

|                          |                                      |                    |                     |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Mitt. österr. geol. Ges. | 79 (1986)<br>Umweltgeologie-<br>Band | S. 63-76<br>7 Abb. | Wien, Dezember 1986 |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|

# Die Bestimmung des durchflußwirksamen Porenvolumens von Sedimenten und seine Bedeutung für den Grundwasserschutz

Von W. KOLLMANN\*)

Mit 7 Abbildungen

Schlüsselwörter:

Durchflußwirksamer Hohlraumanteil in Sedimenten, Nutzporosität, Grundwasserschutz, Infiltration, Südburgenland

## Zusammenfassung

Die Kenntnis der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und die Beurteilung der Durchsickerung der hangenden Deckschichten ist für die Bemessung von Schutzgebieten entscheidend. Ebenso ist bei der Standortwahl von Mülldeponien die Durchsickerungsmöglichkeit der Liegendschichten bei ausschließlich mineralischer Abdichtung von eminenter Bedeutung.

Um einen ungefähren Richtwert über das frei durchfließbare Porenvolumen zu erhalten, wurden im Labor an möglichst ungestört entnommenen, z. T. ausgegrabenen Sedimentproben Wasserauffüll- und Entleerungsversuche vorgenommen.

Die Bedeutung des durchflußwirksamen Porenvolumens für wasserwirtschaftliche Planungen wird anhand von Beispielen aus dem Südburgenland aufgezeigt.

## Abstract

The knowledge of the flow-velocity and the leakage-possibility through covering beds (overburden) is necessary to establish protective areas. As well for projecting of waste deposits and judgement of natural or artificial sealing it is of importance, too.

To get an approximate result concerning the effective porosity, saturation and drainage tests were performed in laboratory using almost undisturbed sediment samples.

The reference to water resources management topics is shown by case histories from southern Burgenland (Austria).

## 1. Einleitung

Zunehmende Interessenskonflikte in dichtbesiedelten Ballungsräumen lassen es nicht mehr tragbar erscheinen, Schätzungen des nutzbaren Porenvolumens bzw. durchflußwirksamen Hohlraumanteiles ( $n_f$ ) mit möglichst großer Sicherheitsreserve abzugeben, um die Grundwasser-Fließgeschwindigkeit zu ermitteln.

\*) Adresse des Verfassers: Dr. Walter KOLLMANN, Geologische Bundesanstalt, FA Hydrogeologie, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

Umrechnungen nach logarithmischen Korrelationsgleichungen (z. B. nach MAROTZ in B. HÖLTING, 1980) sind nur bei höheren Durchlässigkeiten bis herab auf  $k_f \sim 10^{-5}$  m/s, wie in fluvioglazialen Sedimenten angewandt, zulässig (H. ZETINIGG, 1983). Bei geringdurchlässigen bis dichten Korngefügen versagt diese Beziehung und wird sogar negativ. Direktbestimmungen an Sedimentproben sind bisher in größerem Umfang nicht durchgeführt worden.

Punktförmige und trotzdem aufwendige Markierungsversuche an Peilrohrkreisen haben den Vorteil, direkt über die wahre Fließgeschwindigkeit als Abstandsgeschwindigkeit Auskunft zu geben. Rascher und weniger kostenintensiv ist die Einbohrloch-Isotopenverdünnungsmethode (O. ZELLHOFER, 1967), die die Filtergeschwindigkeit mißt. Zu deren Umrechnung ist als Divisor die Nutzporosität (durchflußwirksamer Hohlraumanteil) einzusetzen.

## 2. Definition

Der Gesamtporenraum einer Gesteinsprobe setzt sich aus geschlossenen und offenen Poren zusammen. Darin vorkommendes Wasser ist zusätzlich noch als Häutchen an den Komponenten angelagert und bildet mit dem in Poren eingeschlossenen Wasservolumen den Haftwasseranteil. Der restliche Raum der offenen Poren ist entwässerbar ( $n_d$ ) und wird als durchflußwirksamer Hohlraumanteil ( $n_f$ ) bezeichnet. Nach der ÖNORM B 2400 (1986) wird er als Hohlraumanteil, bei dem nur die vom Grundwasser durchflossenen Hohlräume berücksichtigt sind, definiert.

Man sprach früher auch vom effektiven (E) oder nutzbaren Porenvolumen ( $P^*$ ).

Als Teil der Gesamtporosität wird der durchflußwirksame Hohlraumanteil formelmäßig folgendermaßen ausgedrückt:

$$P = \frac{V_p}{V_g} \quad (1)$$

$$\text{und} \quad n_f = P - P_h \quad (2)$$

wobei  $P$  = absolute Porosität = Gesamtporosität

$V_p$  = Gesamtvolumen der Poren

$V_g$  = Gesamtvolumen des Gesteins

$P_h$  = Haftwasservolumen

$n_f$  = durchflußwirksamer Hohlraumanteil

Die Dimension für den durchflußwirksamen Hohlraumanteil ist nach ÖNORM B 2400  $\text{m}^3/\text{m}^3$ . Gebräuchlich ist jedoch die Angabe in Prozent zum Gesamtgesteinsvolumen.

Die Bandbreite von Gesamtporenraum, Haftwasseranteil und durchflußwirksamem Hohlraumanteil in verschiedenen klastischen Sedimenten wird durch die Abb. 1 und 2 veranschaulicht.

## 3. Bedeutung in der Geohydrologie

Für die Abgrenzung des weiteren Schutzgebietes (Schutzzone II) nach der 50-Tagesgrenze – eine Aufenthaltsdauer des Wassers im Untergrund um pathogene Keime absterben zu lassen – ist die Grundwasser-Fließgeschwindigkeit bzw. vereinfacht die Abstandsgeschwindigkeit maßgebend.

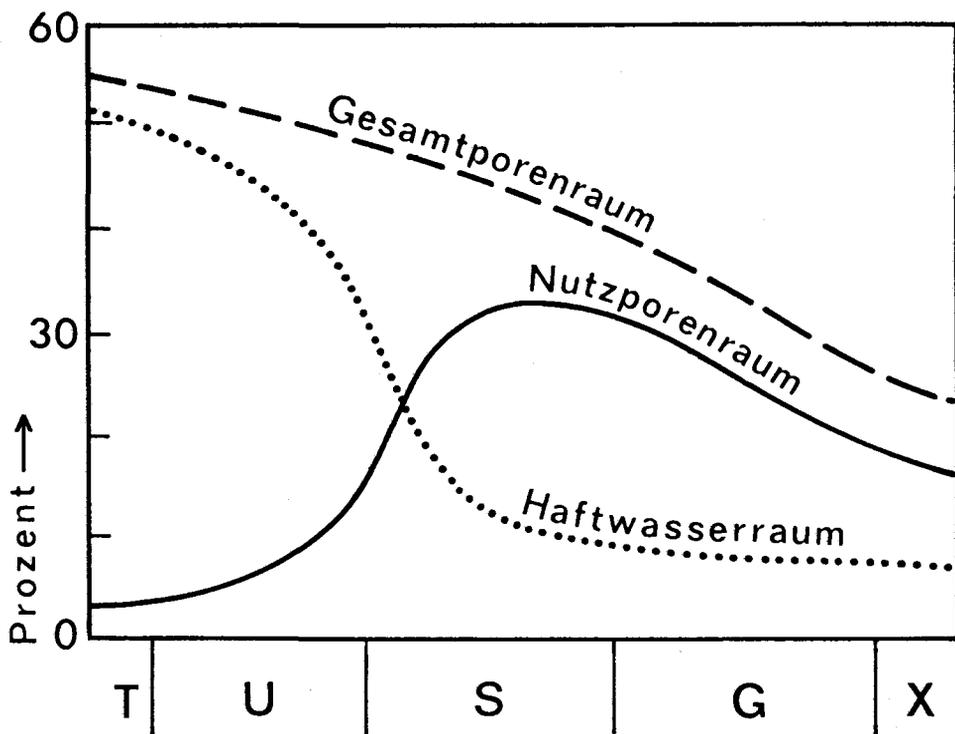


Abb. 1: Beziehungen zwischen Gesamtporen-, Nutzporen- und Haftwasserraum in Abhängigkeit von der Korngröße. Es bedeuten: T = Ton; U = Schluff; S = Sand; G = Kies, X = Steine. – In Anlehnung an S. N. DAVIS & R. J. DE WIEST (1966).

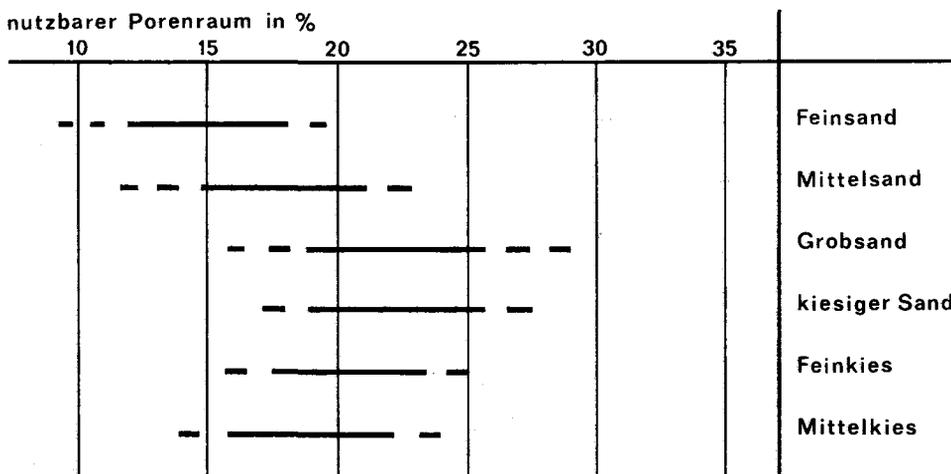


Abb. 2: Größenordnung des nutzbaren Porenraumes von klastischen Sedimenten (Aus W. RICHTER & W. LILICH, 1975).

Nach DARCY bezieht sich die Filtergeschwindigkeit  $v_f$  auf den Gesamtquerschnitt normal zur Grundwasserströmung, somit auf die Fläche, die das Bodenkorn, das unbewegliche Haftwasser und der durchströmbare Porenanteil  $n_f$  einnehmen. Die Filtergeschwindigkeit  $v_f$  ist daher lediglich eine Rechengröße, die man erhält, wenn man das Produkt aus Standrohrspiegelgefälle  $I$  und Durchlässigkeit  $k_f$  bildet:

$$v_f = k_f \cdot I \quad (3)$$

wobei  $v_f$  = Filtergeschwindigkeit (m/s)  
 $k_f$  = Durchlässigkeit (m/s)  
 $I$  = Standrohrspiegelgefälle (m/m)

Für die Umrechnung dieser Durchgangsgeschwindigkeit in die wahre Grundwasser-Fließgeschwindigkeit, als Abstandsgeschwindigkeit zwischen zwei Punkten vereinfacht, ist die Filtergeschwindigkeit durch den durchflußwirksamen Hohlraumanteil (ausgedrückt als Porositätsfaktor) zu dividieren:

$$v_a = \frac{v_f}{n_f} \cdot 86400 \quad (4)$$

wobei  $v_a$  = Abstandsgeschwindigkeit (m/d)  
 $n_f$  = durchflußwirksamer Hohlraumanteil ( $m^3/m^3$ )

Die Kenntnis des durchflußwirksamen Hohlraumanteils ist daher gerade bei Einbohrloch-Markierungsverfahren, die die Filtergeschwindigkeit messen, erforderlich. Natürlich können durch weitere Bohrungen im Halbkreis unterstromig um die Einspeisbohrung herum oder nach Optimierung durch Fließrichtungsmessungen konventionelle Markierungsversuche direkt die Abstandsgeschwindigkeit ermitteln. Bei der Untersuchung tieferer Grundwasserleiter und im Fall geringer Fließgeschwindigkeiten kann der finanzielle Aufwand nicht unbedeutend sein.

Aulehne in ihrer Funktion als Deckschichten über dem alluvialen Grundwasserleiter haben zweierlei wasserwirtschaftliche und umweltrelevante Bedeutung. Es ist dies einerseits die Schutzfunktion, andererseits quasi konträr dazu ihre Wirksamkeit in Hinblick auf die Grundwasser-Neubildung durch versickernde Niederschläge.

Bestrebungen, die vertikale Durchsickerungszeit für die Passage durch die hangenden Deckschichten bzw. Grundwasser-Überdeckung (in der ungesättigten Zone) zur 50-Tagesgrenze hinzuzuzählen, um die Flächenausdehnung von weiteren Schutzgebieten gering zu halten, müssen hydrogeologisch im Einzelfall untersucht werden. H. ZETINIGG (1983) fordert in solchen Fällen unter Heranziehung der schweizerischen Richtlinien, daß die oberste belebte und belüftete Bodenzone, welche nur in den ersten Dezimetern einen mikrobiellen Abbau zuläßt, eine Mindestmächtigkeit von 5 m besitzt. Erst dann kann sie bei entsprechend feinkörniger Materialbeschaffenheit als filternde Reinigungsstrecke bezeichnet werden. Grundvoraussetzung dabei ist aber, daß dieser Sickerweg erhalten bleibt, was aber nur durch ein entsprechendes Schutzgebiet erreicht werden kann. Unter diesen Voraussetzungen bietet der vertikale Sickerweg eine zusätzliche Sicherheitskomponente zum nachfolgenden horizontalen, nach der Schweizer Wegleitung mindestens 100 m langen Fließweg. Die Kenntnis dieser Strecke, die nach Gleichung (4) direkt von der Abstandsgeschwindigkeit, indirekt von der Nutzporosität abhängt, ist bei einer

allfälligen Kontamination unbedingt notwendig, um Sanierungsmaßnahmen rechtzeitig einleiten zu können. Die dazu erforderliche Reaktionszeit verkürzt sich bei Pumpbetrieb, da durch das größere Grundwasserspiegelgefälle im Absenkungstrichter des Förderbrunnens die Anströmungsgeschwindigkeit erhöht ist.

#### 4. Bestimmungsverfahren

Methoden, das effektive oder nutzbare Porenvolumen – den natürlichen Verhältnissen entsprechender – den durchflußwirksamen Hohlraumanteil direkt an einer Sedimentprobe zu bestimmen, wurden bereits von A. THURNER (1967) erwähnt. Er bezeichnet den aus der gesättigten Probe gewinnbaren Wasseranteil als Wasserentzug, setzt ihn aber zum Gesamtporenraum in Beziehung.

Ähnlich verfährt K. P. SEILER (1973), der das spontan entwässerbare Hohlraumvolumen nach einer Entwässerungszeit von 5 Stunden prozentuell zum Gesteinsporenvolumen, wie in Gleichung (1) und (2), angibt. Dem Vorgang der natürlichen Durchsickerung nach den Gesetzen der Schwerkraft jedoch nicht entsprechend ist dagegen eine Methode des USGS, die den Porenraum durch Zentrifugieren entwässert (S. W. LOHMANN, 1972 und H. R. LANGGUTH & R. VOIGT, 1980).

Unter Weiterentwicklung der o. a. Verfahren wurden im Labor der Geologischen Bundesanstalt an möglichst ungestört entnommenen, meist ausgegrabenen Sedi-

| GEOLOGISCHE BUNDESANSTALT WIEN – DOKUMENTATION  |                                     |                                       |                          |   |                                 | GEOPUNKT   |  | EDV                     |  |                               |  |                          |  |                    |  |
|---|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|--|--|-------------------------|--|-------------------------------|--|--------------------------|--|--------------------|--|
| 1 Proben-Code<br><b>GP</b>  | 4 Vert. / 5 Syst.<br><b>ASG III</b> | 6 Länge<br><b>9040850</b>             | 7 Breite<br><b>33560</b> | 8 Höhe<br><b>340</b>                              | 9 Teile von<br><b>10 bis 11</b> |  |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| 10 Ort<br><b>137</b>  | 11 Land<br><b>B</b>                 | 12 Region<br><b>Wasserr. Burgenl.</b> |                          | 13 Stratigraphische Einheit<br><b>St. Georgen</b> |                                 | 14 Stratigraphische Untereinheit                   |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| 15 Alter von<br><b>1907</b>   |                                     | 51 bis                                |                          | 52 Zone   |                                 |  |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| 16 Petrographie (Bestand/Genesi/ Farbe/ Formenelemente u. Zusatzzeichen/ Diverses)<br><b>m5 + f5</b>  |                                     |                                       |                          |   |                                 | 17 Name Standort<br><b>Wasserr. K. S. Burgenl.</b> |  | 19<br><b>1982/12/13</b> |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| <b>KOLLMANN</b>   |                                     |                                       |                          |   |                                 |  |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| <b>FUNDORT - BESCHREIBUNG</b>   |                                     |                                       |                          |   |                                 | <b>ANALYSEN BESCHREIBUNG</b>                       |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| 20 Proben-Nr./Ausschnitts<br><b>H 137 / 229</b>   |                                     | 22 Aufschlußart<br><b>SG</b>          |                          | 26 Code<br><b>GP</b>                              |                                 | 27 Methode<br><b>GBA</b>                           |  | 28 Jahr<br><b>1982</b>  |  | 29 Analysen-Nr.<br><b>137</b> |  |                          |  |                    |  |
| 21 Lagerung/Gefüge etc.<br><b>Locker - mittelfest</b>   |                                     |                                       |                          |   |                                 | 30 Bearbeiter<br><b>B. S.H.M.</b>                  |  | EDV                     |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| 23 - 25 Zusätzliche Angaben (ev. Skizze)<br><b>SG W. Unterewart</b><br><br><b>Probennahme an Grubeensohle<br/>(im Hangenden ~ 10 m U, f2)</b><br><br><b>GBA - BH<br/>137<br/>Unterewart</b> |                                     |                                       |                          |   |                                 | 31 - 36 Analysenergebnis                           |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
|   |                                     |                                       |                          |   |                                 | 36 Code  |  | 37 Methode              |  | 38 Jahr                       |  | 39 Analysen-Nr.          |  |                    |  |
|   |                                     |                                       |                          |   |                                 | 30 Bearbeiter                                      |  | EDV                     |  |                               |  |                          |  |                    |  |
|   |                                     |                                       |                          |   |                                 | Proben-<br>volumen                                 |  | H <sub>2</sub> O<br>+   |  | H <sub>2</sub> O<br>-         |  | Gesamt-<br>porosität     |  | Nutz-<br>porosität |  |
|   |                                     |                                       |                          |   |                                 | ml   |  |                         |  |                               |  | %                        |  |                    |  |
|   |                                     |                                       |                          |   |                                 | <b>925</b>   |  | <b>395</b>              |  | <b>20</b>                     |  | <b>48</b>                |  | <b>2</b>           |  |
| <b>LITERATURANGABEN</b>   |                                     |                                       |                          |   |                                 | <b>PRÄPARATIONS- u. INVENTARANGABEN</b>            |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |
| 37  |                                     |                                       |                          |   |                                 | 38 Code  |  | 39 Labor-Nr.            |  | 40 Präparator                 |  | 41 Inventarangaben (Nr.) |  |                    |  |
|   |                                     |                                       |                          |   |                                 |  |  |                         |  |                               |  |                          |  |                    |  |

Formular P 4/5. Aufl. (45.001-70.000)

Abb. 3: Aufnahmsformular der Geologischen Bundesanstalt mit Eintragung der Labormessungen (GEOPUNKT kompatibel für EDV-Datenbank).

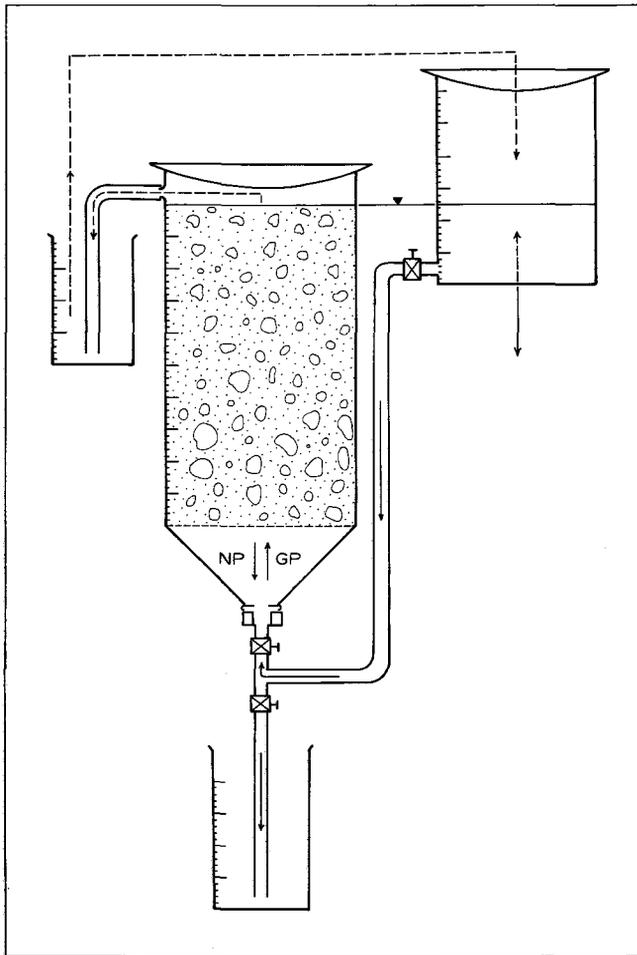


Abb. 4: Schema der Meßanordnung für die Bestimmung des trocken auffüllbaren ( $\approx$  Gesamtporosität GP) und frei entwässerbaren ( $\approx$  Nutzporosität NP) Porenraums bzw. durchflußwirksamen Hohlraumanteils von Sedimentproben.

mentproben (siehe Kap. 5) Wasserauffüll- und Entleerungsversuche routinemäßig ausgeführt. Dazu wurde an den in Kunststoffzylinder gepreßt eingebauten Monolithen von bis zu 3 kg Trockengewicht von unten her und zuerst mit höherem hydrostatischem Druck Wasser eingespiegelt (Abb. 3 und 4). Grundsätzlich wurde getrachtet, die Imbibition bis zur vollständigen Sättigung durch Zirkulation im Kreislauf ständig aufrecht zu erhalten. Dabei wurde auch die Möglichkeit für das Entweichen der Porenluft sowie die Zeit für ein allfälliges Aufquellen von Tonmineralien gegeben. Die Wasserzugabe bis zum Erreichen eines Stationärzustandes dauerte daher meist 24 bis 48 Stunden. Zur Hintanhaltung von Verdunstungsverlusten wurde die Probe und das Meßgefäß, von dem die Wasserzufuhr mittels Schlauch

|                               |               |  |                      |                   |
|-------------------------------|---------------|--|----------------------|-------------------|
| Probe Nr.<br>H 137/229        | W. Unterwart  | Koordinaten:<br>r = 1040850<br>h = 5235800 |                      |                   |
|                               |               | Tiefe von                                  | 10.00m               |                   |
|                               |               | bis  | 11.00m               |                   |
| Grob- und<br>Mittelkies       | 0.00 %        | D 10                                       | 0.076                |                   |
| Feinkies                      | 0.00 %        | D 20                                       | 0.109                |                   |
| Grobsand                      | 0.42 %        | D 50                                       | 0.219                |                   |
| Mittelsand                    | 51.83 %       | D 60                                       | 0.302                |                   |
| Feinsand                      | 41.68 %       | U  | 3.973                |                   |
| Silt und Ton                  | 6.07 %        |  |                      |                   |
| Sand                          | (S)           |  | mäßig sortiert       |                   |
|                               | k-Wert<br>m/s | Nutzporosität<br>%                         | Gesamtporosität<br>% |                   |
| HAZEN                         | 6.7E-05       | 3  |                      |                   |
| BEIER                         | 5.2E-05       | 2  |                      |                   |
| BIALAS                        | 2.2E-05       | 0  |                      |                   |
| Labor                         | ----          | 2  | 48                   |                   |
| Pumpversuch                   | ----          | ---  |                      |                   |
| Empfohlene Filterschlitzweite | 0.2 mm        |  |                      |                   |
| mm                            | Eingabe       | %  | %-Summe<br>aufstg.   | %-Summe<br>abstg. |
| 6.300                         | 0.000 g       | 0.000                                      | 0.000                | 100.000           |
| 2.000                         | 0.000 g       | 0.000                                      | 0.000                | 100.000           |
| 0.630                         | 5.000 g       | 0.415                                      | 0.415                | 99.585            |
| 0.200                         | 624.500 g     | 51.834                                     | 52.249               | 47.751            |
| 0.063                         | 502.200 g     | 41.683                                     | 93.933               | 6.067             |
| <0.063                        | 73.100 g      | 6.067                                      | 100.000              | 0.000             |

Abb. 5: EDV-Ausdruck über die Auswertung von Korngrößenanalysen und Porenraumuntersuchungen.

nach vorheriger Entlüftung erfolgte, mit einem Uhrglas abgedeckt. Die Menge des benötigten Wassers bis zur Sättigung wurde der Gesamtporosität gleichgesetzt. Danach erfolgte die Entleerung bis zu einer Dauer von 48 Stunden, je nach Körnigkeit des Sediments. Die Ergebnisse, die sich somit für den durchflußwirksamen Hohlraumanteil ergaben, lassen sich bei größeren Fraktionen mit jenen aus der MAROTZ-Beziehung gewonnenen größenordnungsmäßig vergleichen (Abb. 5).

## 5. Diskussion und Geltungsbereich

Jede Sedimentprobe wird durch die Manipulationen bei ihrer Gewinnung gestört. Da vollkommen ungestörte Bodenproben nicht zu entnehmen sind, können Ergeb-

nisse nur als Richtwerte von Laborversuchen gewertet werden. Unter der Voraussetzung gleicher Modalitäten bei der Probennahme ist zumindest deren relative Vergleichbarkeit gewährleistet. Aus diesen Gründen wurden Sedimentproben nach Möglichkeit mit einem Stechzylinder durch Ausgraben gewonnen.

Bei der Untersuchung von Bohrkernen ist zu beachten, daß bei Schlagbohrverfahren, die in Lockergesteinen zumeist eingesetzt werden, Sedimentproben mittels Kiesbüchse oder Greifer gewonnen werden. Sobald nun die Bohrung im Grundwasserleiter steht, werden bei dieser Probennahmeart Feinteile ausgespült, wobei bereits eine Korngrößenfraktionierung stattfindet. Es stehen daher für die Untersuchung im Labor nur gestörte Proben zur Verfügung, die entweder nach den obigen Prozessen zu wenig Feinkorn oder nach längeren Stehzeiten durch schlammartiges Absetzen an der Bohrlochsohle zuviel Feinkorn aufweisen können. Es ist daher nahezu unmöglich, repräsentative Bodenproben zu gewinnen, zumal durch den Bohrvorgang die ursprüngliche Lagerungsdichte nicht reproduzierfähig ist. Deshalb wurden Trockenkernbohrungen im Rotationsverfahren bevorzugt, wobei aber auch durch den Schneidkranz fein zerriebenes Material an die Innenwand des Kernrohres gepreßt wird und damit eine Verdichtung des Probenäußeren zur Folge hat. Jedenfalls sind bei dieser Bohrmethode eher ungünstigere Werte zu erwarten.

Eine durch Komponenten-Einregelung oder Asymmetrie bedingte Schichtung und Anisotropie bestimmt zwar sehr wesentlich den in diesem Fall richtungsabhängigen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$ , hat aber auf die Porosität weniger Einfluß, da die Poren allseitig und zeitunabhängig befüllt werden können.

Grundsätzlich wurde bei jeder Probenahme getrachtet, die jeweils optisch als bestdurchlässig erkennbare Sedimentausbildung zu beproben. Diese Vorgangsweise bei nicht homogen aufgebauten Lockergesteinen wurde deshalb gewählt, weil in solchen Fällen die Grundwasserströmung ja auch die optimal durchlässigen Bereiche bevorzugt durchfließt. Außerdem koinzidieren solche Zonen mit den Bahnen raschster Ausbreitungsgeschwindigkeit bei Kontamination des Grundwassers.

Vergleichende Meßreihen mit unterschiedlichen Probeneinbaubedingungen und Volumina haben einen methodischen Fehler von  $\pm 7\%$  festgestellt.

Aus den genannten Gründen sind Ergebnisse aus Laboruntersuchungen lediglich größenordnungsmäßig zu verstehen um Vergleiche untereinander zu ermöglichen, die es dann gestatten, aufwendigere In situ-Versuche gezielt anzusetzen (W. KOLLMANN, 1984).

## 6. Fallbeispiele

Zunehmende Transportweite bewirkt durch Umlagerung, Zerkleinerung und Verwitterung eine Verminderung der durchflußwirksamen Hohlräume klastischer Gesteine.

Die Randbereiche des Steirischen und Pannonischen Beckens am Gebirgsfuß des Wechsel- und Raabalenkristallins sind von diesem Transportmechanismus gekennzeichnet (Abb. 6). Über dem von Murenschutt und Blockwerk (Sinnersdorfer Schichten) bedeckten kristallinen Grundgebirge transgredieren zuerst sandige Mittelkiese und Grobsande einer Brandungsfazies des Badeniens. Auch im Sarmat zeigt die lithologische Ausbildung eine ähnliche Zusammensetzung. Der Habitus ändert

sich durch limnisch-fluviatile Fazies ab dem Pannon. Während des Pannons und Ponts kommt es durch raschen vertikalen und horizontalen Wechsel im Sedimentationsrhythmus zur Bildung mächtiger feinklastischer Ablagerungen mit lokalen Einschaltungen grobkörniger Komponenten in dieser Matrix. Vor allem schluffige Feinsande, stellenweise Ton und linsenförmig eingelagerte, sandige Kiese sind das Ergebnis dieser Sedimentationsfazies in bereits größerer Entfernung vom Grundgebirgsrand. Da dieses Gebiet im Pleistozän im periglazialen Bereich gelegen war, zeigen dessen Ablagerungen nur durch Solifluktion umgelagerte, tertiäre Feinsedimente in geringmächtiger Entwicklung. Es kam zu keiner nennenswerten Akkumulation. Denudation zu Verebnungsflächen und Lateralerosion waren die kennzeichnenden morphogenetischen Prozesse.

Entsprechend dieser Sedimentationsentwicklung lassen sich hydrogeologische Eigenschaften wegen der damit verbundenen Korngrößenzusammensetzung, Kornform, Sortierung und Lagerungsdichte erkennen.

Eindeutig ist der Bereich um Pinkafeld–Wiesfleck, wo Baden und Sarmat obertags austreichen, durch größenordnungsmäßig höhere durchflußwirksame Hohlräume und Durchlässigkeiten ausgezeichnet. Da dieser Bereich Einzugsgebiet und damit bevorzugtes Infiltrationsgebiet für die im Schichteinfallen erschlossenen artesischen Tiefengrundwässer weiter südlich davon (Riedlingsdorf–Oberwart) ist, kann eine Regenerierung nur in diesem prozentuellen Ausmaß (d. h. maximal 17%) des Speichergesteinsvolumens erfolgen. Die eminente wasserwirtschaftliche Bedeutung geht aus der höheren spezifischen Ergiebigkeit der erschroteten Wässer hervor (Abb. 7).

Dort, wo Schluffe und tonige Sande dominieren oder, wie im Pannon und Pont häufig, als Zwischenmittel grobkörniger Komponenten eingelagert sind, sind die Poren großteils geschlossen bzw. mit Haftwasser erfüllt, sodaß bei zwar hohem Sättigungsgehalt (> 50%) der frei entwässerbare Hohlraumanteil mit 2–5% für eine Regenerierung wasserwirtschaftlich unbedeutend ist. Allerdings kann dieses Sediment deshalb nicht als dicht oder wasserundurchlässig in Hinblick auf Deponieabdichtung bezeichnet werden. Für eine genauere Beurteilung, nicht nur der sandigen Partien ist eine erweiterte Untersuchung über Geometrie, Fazies, Struktur und eventuell Klüftung erforderlich. Es ist außerdem zu berücksichtigen, daß chemische Eluate aus Deponien, insbesondere chlorierte Kohlenwasserstoffe, nicht den für Wasser gültigen Durchlässigkeiten und Gesetzmäßigkeiten nach DARCY folgen. Spezielle Material- und Gefügeuntersuchungen, die viskositäts- und zeitunabhängig den in solchen Fällen ebenfalls wichtigen Gesamtporenraum zu beurteilen haben, sollten durch Modellversuche mit den betreffenden Stoffen zusätzlich durchgeführt werden. Die Entwicklung nichttoxischer Tracer mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften von Problemstoffen sollte aus diesem Grund vorangetrieben werden.

Im oberen Pinka- und Lafnitztal hat sich durch Porenraumuntersuchungen an alluvialen Deckschichten gezeigt, daß die Durchsickerungsmöglichkeit dieser geringmächtigen Lehme (meist < 2 m, weswegen als Übersignatur in Abb. 6 gleich die Lithologie des gröberklastischen Liegenden verwendet wurde) lokal und jahreszeitlich sehr unterschiedlich sein kann. Sogar im gesättigten Zustand, wie er der Versuchsdurchführung entspricht, sind dennoch Werte zwischen 3 und 8% als durchflußwirksamer Hohlraumanteil ermittelt worden. Berücksichtigt man, daß bei

Legende zu Abb. 6:

Hydrogeologisch vereinfachte Geologie

nach publizierten und unpublizierten Aufnahmen

Übersignaturen, wenn obertags ausstreichend:

|  |                             |  |  |
|--|-----------------------------|--|--|
|  | Lehm, Schluff, Ton          |  | Kalk, Marmor   |
|  | Sand                        |  | Dolomit, Rauhwacke                                     |
|  | Kies                        |  | Kalkschiefer   |
|  | Blockwerk in Feinkornmatrix |  | Quarzit  |
|  | Hangschutt                  |  | Gneis  |
|  | Brekzie                     |  | Phyllit, Schiefer                                      |
|  | Konglomerat                 |  | Basisches Gestein                                      |
|  | Vulkanit                    |  | Unbekannt auf Grund der derzeitigen Aufschlußsituation |

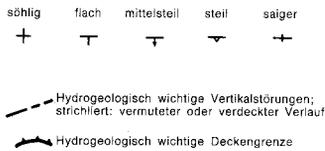
QUARTÄR

|  |   |                      |
|--|---|----------------------|
|  | Alluvium. Rezent bis subrezent Verwitterungs- und Aulehm (Übersignatur, wenn geringdurchlässige Deckschichten >2 m mächtig) über bereichsweise besser durchlässigen Gesteinen.        | Holozän              |
|  | Hangschutt, Verwitterungsschutt. Jahreszeitliche Sickerwasserdurchfeuchtung, strähnige Wasserführung. Folgequellen.   | Holozän und älter    |
|  | Niederterrasse. Grobkörnige Quarzscherer in sandiger Matrix mit Lehmbedeckung (>2 m mächtig durch Übersignatur dargestellt). Wasserführend.   | Pleistozän           |
|  | Hochterrasse und höher gelegene Fluren. Geringmächtige, stark wechselnde Grobscherer mit feinkörniger Matrix (verwittert). Mächtige Lehmbedeckung. Gering durchlässig. z. T. trocken. | Pleistozän und älter |

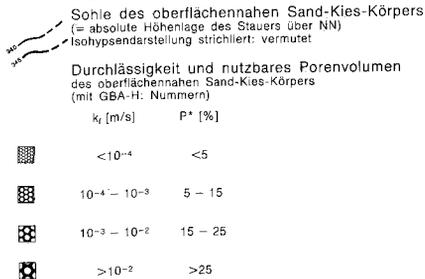
TERTIÄR

|  |   |               |
|--|---|---------------|
|  | Basalt und andere Vulkanite. Geklüftet, gut wasserwegsam. Säuerlinge und Mineralwässer.   | Daz und älter |
|  | Schluff mit Kies- und Sandeinlagerungen (i. a. geringmächtig und linsenartig). Bereichsweise tiefliegende artesische bzw. gespannte Grundwässer.  | Pont          |
|  | Schluff. Selten größerklastische Einschaltungen. Hydrogeologisch ähnlich Pont.  | Pannon        |
|  | Sandiger Kies und Schluff (siehe Übersignaturen). Flächenhafte Akkumulationen und Aquifere. In Grundgebirgsferne auch gute Tiefengrundwasserleiter.   | Sarmat        |
|  | Hydrogeologisch wie Sarmat. Rifflkalk (siehe Übersignatur) mit Trenntugendurchlässigkeit.   | Baden         |
|  | Sinnersdorfer und Krumbacher Schichten. Schlicht sortierter Blockschutt, Konglomerat, sandige, z. T. verfestigte Partien. Feinklastisches Zwischenmittel. In Auflockerungszonen bereichsweise gering wasserführend. | ?Karpat       |

TEKTONIK



HYDROGEOLOGIE



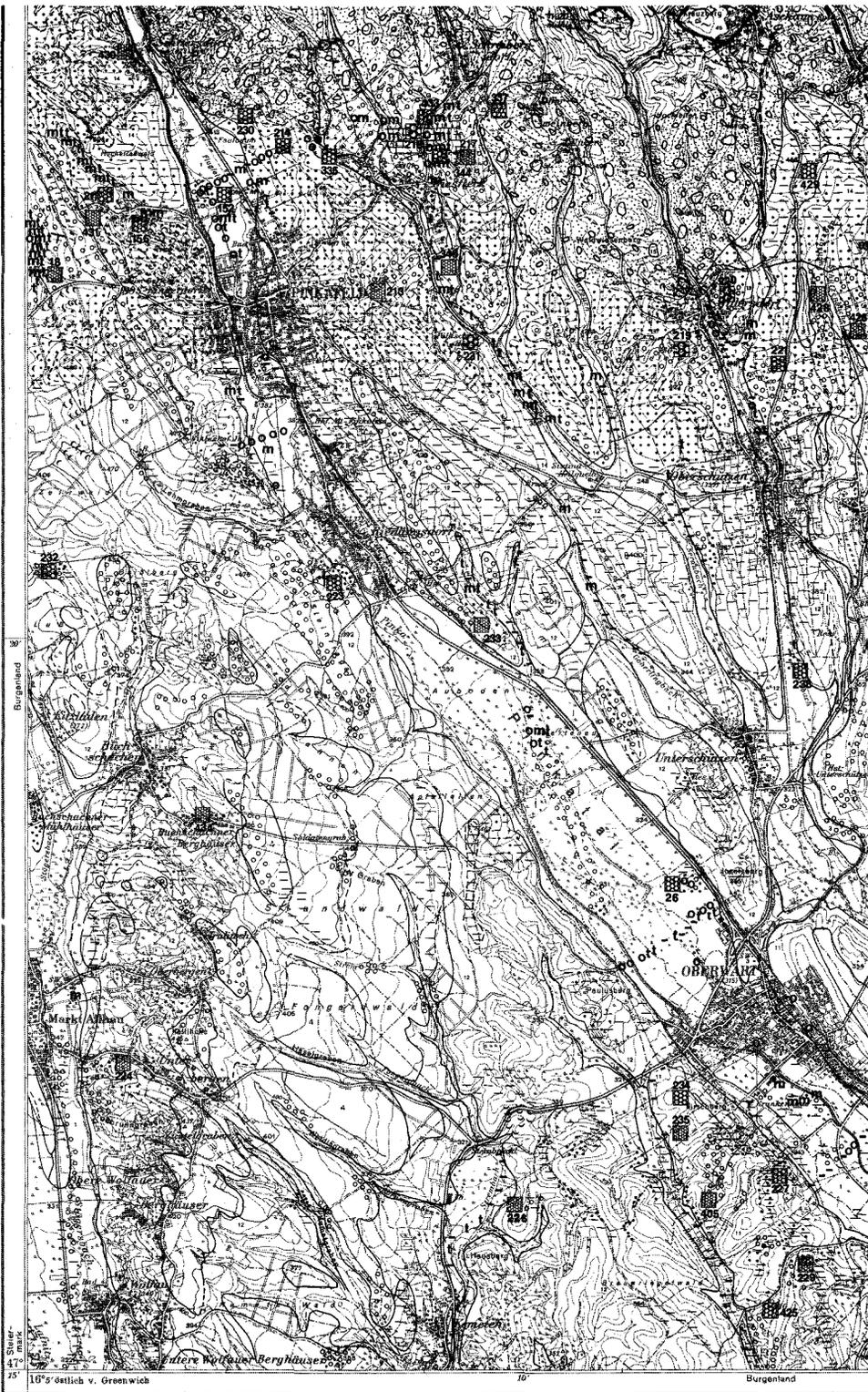
MORPHOLOGIE



Wasserhöffigkeit und Transmissivität

|          |  |
|----------|--|
| <b>o</b> | oberflächennahe Höffigkeit bis 30 m unter GOK (>200 Ohmmeter und >5 m Aquifermächtigkeit bzw. $T > ca. 10^{-4} m^2 s^{-1}$ ) |
| <b>m</b> | mitteltiefe Höffigkeit von 30 bis 70 m unter GOK (>70 Ohmmeter, sonst wie oben)  |
| <b>t</b> | tiefe Höffigkeit unter 70 m unter GOK (>50 Ohmmeter, sonst wie oben)   |
| <b>-</b> | keine wasserwirtschaftlich relevante Höffigkeit  |

Abb. 6: Verkleinerter Ausschnitt aus der hydrogeologischen Grundkarte ÖK 137 Oberwart des Projektes BA 5a „Wasserhöffigkeitskarte Südburgenland“ (W. KOLLMANN, 1986, geologische Kompilation nach F. SAUERZOPF, 1985). →



### Legende

zu den Themenkarten über

### quantitative und qualitative Verhältnisse (Abb. 7)

| oder unbekannt | <1<br>1 - 10 | >10 l·s <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> | Spezifische Ergiebigkeit<br>(bezogen auf Nenn-Ø 500 mm)             |                        |
|----------------|--------------|--|---|------------------------|
|                |              |  | <8° dH = <1,4 mmol/l = weich  | Karbonathärte          |
|                |              |  | 8-18° dH = 1,4-3,2 mmol/l = mittelhart                              |                        |
|                |              |  | 18-30° dH = 3,2-5,4 mmol/l = hart                                   |                        |
|                |              |  | >30° dH = >5,4 mmol/l = sehr hart                                   |                        |
|                |              |  | ohne Analyse  |                        |
|                |              |  | Quellaustritte  |                        |
|                |              |  | <30 m   | Brunnen bzw. Bohrungen |
|                |              |  | >30 m<br>Endtiefen  |                        |
|                |              |  | Schichtenverzeichnis siehe Bohrtabelle                              |                        |
|                |              |  | artesische  |                        |
|                |              |  | Druckwasserspiegel<br>unter GOK gespannte                           |                        |
|                |              |  | Wasserversorgungen  |                        |
|                |              |  | Säuerlinge und Wässer mit wesentlich erhöhtem Gehalt an Kohlensäure |                        |
|                |              |  | Mineralwässer   |                        |
|                |              |  | Geothermisch beeinflusste Wässer (Subtherme <20°C)                  |                        |
|                |              |  | Thermalwässer (>20°C)   |                        |
|                |              |  | Wasserschutzgebiet  |                        |
|                |              |  | Wasserschongebiet   |                        |

Abb. 7: Verkleinerter Ausschnitt aus der Karte Wasseraufschließung ÖK 137 Oberwart des Projektes BA 5a „Wasserhöfigkeitskarte Südburgenland“ (W. KOLLMANN, 1986). →



16° 16' 30" E  
47° 15' N

16° östlich v. Greenwich

Burgenland

längeren niederschlagslosen Hitzeperioden tiefreichende Trockenrisse entstehen können und somit eine gute Trennfugendurchlässigkeit wirksam wird, so ist ihre Schutzfunktion nicht mehr gegeben. Dieser Umstand und die Tatsache, daß die Aulehmdecke bereichsweise entfernt oder penetriert wurde, ist dafür maßgebend, daß bei der Einrichtung von Weiteren Schutzgebieten die geforderte unterirdische Aufenthaltsdauer von 50 Tagen ausschließlich durch die horizontale Fließgeschwindigkeit im Aquifer selbst erbracht werden muß. In den Alluvionen wurden Abstandsgeschwindigkeiten von 4 bis 14 m/d ermittelt. Die Ausdehnung von Weiteren Schutzgebieten (Schutzzone II) nach der 50-Tagesgrenze würde oberstromige Erstreckungen von 200 bis 700 m erforderlich machen.

### Literatur

- DAVIS, S. N. & DE WIEST, R. J. M.: Hydrogeology. – 463 S., New York–London–Sidney 1966.
- HÖLTING, B.: Hydrogeologie. – Stuttgart 1980. 340 S.
- KOLLMANN, W.: Stand der hydrogeologischen Untersuchungen im südlichen Burgenland (Österreich). – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A. (5), 55–71, Wien 1984.
- KOLLMANN, W.: Abschlußbericht 1978–1984 über das Projekt BA 5a „Wasserhöffigkeitskarte Südburgenland“. – Unpubl. Ber., Proj. BA 5a/F, Geol. B.-A., Wien 1986.
- LANGGUTH, H. R. & VOIGT, R.: Hydrogeologische Methoden. – 486 S., Berlin–Heidelberg–New York 1980.
- LOHMAN, S. W.: Groundwater hydraulics. – Geol. Survey Profess. Paper 708, VII, 70 S., Washington D. C. 1972.
- ÖNORM B 2400: Hydrologie (Hydrographische Fachausdrücke und Zeichen). – Österr. Normungsinst., 35 S., Wien 1986.
- RICHTER, W. & LILICH, W.: Abriss der Hydrogeologie. – Stuttgart 1975. 281 S.
- SAUERZOPF, F.: Die Geologische Karte Blatt 137 Oberwart. – Wiss. Arbeiten Bgld. (71), 271–274, Eisenstadt 1985.
- SAUERZOPF, F.: Geologische Manuskriptkarte Blatt 137 S Oberwart. – Unpubl., Illmitz 1985.
- SEILER, K. P.: Nutzbares Hohlraumvolumen, auffüllbares Hohlraumvolumen und Speicherkoeffizient. – bbr (24), 363–365, Köln 1973.
- TURNER, A.: Hydrogeologie. – 350 S., Wien–New York 1967.
- ZELLHOFER, O.: Die Messung von Grundwasserbewegungen mittels radioaktiver Tracer. – Österr. Wasserwirtschaft, Jg. 19 (1), 16–20, Wien 1967.
- ZETINIGG, H.: Folgerungen aus den Grundwasserverhältnissen für die Dimensionierung von Grundwasserschutzgebieten im Mur- und Mürztal. – Österr. Wasserwirtschaft, Jg. 35 (1/2), 1–12, Wien–New York 1983.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 23. Juni 1986