenen Tiefen auf. Solche Gebiete befinden sich z. B. in der Umgebung von Ried im Innkreis und im Eferdinger Becken. Besonders im Innviertel stammen die artesischen Wässer zum Teil aus beachtlichen Tiefen, wie etwa jene der Molkerei Ried i. I. (300 m) und in Anetsham (480 m). Die oftmals ergiebigen artesischen Wässer (Rainbach östlich Schärding: über 30 l/sec. bei 15 m Steighöhe ü. G.) treten zum Teil in einwandfreier Trinkwasserqualität auf, zum Teil sind sie jedoch so stark mineralisiert, daß sie sich nicht für den menschlichen Genuss eignen, wie beispielsweise jenes bei Oberteufenbach (südlich Schärding), das einen hohen Gehalt an Speisesoda aufweist (K. VOHRYZKA, 1973).

Im allgemeinen handelt es sich bei dem aus den Molasseschichten erschrockten Grundwasser um Karbonatwässer von mittlerer bis sehr großer Härte (8 bis 50 dH°), wobei die niedrigeren Härtewerte für jene Grundwässer zutreffen, die aus quarzsandreichen Basisschichten stammen, während in den Feinsandeinschaltungen und in den Klüften im Schlier die harten und sehr harten Wässer auftreten.

Eine besondere Rolle für die Grundwasserbildung spielen die in der Molassezone vorhandenen, z. T. flächenhaft verbreiteten fluviatilen Quartärablagerungen. Während die Moränen

durch häufige Einschaltungen von Tonen und Lehmen zumeist nur lokale Grundwasservorkommen ermöglichen, bilden die ausgedehnten klastischen Sedimente eiszeitlicher und zwischeneiszeitlicher Flussysteme ausgezeichnete Grundwasserleiter.

Die großen Grundwasservorkommen des Alpenvorlandes sind an diese weiträumigen Talfüllungen gebunden. Die beiden bedeutendsten sollen nachfolgend beispielhaft zusammengefäßt dargestellt werden.

Die *Welser Heide* (K. VOHRYZKA, 1973), von Lambach bis Linz/Kleinmünchen der Traun auf eine Länge von ca. 35 km folgend, baut sich aus Schottern der Hochterrasse, der Niederterrasse und der Austufe auf. Ihre Breite beträgt zwischen Wels und Linz etwa 5 km.

Die Terrassenschotter zeigen einen bedeutenden Anteil an umgelagerten Hausruckschottern mit Quarz- und Kristallinkomponenten, während kalkalpines Material einen wesentlich geringeren Teil ausmacht und Flyschkomponenten stark zurücktreten.

Das Grundwasservorkommen der Welser Heide setzt sich aus dem Begleitgrundwasser der Traun und aus jenen Grundwässern zusammen, die von Gerinnen der angrenzenden Schlierlandschaft im Norden und aus den Deckenschottern der Traun-Enns-Platte von Süden eingespeist werden.

Die k-Werte des Schotterkörpers der Welser Heide liegen im allgemeinen um 10^{-1} bis 10^{-3} m/sec. Die Fließgeschwindigkeiten erreichen Maximalwerte von 100 m/Tag, die durchschnittliche Fließgeschwindigkeit ist jedoch wesentlich geringer. Die Grundwasseroberfläche, aufgenommen vom Hydrographischen Dienst, Amt der O.Ö. Landesregierung, bei Niedrigwasser vom 3. bis 5. November 1964 (K. VOHRYZKA, 1973), zeigte ein Absinken von 360 m über N. N. bei Lambach auf 250 m über N. N. bei Linz.

Die Sohle des Grundwasservorkommens der Welser Heide wird von jungtertiären Tonmergeln (Schlier) gebildet, deren Oberfläche in Rinnen und Kuppen gegliedert ist, woraus sich große lokale Unterschiede in der Mächtigkeit des Grundwasserkörpers ergeben. Es können Schlierkuppen über die Grundwasseroberfläche soweit emporragen, daß sie nur noch von Trockenschotter bedeckt sind, während die Grundwassermächtigkeit im Bereich von Schlierrinnen bis 8 m beträgt.

Das Grundwasservorkommen wird durch Haus-, Industrie und Ortsversorgungsanlagen in großem Maße genutzt. So werden beispielsweise aus dem südlich von Linz gelegenen Grundwasserwerk Scharlitz etwa 85% des Bedarfes der

oberösterreichischen Landeshauptstadt gedeckt. Das Grundwasser ist schwach alkalisch (pH-Wert 7,3) und mit einer Härte von 18 dH° als ziemlich hart zu bezeichnen.

Neben der Welser Heide sind im oberösterreichischen Alpenvorland jene Vorkommen zu erwähnen, welche in bedeutendem Maße mit begleitenden Grundwässern in den quartären Talfüllungen, z. B. der Salzach von Burghausen bis zu ihrer Mündung, der Mattig und des unteren Inn bis in den Raum südlich Schärding, der Donau und des Innbachs im Eferdinger Becken westlich und im Machland östlich von Linz, und schließlich der Enns von Steyr abwärts bis zur Mündung in die Donau, im Zusammenhang stehen.

Das bedeutendste Grundwasservorkommen im Quartär des niederösterreichischen Alpenvorlands ist das Tullnerfeld.

Die Sohle wird auch hier überwiegend von Tonmergeln und Feinsand (Schlier) des Ottang (Oncophoraschichten) und untergeordnet des Karpat gebildet.

Die Mächtigkeit der quartären Schotter- und Sandfüllung des Tullnerfeldes, das eine Längsstreckung von ca. 45 km zwischen Krems und Stockerau und eine durchschnittliche Breite von 12 km aufweist, beträgt ca. 8 bis 12 m.

Ebenso wie in der Welser Heide weist auch im Tullnerfeld die Schlieroberfläche ein deutliches Relief auf (M. SCHUCH, 1973). Östlich von Krems besteht eine Mulde, die in eine flachere Rinne übergeht, welche südwestlich Stockerau wieder in eine Mulde mündet. Entsprechend dem Relief der Sohle zeigt der Grundwasserleiter unterschiedliche Mächtigkeit, die in den Muldenzonen 12 bis 17 m, randlich und in den Hochzonen stellenweise weniger als 5 m erreicht. Die durchschnittliche Mächtigkeit des Grundwasserleiters liegt zwischen 7 und 10 m.

Außer vom Begleitgrundwasser der Donau wird das Grundwasservorkommen des Tullnerfeldes vom Norden her von Wässern gespeist, die vom Kristallin des Kamptales und vom Lößgebiet des Wagram einziehen, während im Süden Wässer aus dem Gebiet der Molasse und im Südosten von der Flyschzone hinzukommen. Die Unterschiede in der Härte des Grundwassers des Tullnerfeldes (M. SCHUCH, 1973) stehen mit den verschiedenen Einzugsgebieten im Zusammenhang. Während die aus dem Kristallin und aus der Flyschzone stammenden Wässer bewirken, daß die Härtewerte im Westen unter 10 dH°, im Osten unter 15 dH° betragen, liegen jene der Wässer, welche vom Einzug aus dem Wagram im Norden und der Molasse im Süden beeinflußt werden, zwischen 20 bis über 25 dH°.

Aus dem Grundwasservorkommen werden

zahlreiche Gemeinden versorgt, so die Stadt Krems zu 95% und die Städte Tulln und Stockerau zur Gänze.

Wasserwirtschaftlich bedeutsame Quellvorkommen treten in der Molassezone vor allem dort auf, wo durch Erosion bei entsprechenden Gefälleverhältnissen Grundwasserströme oder die Grenzbereiche von Grundwasserleitern zu undurchlässigen Sohlschichten aufgeschlossen sind. In der überwiegenden Zahl der Fälle handelt es sich dabei um klastische Quartärsedimente über Schlier.

Erwähnenswerte Beispiele sind die Enknachquellen und die Quellaustritte von Ranshofen-Neusiedlung am Inn (ca. 200 l/sec), ferner die etwa 10 km lange Quellenzone im Aiterbachtal südlich Wels mit ca. 110 größeren und kleineren Quellaustritten an der Grenze der Älteren Dekkenschotter zum Schlier, die Quellen im Sipbachtal südöstlich von Wels mit einer Gesamtschüttung von mindestens 200 l/sec und die Quellaustritte in der Umgebung von Kremsmünster mit Einzelschüttungen bis 80 l/sec (K. VOHRYZKA, 1973).

In der nordöstlichen Molassezone sind Quellaustritte z. T. an die Schichtgrenze von Löß über tertiären Tegeln gebunden. Bei verhältnismäßig kleinen Einzugsgebieten weisen sie jedoch allgemein nur geringe Schüttungen auf. Einige ergiebigere Quellen kommen durch den Stau von Karstgrundwässern an undurchlässigen Tertiärschichten im Bereich der Ernstbrunner und der Falkensteiner Klippen (Oberjurakalk) westlich und nördlich von Mistelbach zustande.

5.2.2.3. Die Flyschzone

Im wesentlichen aus praktisch undurchlässigen Hartgesteinen oder Tonen und Tonmergeln bestehend, stellt die im Süden an die Molasse des Alpenvorlandes anschließende Flyschzone ein Grundwasser-Mangelgebiet dar, obwohl die Niederschlagswerte mit durchschnittlich 1250 bis 1750 mm/Jahr bedeutend über jenen der Molassezone liegen. Die Grundwasserbildung beschränkt sich hier auf Kluftzonen in Hartgesteinen oder auf wenige Meter Verwitterungsdecke und ist dementsprechend nur von lokaler Bedeutung. Lediglich der Abfluß von Oberflächenwässern in die nördlich anschließenden Bereiche von Diluvialschottern bedingt an einzelnen Stellen eine über das lokale Maß hinausgehende Bedeutung der Flyschzone als Grundwassereinzugsgebiet, wie z. B. im Falle der Quellen südlich Frankenmarkt (150 bis 200 l/sec Schüttung), an deren Zustandekommen Flyschwässer mitbeteiligt sind (K. VOHRYZKA, 1973).

Im allgemeinen sind die Ergiebigkeiten der zahlreichen innerhalb der Flyschzone auftretenden Quellen klein bis sehr gering, bilden jedoch häufig die einzige Möglichkeit für Hausversorgungsanlagen, insbesondere in höhergelegenen Gebieten. Sowohl Brunnenanlagen, welche neben Kluftwässern die spärliche Grundwasserbildung in der Verwitterungsdecke ausnützen, als auch Quellen zeigen zudem häufig starke Ergiebigkeitsschwankungen in Abhängigkeit von den Niederschlägen.

Die Wässer der Flyschzone sind im allgemeinen alkalisch (pH-Werte 8 bis 10) und von größer bis extremer Härte (22 bis über 90 dH°).

Im innerhalb der Flyschzone liegenden Helvetikum Vorarlbergs bedingen kalkige Jura- und Kreidegesteine (Schrattenkalk) teilweise Verhältnisse wie in den Kalkalpen.

5.2.2.4. Die Nördlichen Kalkalpen

Die Hydrogeologie der nördlichen Kalkalpen wird durch zwei Faktoren bestimmt, und zwar durch die Verkarstung der Karbonatgesteine (Dolomite und Kalke) der Trias und des Jura einerseits und andererseits durch das Vorhandensein von Stauschichten, vor allem an der Basis der Trias (Werfener Schichten), aber auch in höheren Horizonten, vor allem als Liegendes der Obertrias (Lunzer Schichten, Carditaschichten, Halobienschiefer etc.) und an der Basis des Jura (Lias-Fleckenmergel.).

Die wesentlichen Wegsamkeiten für die im Bereich der Kalkalpen einziehenden unterirdischen Wässer bestehen in Kluft- und Spaltenzonen der Karbonatgesteine, die durch Lösungsvorgänge über geologische Zeiträume zu Höhlen- und Schlauchsystemen aufgeweitet worden sind. Bedingt durch oftmals beträchtliche Höhenunterschiede zwischen Infiltrationsniveau und Stauhorizont sind große unterirdische Fließgeschwindigkeiten für Karstwässer charakteristisch. Sie benötigen über eine Distanz von mehreren Kilometern zwischen Einspeisung und Wiederaustritt nicht selten nur wenige Stunden, wie durch zahlreiche Markierungsversuche, z. B. im Dachstein-, Hochschwab- und Rax-Schneeealpen-Massiv nachgewiesen wurde.

Aus den großen Durchgangsgeschwindigkeiten ergibt sich, daß, anders als Porengrundwässer, die Karstwässer im allgemeinen nur geringer Filterung und damit kaum nennenswerter Reinigung während ihres unterirdischen Laufes unterliegen. Trotzdem sind sie von enormer Bedeutung für die österreichische Wasserwirtschaft, ja schlechthin unentbehrlich für die Versorgung von zumindest einem Drittel der Einwohner unseres Landes.

Da die Einzugsgebiete der Kalkalpen in wesentlichen Teilen zu den hochalpinen Regionen mit reichem Niederschlagsdargebot und geringer Evapotranspiration zählen und die Oberflächenabflüsse durch das starke Zurücktreten von un durchlässigen Gesteinen obertags in Grenzen gehalten werden, kommt ein beträchtlicher Teil der Niederschläge, die im Jahresdurchschnitt zwischen 2000 bis 3000 mm betragen, dem unterirdischen Abfluß (bis zu 75%) zugute.

Ihrer Herkunft entsprechend sind die kalkalpinen Wässer überwiegend schwach alkalisch (pH-Werte um 7,5) und von mittlerer bis mäßiger Härte (zwischen 8 und 18 dH°). Extrem harte Wässer treten mitunter an der Basis der Triasgesteine im Bereich der Werfener Schichten, aber auch, namentlich im Westen in den Raibler Schichten, vor allem durch Lösung von Gips, auf. Die Temperatur der Karstwässer der nördlichen Kalkalpen liegt mit 5 bis 8°C in der Regel um einige Grade über dem Jahrestemperaturmittel des Einzugsgebietes. Die Karstwassertemperaturen unterliegen allgemein nur geringen Schwankungen.

Ganz anders verhält es sich mit den Schüttungen der Karstquellen, deren bevorzugte Austrittszonen durch das Ausstreichen der Stauhorizonte an der Basis der Gebirgsmassive längs Talfurchen markiert werden. Das Verhältnis von Minimal- zu Maximalschüttung liegt nicht selten im Bereich von 1:10, in Extremsfällen jedoch weitaus höher, ein Umstand, dem bei der Heranziehung von Karstquellen für die Wasserversorgung durch entsprechende Vorsorge für ausreichendes Speichervolumen Rechnung zu tragen ist.

Bei den erwähnten großen Fließgeschwindigkeiten der Karstwässer kann nicht, wie bei Porengrundwässern, die Verweildauer im Untergrund zur Abgrenzung von Schutzgebieten als bestimmende Größe herangezogen werden. Es muß vielmehr das hydrogeologische Einzugsgebiet bestimmt und als Ganzes unter Schutz gestellt werden.

So ist das gesamte Hochschwabmassiv Schutzgebiet für das reiche Karstwasservorkommen dieses Gebirgsstockes, u. zwar sowohl im Hinblick auf seine Nutzung für die Wasserversorgung von Wien als auch für Teile der Steiermark.

Die Wässer großer Karstquellen (Brunngraben-, Höllbach-, Kläffer-, Siebensee-, Schreier- und Seisensteinquelle) am Nordfuß des Hochschwabmassivs werden seit 1910 durch die II. Wiener Hochquellenleitung, ein 220 km langes, teils in offener, teils in geschlossener Bauweise errichtetes Stollenbauwerk, mit freiem Wasserspiegel gravitativ nach Wien geleitet. Die

größte dieser Quellen, die Kläfferquelle, erreicht eine Maximalschüttung von etwa 10.000 l/sec, wovon jedoch höchstens rd. 1000 l/sec für die Wiener Wasserversorgung abgeleitet werden dürfen. Das Einzugsgebiet der Kläfferquelle wie auch der anderen Karstquellen des Hochschwabmassivs besteht überwiegend aus Dolomiten und Kalken der Mitteltrias, deren Unterlage vom Stauhorizont der Werfener Schichten gebildet wird.

Ähnlichen Aufbau zeigt das Rax-Schneebergmassiv, in welchem die Quellen der I. Wiener Hochquellenleitung liegen (Kaiserbrunn-, Höllental-, Wasseralm-, Reistal-, Fuchspäß- und Stixensteinquelle), die seit 1873 der Wasserversorgung der Bundeshauptstadt dienen. Die größte Quelle in diesem Gebiet ist die Kaiserbrunnenquelle mit einer Maximalschüttung von über 2000 l/sec.

Durch sorgfältigen Schutz der Karstwasservorkommen wird deren hervorragende Qualität für Versorgungszwecke garantiert. Die Wässer der I. und II. Wiener Hochquellenleitung sind schwach alkalisch (pH-Werte zwischen 7,4 und 7,6), weich (5,7 bis 9,9 dH°) und besitzen günstige Ausgangstemperaturen (4,5 bis 8,2°C).

Weitere große Städte Österreichs, deren Wasserversorgung an das Gebiet der nördlichen Kalkalpen geknüpft ist, sind die Landeshauptstädte Salzburg und Innsbruck.

Ein wesentlicher Teil des Wasserbedarfes der Stadt Salzburg wird aus der Fürstenbrunnquelle gedeckt. Sie entspringt am Nordfuß des Untersberges, ihr Einzugsgebiet umfaßt etwa zwei Drittel des aus Kalken und Dolomiten der Mittel- und Obertrias bestehenden Karstmassivs. Ihre Schüttung beträgt etwa 500 l/sec im Maximum. Auch die aus dem Grundwasserwerk Glanegg am Fuße des Untersberges für die Versorgung der Festspielstadt gewonnenen Wässer entstammen dem verkarsteten Gebirgsmassiv, aus dem sie in die Schuttkörper der Gebirgsflanke und in die quartäre Füllung des Salzburger Beckens übertraten, ehe sie aus Schacht- und neuerdings aus Horizontalfilterbrunnen gehoben werden.

Eine Reihe von Karstquellen bzw. Karst-Folgequellen am Südfuß der nördlichen Kalkalpen bilden einen wesentlichen Teil für die Wasserversorgung von Innsbruck. Ihre Ergiebigkeit wird mit 70 bis 80 l/sec, ihre Härte mit 12 bis 15 dH°, ihre Temperatur mit 5 bis 9°C angegeben (A. THURNER, 1968). Neben den genannten, in großem Maße für Versorgungszwecke herangezogenen Karstquellen treten große Karstwasservorkommen mit ähnlichen Entstehungsbedingungen im gesamten Bereich der nördlichen Kalkalpen, von Vorarlberg bis zum Alpenostrand, auf. Insbesondere die hochalpinen Kar-

bonatgesteinsmassive, z. B. Dachstein und Totes Gebirge, wurden in jüngerer und jüngster Vergangenheit karsthydrologisch eingehend untersucht (F. BAUER, 1969; J. ZÖTL, 1958, 1974).

Die auf Arosazone und Raibler Schichten liegenden Hauptdolomitschütteln des Rätikon in Vorarlberg bieten bisher ungenutzte, z. T. bewirtschaftbare Trinkwassermengen mit Minimalkapazitäten von je über 500 und 1000 l/s an.

Besonderen Einblick in die hydrogeologischen Verhältnisse von Karstgebieten der nördlichen Kalkalpen gewährten in jüngster Zeit auch Stollenbauten im Zusammenhang mit der Erweiterung der Wiener Wasserversorgung durch Einbeziehung der am Südwestfuß der Schnealpe entspringenden Sieben Quellen (Steiermark) in das System der I. Wiener Hochquellenleitung (F. BAUER, 1969; T. E. GATTINGER, 1973).

Zukünftige Tunnel- und Stollenbauten, wie z. B. die Durchörterung eines Teiles der nördlichen Kalkalpen im Zuge des Baues der Pyhrnautobahn oder die Verbindung der Pfannbauernquelle bei Gußwerk südlich Mariazell mit dem Schnealpenstollen lassen weitere wertvolle Aufschlüsse und Erkenntnisse erwarten.

5.2.2.5. Die Grauwackenzone

Zwischen den nördlichen Kalkalpen und den Kristallin- und Schieferzonen der Zentralalpen liegt die Grauwackenzone, die aus paläozoischen Grauwacken, Phylliten, Grünschiefern, Ton- und Kieselschiefern, Porphyroiden sowie aus Zügen und Schollen von Kalken und Dolomiten aufgebaut ist. Entsprechend dem vielfältigen Gesteinsbestand bestehen innerhalb der Grauwackenzone lokal beträchtliche Unterschiede in den hydrogeologischen Verhältnissen. So finden sich etwa ergiebige Karstquellen im Anschluß an größere Kalk-Dolomit-Schollen, z. B. in der Raaxen nördlich von Mürzzuschlag, während in den Schiefergebieten infolge der ungünstigen Durchlässigkeitsverhältnisse bei gleicher Niederschlags situation (1500 bis 2500 mm/Jahr) die Grundwasserbildung zugunsten des Oberflächenabflusses stark zurücktritt, da die Wasserwegsamkeiten auf Schieferungsfugen und Klüfte beschränkt sind. Ausnahmen bilden Gebiete starker tektonischer Gesteinszerrüttung. Ein Beispiel dafür bietet der Silberbergbau Röhrerbühel bei Kitzbühel, der im 16. Jahrhundert in 800 m Tiefe umging und wegen gewaltigen Wasserandranges aufgegeben werden mußte. Auch besondere Lagerungsverhältnisse der Gesteine, wie Mulden- oder Schrägstaffel-Strukturen, können die Grundwasserbildung in den Schiefergesteinen der Grauwackenzone ausnahmsweise stark begünstigen.

Im allgemeinen ist die Grundwasserführung jedoch bescheiden, Quellen treten zwar zahlreich auf, sind jedoch generell von geringer Ergiebigkeit. Sie werden für Hausanlagen und kleinere Ortsversorgungen genutzt, während zur Versorgung größerer Orte Grundwässer aus Talfüllungen mit herangezogen werden müssen.

Die Wässer der Grauwackenzone sind überwiegend schwach sauer (pH-Werte um 6) und sehr weich (1 bis 6 dH°). Lediglich jene, deren Einzugsgebiet von größeren Zügen und Schollen von Karbonatgesteinen gebildet wird, zeigen Ähnlichkeiten mit kalkalinen Wässern (intermediär bis schwach alkalisch und mittlere Härte).

5.2.2.6. Die Zentralzone

In der Zentralzone der Ostalpen liegen die durchschnittlichen Niederschlagswerte zwischen 1000 und 2000 mm/Jahr, in den Hochgebirgsregionen der Hohen Tauern, der Ötztaler Alpen und der Silvretta erreichen sie 2500 bis 3000 mm.

Große Teile der Zentralalpen, die aus Phylliten, Glimmerschiefern und Paragneisen aufgebaut sind, zeigen ähnliche hydrogeologische Verhältnisse wie die Schiefergebiete der Grauwackenzone, nämlich geringe Infiltration und hohe Oberflächen-Abflusswerte. Im allgemeinen ist die Grundwasserbildung bescheiden und beschränkt sich auf Schicht- und Schieferungsfugen und auf Klüfte der an und für sich undurchlässigen Gesteine. Ausnahmen bilden auch hier tektonische Zerrüttungszonen, Auflockerungszonen von Bergsturzmassen oder grundwassersammelnde Mulden- und Schrägstafelstrukturen, die zu reichlicher Grundwasserbildung führen und sich durch gebietsweise Häufung oft ergiebiger Quellen auszeichnen können. Beispiele hierfür sind das Ortho- und Paragneisgebiet der Silvretta (über 20 Quellen mit Schüttungen >20 l/sec), das Schiefer- und Gneisgebiet zwischen der Mur bei Ramingstein und der Turrauer Höhe (über 60 Quellen mit mehr als je 2,5 l/sec Schüttung) und das Quellgebiet der Schwarzen Sulm im Kristallingebiet an der Ostflanke der Koralpe (8 Quellen mit Schüttungen über 2,5 l/sec).

Eigene Erwähnung verdient der Umstand, daß sich in tiefgreifenden Kluftsystemen von Kristallingesteinen, insbesondere von massigen Graniten und Granitgneisen, isolierte Kluftwässer mit Drücken von 30 atü und mehr sammeln können, deren Ausbrechen beim Bau von Stollen und Tunnels zu Katastrophen oder zumindest zu erheblichen Schwierigkeiten führen kann.

Besondere hydrogeologische Verhältnisse, die Ähnlichkeiten mit jenen der Kalkalpen zeigen, finden sich in Gebieten, die von Karbonatgesteinen des zentralalpinen Mesozoikums und des Paläozoikums beherrscht werden. Sie zeigen Verkarstungerscheinungen wie Dolinenbildung, Lösungshohlräume und -gänge, Schwinden und Schlucklöcher sowie Karstquellen, wie sie auch für Karstgebiete der Kalkalpen charakteristisch sind. Quellen dieser Art treten reihenweise am Nordrand des Radstätter Mesozoikums zwischen Lend im Salzachtal und Altenmarkt im Pongau auf, wobei die größte südlich Schwarzach gelegene eine Schüttung zwischen 10 und 50 l/sec aufweist, weiters am Nordrand des Semmering-Mesozoikums bei Schottwien (über 50 l/sec) und am Nordrand des zentralalpinen Mesozoikums der Buckligen Welt südwestlich von Pitten (ebenfalls über 50 l/sec).

Von den Karstgebieten paläozoischer Karbonatgesteine ist besonders das Grazer Paläozoikum mit den großen Karstquellen von Schmelzbach und Hammerbach bei Peggau (160 l/sec, u. a. gespeist vom Lurbach, der bei Semriach in eine Schwinde fließt), und mit der Andritz-Ursprungquelle (50 bis 200 l/sec, nördlich Graz) zu erwähnen. Karstwässer aus dem Grazer Paläozoikum treten unterirdisch westlich von Graz in das Köflacher Tertiär im Bereich des Kohlebergbaues und in die quartäre Talfüllung über (V. MAURIN, 1952, 1958; J. ZÖTL, 1959; A. TURNER, 1968).

Die aus den Karbonatgesteinen der Zentralalpen stammenden Wässer unterscheiden sich von den Kristallinwässern deutlich durch Alkalinität und höhere Härtewerte (um 10 dH° gegenüber 2 bis 5 dH° der Kristallinwässer).

Für die Wasserversorgung werden im zentralalpinen Raum sowohl Quellwässer als auch Grundwässer herangezogen, wobei neben den hydrogeologischen Gegebenheiten die Wirtschaftlichkeit ein wesentliches Kriterium bildet. So wird z. B. Bad Gastein zu 100% mit Quellwasser (pH-Wert 6,9–7,0, Gesamthärte 1,1–3,1 dH°) versorgt, das nur zum geringsten Teil gepumpt werden muß, während Judenburg zu je rund 50% sowohl Quellwasser als auch Grundwasser, welches mittels Pumpen gehoben wird, nutzt. Hingegen wird beispielsweise Köflach zu 100% aus Grundwasser (pH-Wert 6,4–7,6, Gesamthärte 5,6–7,6) versorgt, das zur Gänze gepumpt werden muß.

5.2.2.7. Das südliche Kalkgebirge

Südlich der Zentralzone bauen Gesteinsserien der Trias, die im großen und ganzen jenen der Nördlichen Kalkalpen entsprechen, die Gebirgs-

züge der Gailtaler Alpen und der Karawanken auf. Auch hier finden sich die für die mächtigen Schichtfolgen von Karbonatgesteinen der Mittel- und Obertrias bekannten Karsterscheinungen. Überdies nimmt jedoch neben Äquivalenten der permotriadischen Wurfener Schichten die paläozoische Unterlage, insbesondere in den Karnischen Alpen, in schiefriger und kalkiger Ausbildung breiteren Raum ein.

In Zonen des lokalen Wechsels von durchlässigen Kalken und Dolomiten mit den Stauhorizonten der Schieferserien treten häufig mittlere und große Quellen auf, so am Nordfuß der Gailtaler Alpen zwischen Lienz und Villach, am Nordfuß der Karnischen Alpen, insbesondere zwischen Kötschach/Mauthen und Latschach südöstlich Villach, und am Nordfuß der Karawanken zwischen Feistritz im Rosental und Petzen südlich Bleiburg.

Bisweilen durchlaufen Karstwässer Tiefenzonen, in denen sie erwärmt werden, um schließlich als Thermalquellen wieder zutage zu treten, wie z. B. in Warmbad Villach am Ostfuß der Villacher Alpe und in Bleiberg-Kreuth westlich des Dobratsch.

5.2.2.8. Die inneralpinen Tal- und Beckengebiete und das Wiener Becken

Durch tektonische Anlage vorgezeichnet und teilweise mit klastischen Sedimenten des Tertiärs und vor allem des Quartärs gefüllt, spielen Tal- und Beckengebiete mit ihren Grundwasservorkommen innerhalb der Alpen eine bedeutende Rolle für die Wasserwirtschaft.

Allerdings erfüllen die hydrogeologischen Verhältnisse nicht immer die Erwartungen auf reiche Grundwasserführung, vor allem dort, wo Tal- und Beckenfüllungen aus feinkörnigen Ablagerungen mit geringen Durchlässigkeiten überwiegen, wie dies z. B. im *Vorarlberger Rheintal* der Fall ist. Die mehrere hundert Meter mächtigen Quartärlagerungen bestehen zu einem großen Teil aus tonigen Ablagerungen mit Einschlüpfungen von Torfhorizonten. Die Grundwässer sind sehr hart und eisenhältig und daher für Versorgungszwecke weitgehend ungeeignet, abgesehen von den unmittelbaren Begleitgrundwässern des Flusses. Günstigere Verhältnisse bieten die Seitentäler der Bregenzer und der Dornbirner Ache und insbesondere der Ill (Walgau), die über ausreichend grobkörnige Talfüllungen mit entsprechender Grundwasserführung verfügen – wie auch ihre Schotterfächer innerhalb der Rheinebene.

Reiche Grundwasserführung besitzt auch das *Inntal*, dessen Sand-Schotterfüllung mit einer Bohrung bei Rum bis 200 m Tiefe nachgewiesen

wurde, das Grundgebirge jedoch nicht erreicht hat, während bei Wörgl der Felsuntergrund in 98 und 42 m Tiefe erbohrt wurde.

Ein ausgedehnter Grundwasserstrom mit seichter Spiegellage, über dessen Mächtigkeit jedoch keine Angaben vorliegen, ist im *Salzachtal* zwischen Krimml und der Taxenbacher Enge vorhanden.

Das *Salzburger Becken* enthält über 300 m mächtige Quartärlagerungen, die jedoch zum Teil aus Stauseesedimenten bestehen und daher vorwiegend im hangenden Schotter-Sand-Paket reichlich Grundwasser führen. Die Mächtigkeit der quartären Beckenfüllung nimmt nach Norden ab. Sie wurde in Bohrungen an der Innsbrucker Bundesstraße mit 230 m, Stanhofen 176,5 m und Koglhofer 169 m festgestellt.

Das *Wiener Becken* nördlich der Donau besitzt quartäre Schotter- und Sandablagerungen von relativ geringer Mächtigkeit bis maximal 15 m, deren Grundwässer jedoch für die lokale Versorgung von großer Bedeutung sind. Sie dienen u. a. auch der Feldberegnung, insbesondere im Marchfeld. Der linksufrige Begleitgrundwasserstrom der Donau trägt, neben den Hochquellen des Rax-Schneeberg- und Hochschwabgebietes, durch das Grundwasserwerk Lobau zur Versorgung der Bundesstadt bei. Von besonderer wasserwirtschaftlicher Bedeutung ist das *Südliche Wiener Becken*. Es enthält in seinem zentralen Teil zwischen Wiener Neustadt und Mitterndorf eine quartäre, als Mitterndorfer Senke bezeichnete grabenartige Rinne, deren Schotter-Sandfüllung, allerdings mit Lehmeinschaltungen, eine Mächtigkeit von 150 m erreicht und die aus dem Bereich des Neunkirchner und des Wöllersdorfer Schotterkegels mit Grundwasser gespeist wird, das sich mit 7 bis 15 m/Tag nordostwärts bewegt und durch eine Tertiärschwelle im Bereich von Himberg-Rauchenwarth zum allmählichen Austritt an die Oberfläche gedrängt wird (Fischadagnitz-Quelle, Jesuitenbachquellen, Paul-Helfers-Quelle, Grundwasseraustritte am Fischer-Ufer nördlich Mitterndorf). Das Grundwasservorkommen der Mitterndorfer Senke wird für die Versorgung niederösterreichischer Gemeinden im Süden von Wien und in naher Zukunft auch für die Bundesstadt genutzt: III. Wiener Wasserleitung (H. KÜPPER, 1968; T. E. GATTINGER & H. KÜPPER, 1964; G. H. DAVIS, et al., 1967).

Im *Becken des Neusiedlersees* sind seit einigen Jahren intensive hydrogeologische Arbeiten im Gange, durch die u. a. mit Hilfe von Infrarot-Luftbildern die Einspeisungsverhältnisse von Grundwasser zum See aus den Einzugsgebieten des Wulkabeckens, des Ruster Höhenzuges und

Verteilung der Grundwasserführung in Österreich

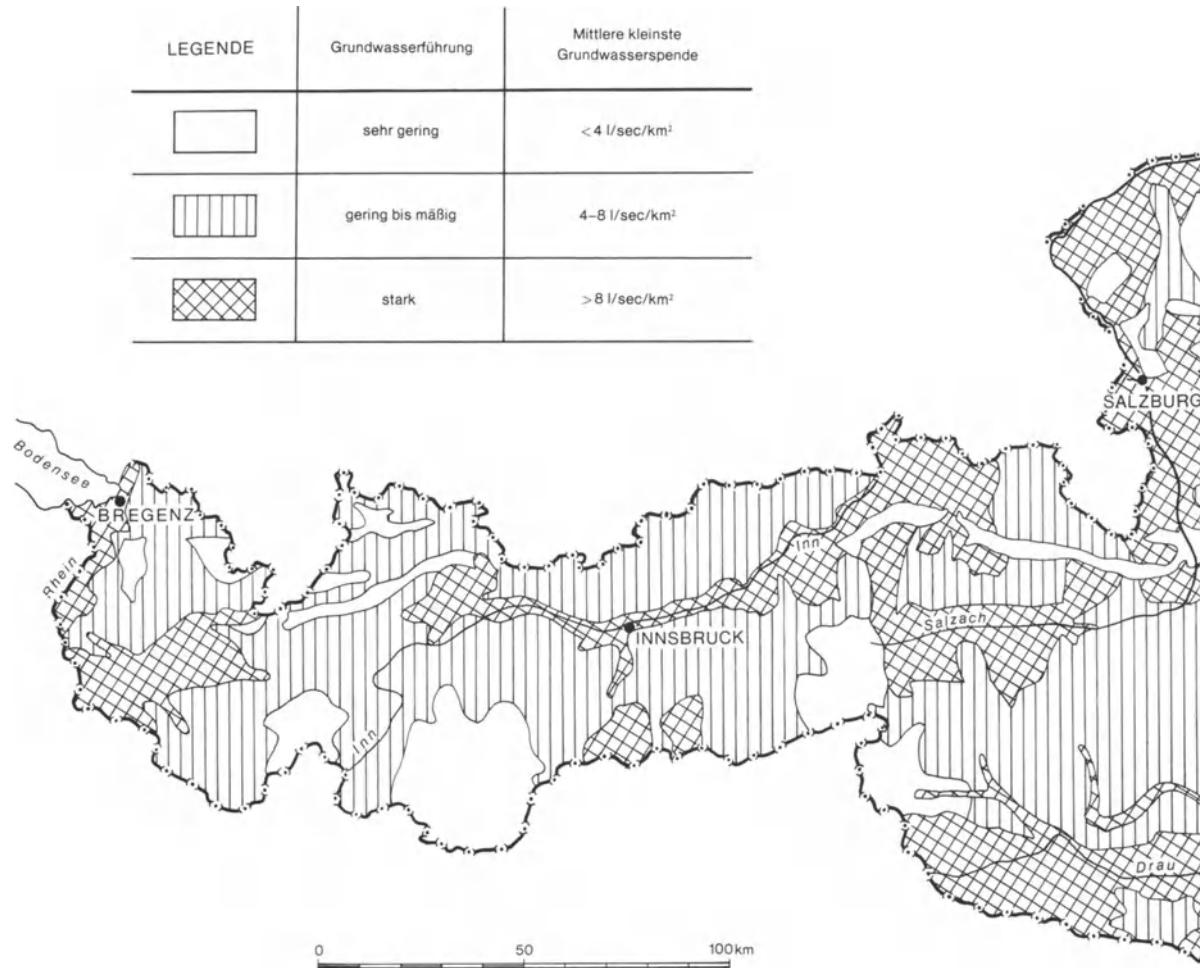


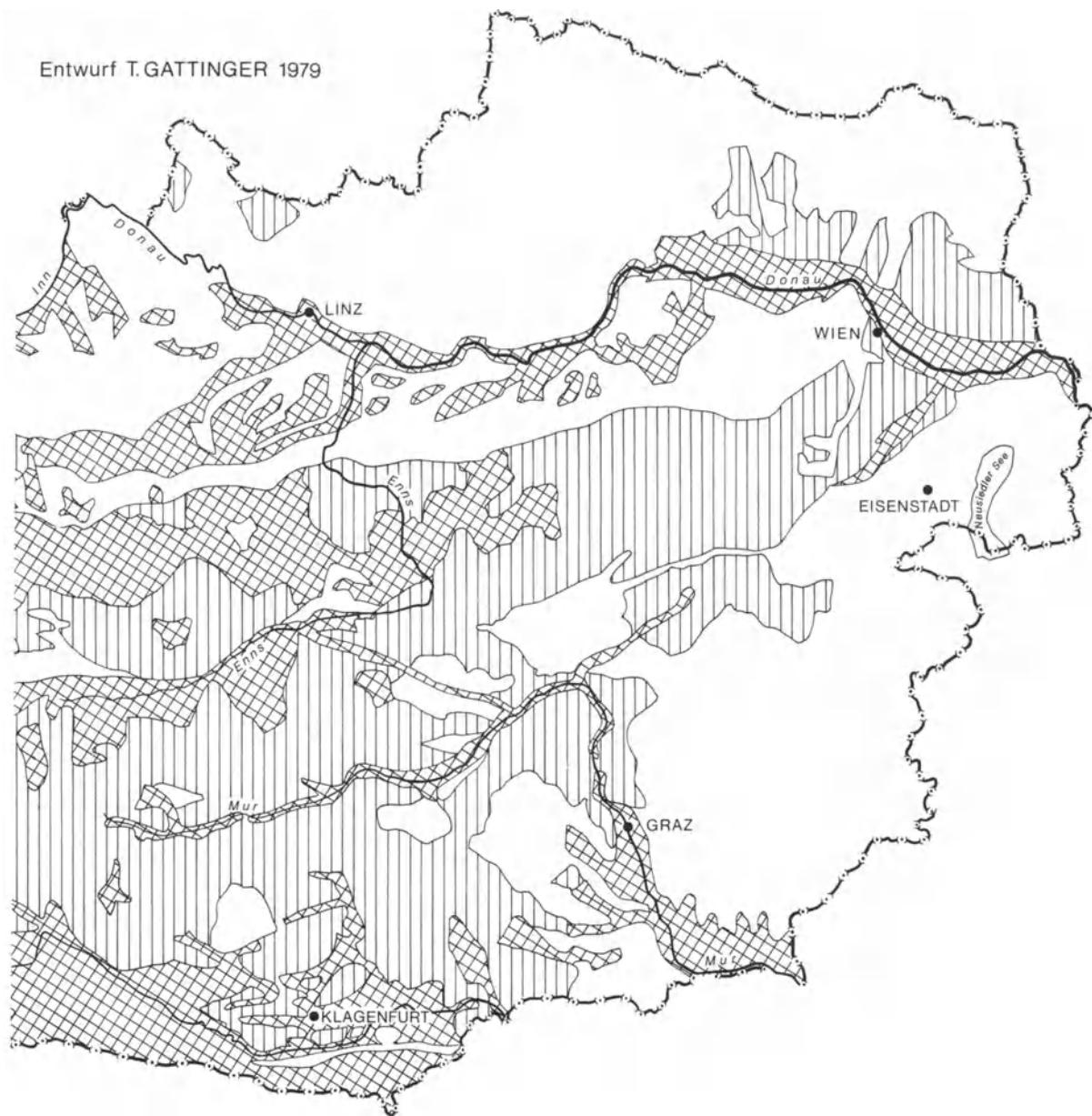
Abb. 160. Verteilung der Grundwasserführung in Österreich

des Leithagebirges sowie des Seewinkels untersucht wurden (T. E. GATTERINGER, 1975). Im Raum Neusiedl – Gols sind zahlreiche artesische Brunnen zu erwähnen, deren Einzugsgebiet in der westlichen Pardorfer Platte liegt.

Im Tertiär des *oststeirisch-südburgenländischen Beckens* treten ebenfalls artesische Grundwässer, z. T. in mehreren Horizonten in Tiefen bis über 200 m auf, die im allgemeinen von geringer Ergebzigkeit sind, vereinzelt aber Schüttungen bis 15 l/sec (Feldbach) aufweisen. Die Quartärfüllungen der Flüsse in diesem Gebiet zeigen gro-

ßen Anteil von Feinsedimenten und damit nur begrenzte Grundwasserführung. Die Grundwässer im *oststeirisch-südburgenländischen Becken* sind z. T. durch hohen Eisengehalt für Versorgungszwecke unbrauchbar.

Das *Grazer*-, *Leibnitzer*- und das *Murfeld* besitzen einen Grundwasserstrom, der etwa der Mur von Nord nach Süd bzw. Südost folgt. Die Mächtigkeit der quartären Talfüllung nimmt in gleicher Richtung von ca. 20 m auf ca. 5 m ab, wodurch im Murfeld gegen Radkersburg ein beträchtlicher Teil des Grundwasserstromes über



tertiären Sohlschichten zum Austritt in die Mur gezwungen wird. Die Wasserversorgung von Graz erfolgt aus dem Grundwasser des Grazer Feldes nördlich (Grundwasserwerk Andritz) und südlich (Grundwasserwerk Feldkirchen) der Landeshauptstadt. Der pH-Wert des Wassers beträgt 7,6 bzw. 7,3, die Gesamthärte 14,0 bzw. 19,0 dH°.

Das Grundwassergebiet des *Aichfeldes* zwischen Judenburg und Knittelfeld erhält zusätzlich zum Begleitgrundwasser der Mur und zur direkten Infiltration Zuflüsse von der Pöls und von

den anschließenden Talflanken. Der gesamte Grundwasserdurchfluß liegt in der Größenordnung von 1 m³/sec. Da nur ein Bruchteil zur Wasserversorgung dieses Gebietes herangezogen wird, stellt das Aichfeld ein nennenswertes Grundwasser-Hoffnungsgebiet dar, wobei allerdings das Grundwasserdargebot naturgemäß nur in dem Maße genutzt werden darf, als dadurch kein irreversibler Eingriff in das Grundwasserregime erfolgt.

Das *Mürztal* ist zwischen Mürzzuschlag und Wartberg sowie westlich der Wartberger Enge

bis Kapfenberg und bei Bruck an der Mur mit grundwasserführenden Schottern und Sanden erfüllt, deren Mächtigkeit bis zu 20 m beträgt. Die Grundwässer, deren Oberfläche 2 bis 6 m unter Terrain liegt, werden in diesen Abschnitten des Mürztales z. T. genutzt, so z. B. für die Versorgung von Kapfenberg (pH-Wert 7,1 bis 7,2; Gesamthärte 17,1 bis 18,3 dH°).

Das *Ennstal* enthält zwischen Schladming und dem Gesäuseeingang bei Admont Quartärablagerungen, deren Mächtigkeit durch Bohrungen bei Irdning mit 114 m, bei Wörschach mit 195 m festgestellt wurde, wobei Schotter und Sande mit Seetonablagerungen wechseln. Insbesondere ab Wörschach sind den wasserführenden Schottern und Sanden undurchlässige Tone und Schluffe zwischengeschaltet, wodurch es zur Ausbildung von Grundwasserstockwerken mit gespannten Grundwässern kommt, deren Druckhöhen bei Wörschach um 1 bis 2 m, bei Liezen um 10 m, bei Frauenberg 14 m über Gelände liegen.

Das *Klagenfurter Becken* ist von Quartärablagerungen erfüllt, deren Mächtigkeit 200 m über-

steigt, wie in einer Bohrung östlich des Wörthersees nachgewiesen wurde. Neben Schottern und Sanden liegen tonige Moränen- und Staueseedsedimente vor. Im Bereich der tertiären Konglomerate der Sattnitz südlich Klagenfurt ziehen Wässer ein, die teilweise in karströhrenartigen Hohlräumen abfließen und in Großquellen am Rand des Höhenzuges zum Austritt gelangen. Die Stadt Klagenfurt wird zu etwa 10% mit Wasser aus einem dieser Quellvorkommen, das bei Strachwitz liegt, versorgt. Die übrigen 90% des Wasserbedarfes der Kärntner Landeshauptstadt werden aus dem Quartärgrundwasser im Norden (Glantal) und im Süden (südlich des Wörthersee-Abflusses) gedeckt.

Bei Villach vereinigen sich das Drautal und das Gailtal zum *Villacher Becken*. Über die Mächtigkeit der Quartärfüllung dieses Beckens liegen keine Angaben vor, doch beträgt die Mächtigkeit des obersten Grundwasserstockwerkes etwa 30 m. Aus ihm wird die Stadt Villach zu etwa 40% mit Wasser versorgt, während 60% aus Quellen bezogen werden.

5.2.3. Mineral- und Thermalwässer

Die „Übersichtskarte der Mineral- und Heilquellen Österreichs“ weist über 200 Quellvorkommen aus, deren Wässer sich durch mindestens 1000 mg gelöste Stoffe je kg Wasser als Mineralwässer oder durch konstante Temperaturen über 20°C als Thermalwässer von den einfachen Grundwässern unterscheiden.

Da es nicht möglich ist, im Rahmen dieser Zusammenfassung auf Einzelheiten einzugehen, seien einige grundsätzliche Feststellungen getroffen und Besonderheiten erwähnt.

Die Mineralisation von Grundwässern erfolgt durch deren Lösungsvermögen aus den durchlauftenen Gesteinen, soferne es sich um vadose Wässer handelt, die aus dem Niederschlag stammen und durch Infiltration in den Untergrund gelangen. Für juvenile Wässer, die im Erdinneren bei der Differentiation von Magmen entstehen, trifft dies nur insoweit zu, als sie mit ihren Mineralstoffen nicht bereits primär, d. h. aus dem Magma befrachtet sind. Allerdings ist mit juvenilen Wässern im ostalpinen Raum nur selten, am ehesten noch in den durch tertiären Vulkanismus gekennzeichneten Gebieten der Oststeiermark und des Burgenlandes zu rechnen. Im allgemeinen ist bei Berichten über juvenile Wässer im Ostalpenraum Skepsis am Platz.

Vadose Wässer werden nicht selten auf komplizierten Wegen und durch lange Verweildauer

im Untergrund zu Mineralwässern. Als Beispiel seien die Heilquellen von Baden angeführt, deren Wässer nach Untersuchungen mit modernen Methoden sich als 3-Komponentensystem erwiesen haben, wobei Wässer, welche mehrere tausend Jahre in der Tiefe verweilen, sich mit Wässern mischen, die einige Jahre im Untergrund verblieben sind, zu denen als dritte Komponente noch Wässer mit einer Laufzeit von wenigen Monaten im Untergrund hinzutreten.

Thermalwässer bringen ihre erhöhte Temperatur zumeist aus der Tiefe, welche der jeweiligen geothermischen Tiefenstufe entspricht, an die Oberfläche. Allerdings treten auch hier zuweilen Merkwürdigkeiten auf, die weitergehende geologische Schlüssefolgerungen notwendig machen. So besitzt das Thermalwasser der Schwefelquelle von Bad Schallerbach eine Temperatur von 36,25°C, obwohl es in einer Tiefe von nur 461 m erbohrt wurde, woraus bei normaler geothermischer Tiefenstufe, wie sie in diesem Gebiet tatsächlich besteht, der Schluß zu ziehen ist, daß das Wasser aus einem wesentlich tiefer reichenden Kluftsystem bis zum Ende der Bohrung und in dieser weiter bis zur Oberfläche aufsteigt.

Außer geothermischer Erwärmung können auch aufsteigende Gase, Radioaktivität und chemische Vorgänge, wie z. B. Oxidation, zur Aufheizung von Wässern im Untergrund führen.

Neben den bekannten Vorkommen von Mineral- und Thermalwässern seien noch kurz jene erwähnt, die im Zusammenhang mit der Aufschüttung von Erdöl und Erdgas erschlossen wurden und werden, wobei manches, so z. B. das oben angeführte Vorkommen von Bad Schallerbach, in der Folge zum weithin berühmten Heilwasser wurde. In jüngster Zeit haben Thermalwässer, die durch Bohrungen der Erdölindustrie er-

schlossen wurden, auch im Zusammenhang mit dem Problemkreis der geothermischen Energiegewinnung eigene Bedeutung erlangt (s. Kapitel 5.1.8.).

Um eingehendere Information über Mineral- und Thermalwässer zu erleichtern, sei abschließend auf G. DAVIES et al. (1967) und H. KÜPPER & I. WIESBÖCK (1966) verwiesen.

5.2.4. Grundwasser und Massenbewegungen

Bei den meisten Massenbewegungen, von relativ harmlosen Böschungsbrüchen bis zu gewaltigen Talzuschüben und verheerenden Felsstürzen, spielen hydrogeologische Gegebenheiten eine entscheidende Rolle.

Insbesondere der Wechsel von durchlässigen porigen oder klüftigen mit undurchlässigen, tonhaltigen Gesteinen bedingt erhöhte Tendenz zum Ausbrechen und Abfahren von Gesteinsmassen, wenn bestimmte Grenzwerte durch Wasseraufnahme in den kritischen Schichten überschritten werden, z. B. der dem jeweiligen Gleichgewichtszustand entsprechende Porenwasserdruk. Die damit verbundene Verminderung der Reibung und die durch Wasseraufnahme des überlagernden Materials bedingte Gewichtserhöhung bringen die gravitativen Bewegungen in Gang, die, je nach Materialeigenschaften der beteiligten Massen, ruckartig gleitend, brechend, stürzend oder auch plastisch kriechend oder fließend ablaufen können.

Massenbewegungen in den Kristallingesteinen der Böhmischem Masse besitzen wegen der geringen Reliefenergie durch geringe relative Höhenunterschiede zumeist geringes Ausmaß und gehen über Böschungsbrüche, gelegentlich auch Hangbrüche oder lokale Felsstürze kaum hinaus. Häufig bleiben diese Bewegungen auf die Verwitterungsschicht beschränkt oder vollziehen sich in Zonen, die durch tektonische Gesteinszerkleinerung (Mylonitisierung) vorgezeichnet sind. In beiden Fällen ist die Möglichkeit zur Wasseraufnahme durch erhöhten Anteil an Feinkorn gegeben.

Starke Tendenz zu Massenbewegungen zeigen schon die tonreichen Formationen der Molassezone und insbesondere der Flyschzone; in noch größerem Maße gilt das für die südlich anschließenden höheren Gebirge. Es vergeht wohl kein Jahr, in welchem nicht Ereignisse dieser Art stattfinden, die zumindest materiellen Schaden verursachen, wenn nicht gar Menschenleben fordern. Vor allem in Jahren überdurchschnittlich

ergiebiger Niederschläge häufen sich Massenbewegungen im alpinen Raum, besonders dann, wenn diese Niederschläge mit der Zeit der Schneeschmelze zusammenfallen. Bei einem derartigen Überangebot an Infiltration werden viele Hänge und Bergflanken, die in trockenen oder durchschnittlich feuchten Jahren standfest geblieben sind, plötzlich instabil. Dies gilt auch für die Kalkalpen, in denen jene Gesteinsformationen, die wir als Wasserstauer kennengelernt haben, als bevorzugte Gleithorizonte wirken, und in besonderem Maße für die Schiefergesteine der Grauwackenzone und des Zentralalpenraumes. Als Beispiel mag das Jahr 1965 dienen, das im gesamten Ostalpenraum extreme Niederschläge brachte und in dem vom Mühlviertel und Waldviertel im Norden bis zu den Karnischen Alpen und Karawanken im Süden keine geologische Zone Österreichs von Massenbewegungen verschont geblieben ist.

Als Vorkehrungen gegen diese volkswirtschaftlich kostspieligen Ereignisse dienen Maßnahmen, die auf den Entzug und die Ableitung von überschüssigem Wasser aus den kritischen Gleitfähigen Gesteinszonen abzielen, die selbst dort zumindest Besserung, wenn nicht Abhilfe bringen, wo außer dem Überangebot von unterirdischem Wasser auch andere Kräfte auf die Ortsveränderung von Gesteinsmassen hinwirken, wie vor allem aktuelle tektonische Spannungen und Bewegungen.

Bei allem Bemühen, Massenbewegungen durch technische Vorkehrungen hintanzuhalten, sollte nicht übersehen werden, daß solche Erscheinungen mitunter in Größenordnungen auftreten, die jeden Versuch der Beeinflussungen durch den Menschen von vornherein lächerlich erscheinen lassen müssen. In solchen Fällen wären wir gut beraten, durch entsprechende Raumordnungsmaßnahmen von vornherein zu verhindern, daß bei Eintreten der Katastrophe materieller Schaden oder gar Verluste an Menschenleben zu beklagen sind.

Literatur: ANDERLE N. 1969; BAUER F. 1969; BRANDECKER H. 1974; DAVIS G. H., GATTINGER T. E. et al. 1967; GATTINGER T. E. 1973, 1975; GATTINGER T. E. & KÜPPER H. 1965; KÜPPER H. 1965; KÜPPER H. & WIESBÖCK I. 1966;

LOACKER H. 1971; MAURIN V. 1952, 1958; OBERHAUSER R. 1970 a, 1973 a; SCHUCH M. 1973; THURNER A. 1967; VOHRYZKA K. 1973; ZÖTL J. 1958, 1974.