

# Die hydrogeologische Karte der Schweiz 1:500000

Autor(en): **Jäckli, Heinrich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **60 (1967)**

Heft 2

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-163503>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Die hydrogeologische Karte der Schweiz 1:500000

Von HEINRICH JÄCKLI

Mit 1 Tafel (I)

## ZUSAMMENFASSUNG

In der Hydrogeologischen Karte der Schweiz 1:500000, die als Tafel 16 des «Atlas der Schweiz» von der Eidg. Landestopographie herausgegeben wird, werden die Flächenfarben als dominierendstes Element der Karte für die Darstellung der Durchlässigkeit verwendet. Dabei wird zwischen Lockergesteinen – mit den Schottern der Talsohlen als für die Wasserversorgung wichtigsten Grundwasserleitern – und Festgesteinen unterschieden. Besonderer Wert wird auf die Beziehungen zwischen Fluss und Grundwasser gelegt und dargestellt, wo Flusswasser ins Grundwasser infiltriert, sei es natürlich, sei es künstlich verstärkt in den Stauhaltungen der Flusskraftwerke. Neben einer Anzahl wichtiger Quellen sind sämtliche bis 1966 gebauten Grundwasserfassungen wie auch die Mineral- und Thermalquellen eingetragen.

## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort . . . . .	590
I. <i>Methodisches</i> . . . . .	591
A. Flächenfarben . . . . .	591
B. Lockergesteine und Festgesteine . . . . .	591
C. Lithologische Signaturen . . . . .	591
D. Spezielle Signaturen . . . . .	592
II. <i>Durchlässigkeit und Grundwassertypen</i> . . . . .	592
A. Durchlässigkeit der Lockergesteine . . . . .	592
Lockergesteine grosser Durchlässigkeit . . . . .	592
Schotter in den Talsohlen . . . . .	592
Schotter ausserhalb der wichtigen Talsohlen . . . . .	593
Tonarme kiesige Bachschuttkegel . . . . .	593
Tonarmer Gehängeschutt, Bergsturzschutt, Rutschungs- und Sackungsschutt . . . . .	593
Lockergesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit . . . . .	594
Limnische Talfüllungen . . . . .	594
Moränen . . . . .	594
Lockergesteine mittlerer bis geringer Durchlässigkeit . . . . .	594
Lockergesteine geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit . . . . .	594
B. Bedeckte Grundwasserleiter . . . . .	595
C. Durchlässigkeit der Festgesteine . . . . .	595
Festgesteine grosser Durchlässigkeit . . . . .	595
Festgesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit . . . . .	596
Festgesteine mittlerer bis geringer Durchlässigkeit . . . . .	596
Schieferige und glimmerreiche Gneise, Glimmerschiefer, Grünschiefer . . . . .	596

---

Adresse des Autors: Jacob-Burckhardt-Strasse 8, 8049 Zürich.

Kalke mit Mergelzwischenlagen; Sandsteine; Wechsellagerung von Mergeln, Sandsteinen und Nagelfluh . . . . .	596
Schichten vorwiegend konglomeratischer Ausbildung . . . . .	597
Festgesteine sehr geringer Durchlässigkeit . . . . .	597
III. <i>Quellen und Grundwasserfassungen</i> . . . . .	597
Wichtige Quellen . . . . .	597
Grundwasserfassungen . . . . .	597
Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung . . . . .	598
Mineral- und Thermalquellen . . . . .	598
Literaturverzeichnis . . . . .	599
Hydrogeologische Karten . . . . .	601

### *Vorwort*

Die vorliegende hydrogeologische Karte der Schweiz bildet Tafel 16 des Atlas der Schweiz, herausgegeben im Auftrag des Schweizerischen Bundesrates im Verlag der Eidgenössischen Landestopographie, Wabern-Bern, welche auch die kartentechnische Herstellung und den Druck besorgte. Herrn Prof. Dr. h. c. Ed. Imhof, Präsident der Redaktionskommission, und Herrn E. Huber, Direktor der Eidg. Landestopographie, danke ich für die Erlaubnis, diese Karte im Fortdruck auch in den *Eclogae geologicae Helvetiae* veröffentlichen zu können.

Wie ist diese Karte entstanden? Ausgangspunkt war eine systematische Untersuchung der Darstellung hydrogeologischer Elemente auf Karten, wobei ganz verschiedene Maßstäbe berücksichtigt wurden. Die dabei erarbeitete Legende für kleine Maßstäbe sollte zum Abschluss an einer hydrogeologischen Karte der Schweiz erprobt werden. Beim Entwerfen dieser Karte hatte ich das Glück, die Mitarbeit einer grossen Zahl von Fachkollegen für spezielle Gebiete in Anspruch nehmen zu können, nämlich G. Amberger für Genf, A. Burger für Neuenburg, E. Dal Vesco für das Tessin, L. Hauber für Basel-Stadt, Th. Kempf für Appenzell, H. Ledermann für Teile von Solothurn, J. Mautner für die Waadt, A. von Moos und C. Schindler für Gebiete der Kantone Luzern und Glarus, L. Mornod für Freiburg und Wallis, R. Rutsch für Gebiete des Kantons Bern, F. Saxer für St. Gallen, H. Schmassmann für Baselland und angrenzende Gebiete des Juras, A. Weber für Gebiete des Kantons Zürich, R. U. Winterhalter für Uri und Misoix, E. Witzig für Schaffhausen und L. Wyssling für Teile Graubündens und des Aargaus.

Der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und die Schweizerische Geologische und Geotechnische Kommission gewährten mir einen namhaften Beitrag. Die Karte wurde im Entwurf 1:200000 von meinem Mitarbeiter Th. Kempf gezeichnet; die kartographische Gestaltung besorgte das Redaktionsbüro des Atlas der Schweiz, mit Herrn Prof. E. Imhof als Chefredaktor und Herrn Leuzinger als Kartograph. Neben den zahlreichen offiziellen und privaten geologischen Karten, die nicht einzeln im Literaturverzeichnis aufgeführt werden können, wurden zahlreiche unveröffentlichte Unterlagen, Karten und Pläne der kantonalen Wasserwirtschafts- und Gewässerschutzämter verwendet. Allen beteiligten Herren, Amtsstellen und Institutionen spreche ich an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank für die kollegiale Zusammenarbeit und die tatkräftige Unterstützung aus.

## I. Methodisches

### A. Flächenfarben

Die Flächenfarben als auffallendstes Kartenelement werden auf unserer Karte für die Darstellung der *Durchlässigkeit* verwendet, um die geographische Verbreitung von Gesteinen mit analogen hydrologischen Eigenschaften zur Darstellung zu bringen. Eine solche Verwendung der Farben steht im Gegensatz etwa zur französischen Methode, die in die internationale Standardlegende der AIHS übernommen wurde, nach welcher auch auf hydrogeologischen Karten die Farben gemäss der internationalen stratigraphischen Legende für das Alter der Grundwasserleiter verwendet werden. Auf den kleinmaßstäblichen deutschen Karten, der «Hydrogeologischen Übersichtskarte 1:500000» wie auch der «Grundwasserkarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1000000», werden die Farben für die Darstellung der sog. «Grundwasserhöflichkeit» verwendet, ein Begriff, der sich nicht überall mit der Durchlässigkeit zu decken braucht.

Dagegen gibt es schweizerische und ausländische Beispiele, wo die Farbe im Prinzip ähnlich wie auf unserer Karte ebenfalls für die Durchlässigkeit verwendet wird. Genannt seien F. MÜHLBERG (1901), Blatt Brugg 1:25000; P. BITTERLI (1945), Blauen 1:25000; Hydrogeologische Karte von Ungarn 1:1000000 (1959); H. BREDDIN und H. LANGGUTH (1961), Hydrogeologisches Kartenwerk 1:25000 von Nordrhein-Westfalen; Carte des nappes d'eau souterraine de la France 1:1000000 (1964).

### B. Lockergesteine und Festgesteine

Auf der Karte wird unterschieden zwischen der Durchlässigkeit der Lockergesteine und jener der Festgesteine. In beiden Fällen werden für grosse Durchlässigkeiten blaue bzw. violette Töne, für sehr geringe Durchlässigkeiten gelbe Töne, für mittelgrosse und uneinheitliche Durchlässigkeit grüne bzw. braune Töne verwendet. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, dass auch dort, wo Festgesteine dargestellt sind, auf diesen meist eine gewisse Schuttdecke liegt, deren Durchlässigkeit eine andere ist als jene der dargestellten Felsunterlage. Andererseits ist selbstverständlich überall unter den ausgeschiedenen Lockergesteinen die Felsunterlage zu erwarten. Wo auf der Karte Lockergestein und wo Festgestein dargestellt wird, beispielsweise bei Moränendecken an Berghängen, hängt oft vom Ermessen des Autors ab und wird zudem stark durch den kleinen Kartenmaßstab beeinflusst.

### C. Lithologische Signaturen

Auf die Verwendung lithologischer Signaturen für die Grundwasserleiter, wie sie die internationale AIHS-Legende 1962 vorsieht, kann mit wenigen Ausnahmen verzichtet werden, weil die Lithologie weitgehend mit der Durchlässigkeit gekoppelt erscheint und damit mittels der Farben ebenfalls zur Darstellung gelangt. Ausnahmen bilden Bachschuttkegel, Gehängeschutt, Bergsturzschutt, Rutschungs- und Sackungschutt, welche mit grauen Signaturen dargestellt werden.

Aus demselben Grund wird auf die Darstellung des Chemismus des Grundwassers verzichtet, stellen doch die Gebiete gleicher Farbe in der Regel ziemlich einheitliche Grundwasserprovinzen mit ähnlichem Grundwasserchemismus dar. Der Chemismus



der Mineral- und Thermalquellen wird in diesem Erläuterungstext auf S. 598 tabellarisch zusammengestellt; ausführlich ist er dargestellt in: «Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz» (1937).

#### D. Spezielle Signaturen

In *Schwarz* werden die wichtigsten hydrologisch wirksamen tektonischen Strukturen dargestellt, nämlich Streichen und Fallen der Schichten, Richtung und Einfallen von Faltenachsen, Brüche und Verwerfungen, ferner die europäische Hauptwasserscheide zwischen Nordsee und Mittelmeer, die Wasserscheide zwischen Po und Inn im Engadin und zwischen Po und Rhone am Nufenen- und Simplonpass. In *Blau* kommen alle *natürlichen* hydrologischen Elemente, in *Rot* die *künstlichen* Elemente wie Grundwasserfassungen, Entwässerungskanäle, Flusskraftwerke und Grundwasseranreicherungsanlagen zur Darstellung.

## II. Durchlässigkeit und Grundwassertypen

Es wird der Versuch unternommen, mittels des Begriffs der Durchlässigkeit die wichtigsten Grundwassertypen zu erfassen und sie als Grundwasserprovinzen auch räumlich-geographisch abzugrenzen.

Dabei bezieht sich die einwandfreie Definition nach DARCY nur auf Lockergesteine mit Porenzirkulation. Im Felsgestein, mit Karstzirkulation im Kalk oder Dolomit oder mit Kluftzirkulation in den übrigen Gesteinen, ist der Begriff der Durchlässigkeit schlechter zu definieren. Der in der Injektionstechnik aus Messungen in Bohrlöchern angewandte Begriff 1 Lugeon = Wasserverlust von 1 l pro m' Bohrloch pro Minute bei 10 atü Überdruck hat sich in der Hydrogeologie noch kaum einzubürgern vermocht.

#### A. Durchlässigkeit der Lockergesteine

Die Durchlässigkeit der Lockergesteine wird üblicherweise angegeben als  $k = v/J$  nach DARCY, wobei  $v$  die Filtergeschwindigkeit und  $J$  das Druckgefälle bedeuten. Die Zirkulation erfolgt in den Poren; die Porengrösse bedingt damit sehr weitgehend die Durchlässigkeit.

#### 1. Lockergesteine grosser Durchlässigkeit

##### a) Schotter in den Talsohlen

Als Lockergesteine grosser Durchlässigkeit mit  $k = 10^{-2}$  bis  $10^{-4}$  m/sec stellen die Schotter in den Talsohlen zurzeit die wirtschaftlich wichtigsten Grundwasserleiter der Schweiz dar. Sie sind deshalb auf der Karte bewusst mit einem kräftigen Dunkelblau herausgehoben, wodurch das Netz dieser Schotterstränge markant in Erscheinung tritt.

Charakteristisch ist die meist schmale, langgezogene Form, am ausgeprägtesten in den Alpentälern. Im extramoränen Gebiet des Mittellandes und des Rheintales handelt es sich dabei vorwiegend um würmeiszeitliche Niederterrassenschotter, im intramoränen Gebiet des Mittellandes um spätwürmeiszeitliche Rückzugschotter, in den Alpentälern um postglaziale bis rezente Schotter.

Wo die Fliessrichtung des Grundwassers nicht mit der Talachse zusammenfällt, wird sie mit blauen Pfeilen angedeutet. Das ist beispielsweise überall dort der Fall, wo heute der Fluss in epigenetischer Felsrinne fliesst, während das Grundwasser eine schon interglazial angelegte Rinne benützt.

Liegt der Flußspiegel tiefer als der Grundwasserspiegel, so wirkt der Fluss als drainierender Vorfluter. Er reguliert in seiner Umgebung weitgehend das Grundwasserniveau, ohne auf den Chemismus des Grundwassers einen Einfluss auszuüben. Kleine, blaue, zum Fluss gerichtete Pfeile demonstrieren diese Verhältnisse.

Liegt dagegen der Flußspiegel höher als der Grundwasserspiegel und ist die Flusssohle durchlässig, so findet Flussinfiltration ins Grundwasser statt. Das bedeutet quantitativ eine natürliche Anreicherung, chemisch eine Veränderung, in der Regel im Sinne einer Verdünnung, einer Verminderung der Mineralisation, bei stark verunreinigtem Flusswasser oft verbunden mit einer erhöhten Sauerstoffzehrung. Auf der Karte werden diese Verhältnisse durch kleine, blaue, vom Fluss zum Grundwasser gerichtete Pfeile dargestellt. Wird diese Flussinfiltration ins Grundwasser künstlich erhöht, was in den Stauhaltungen der Flusskraftwerke der Fall zu sein pflegt, so werden rote Pfeile verwendet.

Der Flurabstand, d.h. die Dicke der nicht wassergesättigten Deckschicht, ferner die Grundwassermächtigkeit und die damit in engstem Zusammenhang stehende Feldergiebigkeit sind nicht dargestellt.

#### b) Schotter ausserhalb der wichtigen Talsohlen

Die Schotter ausserhalb der wichtigen Talsohlen, auf der Karte hellblau dargestellt, sind in der Regel gute Quellsammler, eignen sich aber nicht unbedingt für vertikale Filterbrunnen, da sie an ihren Erosionsrändern meist auf natürliche Weise entwässert werden. Zu diesem Typus gehören die Hochterrassen- und Deckenschotter mittel- bis frühpleistozänen Alters. Die engen Beziehungen zu Flüssen fehlen. Die Grundwasserneubildung erfolgt praktisch nur durch Versickerung der Niederschläge, die allerdings dank der flachen durchlässigen Oberfläche gross ist. Die Vorkommen beschränken sich auf das Mittelland und das Tal des Hochrheins; in den Alpen fehlen sie.

#### c) Tonarme kiesige Bachschuttkegel

Wo Seitenbäche bei ihrer Einmündung ins Haupttal grössere Schuttkegel aus durchlässigem Kalk- oder Kristallinschutt ablagerten, bildet sich ein Grundwasservorkommen meist nur lokaler Ausdehnung. Durch Infiltration von Bachwasser kann die Ergiebigkeit grösser sein, als dem lokalen Versickerungsgebiet entspricht. Die Vorkommen beschränken sich weitgehend auf das Voralpen- und Alpengebiet.

#### d) Tonarmer Gehängeschutt, Bergsturzsutt, Rutschungs- und Sackungssutt

Der Maßstab der Karte erlaubt es nicht, die kleineren kolluvialen Schuttdecken, die selbstverständlich fast überall vorhanden sind, zur Darstellung zu bringen. Und doch sind sie oft für die Versorgung von abgelegenen Einzelsiedlungen die einzigen zur Verfügung stehenden Quellsammler. Handelt es sich jedoch um ausgedehntere Vorkommen, um grössere Bergsturzablagerungen, um abgerutschte oder versackte

Hangpartien, die eine lokale, gegenüber der Umgebung meist scharf abgrenzbare Grundwasserprovinz bilden, so sind sie auf der Karte in Hellblau mit entsprechenden Schuttsignaturen ausgeschieden. Grössere Wasseradern bilden sich regelmässig am Kontakt solch durchlässigen Schuttes auf dessen undurchlässiger Unterlage, bestehe diese dann aus einer tonigen Grundmoräne oder aus undurchlässigem Fels.

## 2. Lockergesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit

### a) Limnische Talfüllungen

Mit einem kräftigen grünlichen Blau werden die Auffüllungen einstiger Seen ausgeschieden, wie sie oberhalb des Bodensees im St. Galler Rheintal bis Sargans, im Seeztal oberhalb des Walensees, in der Linthebene zwischen Zürichsee und Walensee, in der Magadinoebene, im Brojetal oberhalb des Murtensees und im untersten Rhonetal oberhalb des Genfersees anzutreffen sind. Feinkörnige, tonig-siltig-sandige Sedimente limnischer Fazies werden von grobkörnigeren fluviatilen Sedimenten abgelagert, wobei aber keine einheitlichen Schotterdecken wie in den fluvioglazialen Ablagerungen, sondern eher Linsen und Stränge als wenig mächtige Rinnenfüllungen durchlässiger Kiese vorkommen.

Häufig finden sich an der Oberfläche oder in tieferen Niveaus mächtige Torfbildungen, wodurch die Wasserqualität in chemischer Beziehung infolge des zu geringen Sauerstoffgehalts und zu hohen Eisen- und Mangangehalts unbefriedigend sein kann. Durchlässigkeit, Mächtigkeit und Ergiebigkeit dieser Ablagerungen sind sehr uneinheitlich und örtlich rasch wechselnd.

### b) Moränen

Als Lockergesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit sind auch die Moränen zu betrachten, die auf der Karte mit einem milden Grün dargestellt sind. Sie gelten im allgemeinen als lokale Quellsammler, besonders in ihrer tonarmen, kiesreichen Fazies der Wallmoränen. Im Gebirge sind Moränenablagerungen oft die zuverlässigsten Quellbildner und für die Versorgung zahlloser Berggemeinden von Wichtigkeit.

## 3. Lockergesteine mittlerer bis geringer Durchlässigkeit

Lockergesteine mittlerer bis geringer Durchlässigkeit, auf der Karte in Gelbgrün ausgeschieden, umfassen die tonreichen Schuttbildungen, nämlich grosse Bachschuttkegel, Gehänge- und Bergsturzschutt und Rutsch- und Sackungsschutt aus mergeligem, tonigem oder schieferigem Gestein. Auch diese Ablagerungen, die im Gebirge die hydrologisch grössere Rolle spielen als im Flachland, können lokal als Quellbildner von einiger Bedeutung sein. Als Grundwasserleiter für vertikale Filterbrunnen sind sie aber zuwenig durchlässig.

## 4. Lockergesteine geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit

Die praktisch undurchlässigen Feinsande, Silte und Tone, welche als «Seebodenlehme» in der Regel die würmeiszeitlichen Zungenbecken füllen oder wie im Gebiet der Jurarandseen als limnische feinkörnige Sedimente das «Grosse Moos» und die anschliessenden Alluvialebenen bilden, sind auf der Karte hellgelb dargestellt. Sie stellen

keine Grundwasserleiter, sondern -stauer dar. Wo sie eine mächtige Torfdecke tragen, ist diese als horizontale Schraffur speziell dargestellt; in ihr besitzt das Wasser üblicherweise aggressive Eigenschaften.

### B. Bedeckte Grundwasserleiter

Wo Grundwasserleiter grosser Durchlässigkeit von Moränendecken oder von mächtigen Lösslehmen oder Schwemmlernen bedeckt werden, sind diese Verhältnisse auf der Karte mit einer horizontalen bzw. vertikalen Strichsignatur vermerkt.

Dazu gehören die lössbedeckten Hochterrassenschotter des Aargauischen und Basler Rheintales und die moränenbedeckten Mittelterrassen-, Hochterrassen- und Deckenschotter des Mittellandes.

Solche Vorkommen bedingen für vertikale Filterbrunnen in der Regel grosse Bohrtiefen. In ihnen ist das Grundwasser gelegentlich sauerstoffarm, jedoch gegen oberflächliche Verunreinigungen vorzüglich geschützt.

Besteht die Bedeckung aus verschiedenen Schichten ungleicher Durchlässigkeit, von denen einzelne so durchlässig sind, dass sie wieder als Grundwasserleiter wirken, was beispielsweise bei verschwemmtem Moränenmaterial der Fall sein kann, so entsteht ein Stockwerkbau, der bei der Grundwassererschliessung von besonderem Reiz ist.

### C. Durchlässigkeit der Festgesteine

#### 1. Festgesteine grosser Durchlässigkeit

Als Gesteine grosser Durchlässigkeit werden auf der Karte alle reinen Kalke und Dolomite einschl. Rauhacken zusammengefasst und mit violetter Farbton dargestellt. In ihnen findet nach den Gesetzen der Karsthydrologie eine rasche Wasserzirkulation auf offenen Klüften, in Gängen und Höhlen statt, wobei die Fließgeschwindigkeit relativ gross, die Filtrationswirkung höchst bescheiden ist. Diese Wässer weisen eine mittlere bis sehr grosse Karbonathärte und im Bereich von Gipsvorkommen der Trias auch eine grosse Sulfathärte auf.

Im Jura gehören dazu die Kalke der Unterkreide und des oberen Malm, Hauptrogenstein und Spatkalk des Dogger (soweit der kleine Kartenmaßstab dessen Ausscheidung überhaupt erlaubt) und schliesslich der Muschelkalk der mittleren Trias über den Anhydritmergeln.

Im Helvetikum sind es die Kalke der Kreide, der Malm, der Dogger ohne die Aalénienschiefer und die Triasdolomite; in den Präalpen die Unterkreide, der Malm, die Liaskalke und Triasdolomite; im Penninikum Liaskalke und Triasdolomite; in den ostalpinen Sedimenten der ganze Schichtstoss vom Anisien an aufwärts bis zur Unterkreide. Undurchlässigere Einschaltungen, wie z.B. Radiolarite, können aus Gründen des Maßstabes nicht zur Darstellung kommen.

Kennzeichnend für Karstgebiete sind die *Becken ohne oberirdischen Abfluss* («bassins fermés»), wo der Niederschlagsanteil, der nicht verdunstet, über Karstgerinne vollständig versickert. Sie sind auf der Karte blau gestrichelt umrandet und finden sich in grosser Zahl im westlichen Faltenjura und in den präalpinen und helvetischen Kalkalpen. In den penninischen und ostalpinen Sedimenten sind sie seltener,



fehlen aber nicht völlig. Wo eine zentrale Versickerungsstelle z. B. als grosse *Doline* lokalisiert werden kann, wird sie als blauer Kreis mit Punkt dargestellt. Ist von dort die unterirdische *Verbindung* mit einer *Karstquelle* durch Markierungsstoffe nachgewiesen oder wird eine solche doch wenigstens vermutet, so werden diese Zusammenhänge auf der Karte als blaue Gerade gestrichelt bzw. punktiert dargestellt; die tatsächlichen Karstgerinne verlaufen selbstverständlich viel komplizierter.

## 2. Festgesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit

Als Gesteine uneinheitlicher Durchlässigkeit werden in Rotorange die spröden Granite, Granitgneise und Serpentine ausgeschieden. Bei Tunnel- und Stollenbauten zeigt sich, dass diese Gesteine in tektonisch wenig beanspruchten Zonen praktisch völlig trocken sind, während sie in stark zerklüfteten und verscherten Partien ganz ausserordentlich durchlässig sein können und eine intensive Wasserzirkulation auf Klüften aufweisen. Zu den letzteren gehören insbesondere die kristallinen Deckenkerne der penninischen und ostalpinen Decken, ferner randliche Partien des Aar- und Gotthardmassivs. Ihr Wasser ist sehr weich und zeigt wegen der geringen Karbonathärte und des doch meist vorhandenen Kohlensäuregehalts oft gewisse betonaggressive Eigenschaften.

## 3. Festgesteine mittlerer bis geringer Durchlässigkeit

### a) Schieferige und glimmerreiche Gneise, Glimmerschiefer und Grünschiefer

In einem gewissen Unterschied zu den spröden Graniten und glimmerarmen Gneisen weisen glimmerreichere Gneise, eigentliche Glimmerschiefer und in gewissem Masse auch Grünschiefer, auf der Karte in Hellorange dargestellt, meist eine eher bescheidene Klüftung und damit eine etwas geringere Wasserdurchlässigkeit auf. Aber analog zu den Graniten ist die Kluftdichte und damit die Wasserführung vielmehr von tektonischen, weniger von petrographischen Momenten abhängig. Hier wie dort sind diese Kluftwässer weich und deshalb gelegentlich betonaggressiv.

Diese Gesteinstypen finden sich in grosser Verbreitung als penninische Decken im Wallis südlich der Rhone und im Tessin, etwas zurücktretend im Aar- und Gotthardmassiv und in den ostalpinen Decken Graubündens.

### b) Kalke mit Mergelzwischenlagen; Sandsteine; Wechsellagerung von Mergeln, Sandsteinen und Nagelfluh

Die auf der Karte mit Ockertönen angegebenen Flächen sind geologisch wie hydrologisch uneinheitlich. Zu dieser Gruppe gehören « unreine » Kalke, in denen durch mergelige, tonige oder sandige Einlagerungen eine reine Karstzirkulation verhindert wird, oft aber eine Kombination von Karst- und Kluftzirkulation auftritt. Ferner gehören dazu die Wechsellagerungen spröder mit plastischen Schichten, wobei die ersteren Kalke mit lokaler Karstzirkulation oder geklüftete Sandsteine oder Nagelfluhen mit Kluftzirkulation, die letzteren undurchlässige Mergel oder Tone sein können. Wo der Kontakt von durchlässigen auf undurchlässigen Schichten entblösst ist, treten *Schichtquellen* auf.

Zu dieser Gruppe werden gezählt:

Im Jura das Tertiär, die Effinger und Birmenstorfer Schichten, der Dogger ohne den Opalinuston und der Buntsandstein der Untertrias; im Mittelland die gesamte Molasse ohne die grossen Nagelfluhgebiete; im Helvetikum Lias und nichtkonglomeratischer Verrucano, soweit diese Schichten nicht mit andern zusammengefasst werden müssen; in den Präalpen Ober- und Mittelkreide und Dogger; im Penninikum und Ostalpin kalkschieferiger Lias, Buntsandstein und Verrucano, im Flysch schliesslich die tonärmeren, sandsteinreicheren oder kalkreicheren Partien.

#### c) Schichten vorwiegend konglomeratischer Ausbildung

Die grossen Nagelfluhschüttungen der Molasse und die Breccien des Verrucano, auf der Karte braun getönt, bergen einen etwas modifizierten Zirkulationstyp: Dominierend ist die Kluftzirkulation, untergeordnet kann aber eine gewisse Porenzirkulation damit kombiniert sein, jedenfalls in den primär diagenetisch nicht stark verkitteten oder sekundär durch Verwitterung wieder etwas aufgelockerten und poröser gewordenen Partien. Allerdings schalten sich auch in dieser Gruppe zwischen die Konglomeratbänke in wechselndem Abstand undurchlässigere Mergel- oder Tonschichten ein, längs deren Obergrenze verstärkte Wasserzirkulation herrscht und Schichtquellen austreten.

#### 4. Festgesteine sehr geringer Durchlässigkeit

Als Gesteine sehr geringer Durchlässigkeit sind in dunkelgelbem Ton auf der Karte alle Mergel, Tonschiefer, tonigen Kalkschiefer und Phyllite ausgeschieden:

Im Tafeljura unterer Malm und Dogger (mit Ausnahme des Hauptrogensteins), Keuper, Anhydritmergel; im Faltenjura Keuper bis Opalinuston; in den Alpen Flysch und Bündnerschiefer in tonreicher bis mergeliger Ausbildung.

### III. Quellen und Grundwasserfassungen

#### 1. Wichtige Quellen

Wichtige Quellen sind auf der Karte als kleine blaue Punkte angegeben. Wohl bei keinem Element waren jedoch die uns zur Verfügung stehenden Unterlagen so lückenhaft und uneinheitlich wie gerade bei den Quellen, so dass schliesslich über relativ grossen Gebieten die Darstellung von Quellen auf der Karte fehlt, nicht weil es dort keine wichtigen Quellen gäbe, sondern weil eine Dokumentation darüber uns nicht zugänglich war.

#### 2. Grundwasserfassungen

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den Grundwasserfassungen. Dank den Informationen der kantonalen Amtsstellen enthält unsere Karte eine praktisch lückenlose Darstellung aller Grundwasserfassungen bis 1966, wobei die grossen Fassungen mit mehr als 5000 l/min installierter Pumpenleistung mit rotem Doppelring besonders ausgeschieden werden. Mit ganz wenig Ausnahmen liegen diese Fassungen in den Schottern der Talsohle, die grössten von ihnen oft dort, wo durch Flussinfiltration



eine zusätzliche Grundwasserspeisung stattfindet. Im Rheintal bei Basel wird in einzelnen grossen Fassungen der unter dem Rheinschotter folgende Muschelkalk als Karstwasserleiter erschlossen.

### 3. Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung

Zur künstlichen Grundwasseranreicherung wird im Tal der Wiese und im Rheintal oberhalb Basels Flusswasser in Beeten, Becken und Gräben zur Versickerung gebracht und auf diese Weise die Ergiebigkeit der untenliegenden Fassungen bedeutend erhöht. Im Val de Travers wird eine analoge Wirkung mittels einer Beregnungsanlage erzeugt. Auf der Karte werden diese Anlagen mit einem roten Stern markiert.

### 4. Mineral- und Thermalquellen

Eine systematische, detaillierte und sehr vollständige Zusammenstellung der chemischen und physikalischen Daten finden sich im Band *Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz* 1937, dem als Auszug die folgenden Angaben entnommen sind:

- Acquarossa, 25,3°C, Gipstherme und erdiger Eisensäuerling.
- Alvaneu, kaltes Gipswasser mit Schwefelwasserstoff.
- Andeer, 18,3°C, subthermales Gipswasser.
- Baden, 46,9°C, Schwefeltherme und muriatisches Gipswasser.
- Bex, kalte Salzsole.
- Castiel, kaltes erdig-alkalisches Sauerwasser.
- Eglisau, 14,6°C, subthermales muriatisches Sauerwasser.
- Eptingen, kalte Gipsquelle.
- Fideris, kalter alkalisch-erdiger Eisensäuerling.
- Gontenbad, kalte einfache Eisenquelle.
- Gurnigelbad, kalte Gipsquelle mit Schwefelwasserstoff.
- Lavey-les-Bains, 45°C, muriatische und salinische Schwefeltherme.
- Lenk, kalte Schwefelquelle und Gipswasser.
- Leukerbad, bis 50°C, Gipstherme.
- Lostorf, 14,8°C, subthermale Schwefelquelle und Gipswasser.
- Meltingen, bittersalzhaltige Gipsquelle.
- Ober-Iberg, kaltes Schwefelwasser.
- Passugg, kaltes alkalisches Sauerwasser und alkalisch-erdiger Eisensäuerling.
- Peiden-Bad, salinischer und erdiger Eisensäuerling.
- Pfäfers, 36,8°C, Akratotherme.
- Le Prese, kalte Schwefelquelle.
- Rhözüns, 17,8°C, subthermal alkalisch-erdiger Eisensäuerling.
- Rheinfelden, kalte Kochsalzsole mit Lithium, Strontium und Bromid.
- Rietbad, kalte Schwefelquelle.
- Rothenbrunnen, 16,5°C, subthermal erdiger Säuerling.
- San Bernardino, kalte Gipsquelle und erdiger Eisensäuerling.
- St. Moritz, erdiger salinischer Eisensäuerling.
- Sassal bei Chur, erdiger Eisensäuerling.
- Schimberg-Bad, kalte alkalische Schwefelquelle.

Schinznach-Bad, 34,3°C, Schwefeltherme und muriatisches Gipswasser.  
 Schinznach-Dorf, kaltes Gipswasser.  
 Schuls, erdiger Eisensäuerling.  
 Sörenberg, akrotische Schwefelquelle.  
 Stabio, akrotische Schwefelquelle.  
 Tarasp, muriatisches, salinisches, erdig-alkalisches Sauerwasser.  
 Tenigerbad, 14,4°C, subthermale Gipsquelle.  
 Vals, 25,2°C, eisenhaltige Gipstherme.  
 Val Sinestra, salinisches, muriatisches, alkalisch-erdiges Sauerwasser.  
 Weissenburg, 26,5°C, Gipstherme.  
 Yverdon, 24°C, akrotische Schwefeltherme.  
 St. Gingolph, kaltes Gipswasser.  
 Zurzach, 40°C, salinische, muriatische, alkalische Therme.

## LITERATURVERZEICHNIS

- AMBROGGI R., MARGAT J. (1960): *Légende générale des cartes hydrogéologiques du Maroc*. U.G.G.I., Ass. Intern. Hydrol. Scient. 50.
- ANTENEN F. (1930): *Die Alluvionen des Seelandes*. Mitt. naturf. Ges. Bern.
- Association Internationale d'Hydrologie Scientifique de l'UGGI et Association Internationale de Hydrogéologues (1962): *Une légende pour les cartes hydrogéologiques*. Bull. A.I.H.S. 7/3.
- AUBERT D. (1936): *Les terrains quaternaires de la vallée de l'Aubonne*. Bull. Labs Géol. Univ. Lausanne.
- (1943): *Monographie géologique de la Vallée de Joux*. Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] 78.
- (1948): *Les pertes du lac Brenet (Vallée de Joux)*. Bull. Labs Géol. Univ. Lausanne.
- BECKSMANN E. (1955): *Grundwasserchemismus und Speichergestein*. Z. dt. geol. Ges. 106 (1954).
- BENDEL L. (1923): *Geologie und Hydrologie des Irchels*. Diss. ETH Zürich.
- BINGGELI V. (1961): *Zur Morphologie und Hydrologie der Valle del Lucomagno*. Beitr. Geol. Schweiz, Hydrologie 12.
- BOLSENKÖTTER H. (1961): *Über die Darstellungsweise hydrogeologischer Karten in Nordrhein-Westfalen*. Mém. Ass. Intern. Hydrogéol. 3, Réunion de Madrid (1959).
- BOSSET ERIC (1960): *Des caractéristiques physicochimiques des eaux souterraines de la plaine alluviale de l'Orbe*. Rev. suisse Hydrol. 22 (Festschrift Otto Jaag).
- BREDDIN H. (1955): *Ein neuartiges hydrogeologisches Kartenwerk für die südliche niederrheinische Bucht*. Z. dt. geol. Ges. 106.
- (1963): *Die Grundrisskarten des Hydrogeologischen Kartenwerkes der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen*. Geol. Mitt. 2.
- BUFFLE J.-PH. (1943): *L'hydrologie de la région de Sierre (Valais)*. I: *Les relations entre les eaux superficielles et les eaux profondes*. C. r. Soc. phys. et hist. nat. Genève 60.
- BURGER A. (1959): *Hydrogéologie du Bassin de l'Areuse*. Diss. Neuchâtel.
- CADISCH J. (1928): *Zur Geologie alpiner Thermal- und Sauerquellen*. Jber. naturf. Ges. Graubündens [NF] 66.
- (1932): *Zur Geologie der Schweizer Mineral- und Thermalquellen*. Verh. naturf. Ges. Basel 42.
- (1936): *Geologie der Schweizer Mineral- und Heilquellen*. Mitt. Lebensmittelunters. u. Hyg. 27.
- (1937): In: *Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz*. Herausgegeben vom schweiz. Verein analytischer Chemiker, dem Eidg. Gesundheitsamt und der schweiz. Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie, unter Mitarbeit von G. Nussberger, J. Cadisch, A. Keller, A. Nussberger und J. Werder (Zimmermann & Co, Bern).
- (1956): *Über die Wiedererbohrung der Therme von Zurzach (Kt. Aargau)*. Eclogae geol. Helv. 49/2.
- CASTANY G., MARGAT J. (1965): *Les cartes hydrologiques. Essai de définition*. Bull. Ass. int. Hydrogéol. 1.
- DIELER H. (1960): *Über die Normung von Karten zur Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit (hydrochemische Karten)*. Dt. gewässerk. Mitt. 4, 2.

- ESCHER V. D. LINDT A., BÜRKL A. (1871): *Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung*. Neujahrsblatt der Naturf. Ges. Zürich.
- FALOCNNIER A. (1953): *Découverte de la nappe phréatique des Pralies (district de Nyon)*. Bull. tech. Suisse romande 79/15.
- FURRER H. (1950): *Das Grundwasser des Aaretals*. Mitt. naturf. Ges. Bern [NF] 7.
- GENDRIN P., MILLOT G. (1957): *Etude de la Nappe phréatique de la Plaine du Haut-Rhin*. Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr. 15.
- GERB L. (1958): *Grundwassertypen*. Vom Wasser 25.
- GRAHMANN R. (1958): *Die Grundwasser in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung*. Forschung zur deutschen Landeskunde 105, 2.
- GUYAN W. U. (1938): *Mitteilungen über den Grundwasserhaushalt im Kanton Schaffhausen*. Beil. Jber. Kantonsschule Schaffhausen.
- HEM J. D. (1959): *Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water*. Geol. Survey, Water-Supply Paper 1473. Washington.
- HESS E., TRÜEB E. (1951): *Zur Entwicklung der Winterthurer Wasserversorgung*. Mitt. naturw. Ges. Winterthur 29.
- HUG J. (1918): *Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz*. Annln schweiz. Landeshydrographie 3.  
– (1937): *Die Grundwasserströme des nordöstlichen Juragebietes*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm. 3.
- HUG J., BEILICK A. (1934): *Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Zürich*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, Hydrologie 1.
- JACCARD P. (1924): *Captages dans les calcaires jurassiques et développement du Service des eaux de La Chaux-de-Fonds*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm.
- JÄCKLI H. (1959): *Die Grundwasserverhältnisse im Gebiete des Birrfeldes*. Schweizer Baublatt 70/39.  
– (1964): *Die Grundwassertypen des aargauischen Reusstales*. Wass.- u. Energiewirtsch. 56/12.  
– (1965): *Der Begriff der «Grundwasser-Höffigkeit»*. Eclogae geol. Helv. 58/1.
- JOUKOWSKY E. (1941): *Géologie et eaux souterraines du pays de Genève*. Genève.
- KARRENBERG H. (1961): *Die hydrogeologischen Kartenwerke des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen*. Z. dt. geol. Ges. 113/1. Hannover.
- KÖHL A. (1952/53): *Hydrologische Beobachtungen im Flimser Bergsturzgebiet*. Jber. naturf. Ges. Graubündens 84.
- KRASSER LEO (1956): *Die Grundwasser des Vorarlberger Bodenseerheintales*. Mitt. geogr. Ges. Wien 48.
- LANGGUTH H. (1966): *Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels*. Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- LEVY I. (1948): *Le Jura bernois et les conditions hydrologiques du pays, en particulier de l'alimentation en eau des Franches-Montagnes*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm. 28.
- LIECHTI H. (1948): *Etude hydrologique de la région de Courgenay*. Les Intérêts du Jura 19.  
– (1948): *Recherches d'eau potable dans le district de Porrentruy*. Les Intérêts du Jura 19.
- LIÈVRE L. (1951): *Hydrographie jurassienne. L'aménagement des eaux du Jura bernois. Une réalisation d'aménagement dans le district de Porrentruy. L'alimentation en eau de la Haute-Ajoie*. Actes Soc. jurass. émulation [2] 55.  
– (1955): *Etudes, recherches et travaux dans différents domaines des sciences en Ajoie, dans le Jura et les régions avoisinantes*. Porrentruy.
- LUGEON M., JÉRÉMINE E. (1913): *Les bassins fermés des Alpes suisses*. Bull. Labs Géol. Univ. Lausanne 19.
- LÜTSCHG O., BOHNER R., DIETZ W. (1944): *Zur Hydrologie der Landschaft Davos*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, Hydrologie 2/3, (4).
- MARGAT J. (1958): *Etablissement des cartes hydrogéologiques*. U.G.G.I., Ass. intern. Hydrol. Scient., Assemblée générale de Toronto 2.  
– (1966): *La cartographie hydrogéologique*. Chronique d'Hydrogéol. 9.
- MORNOD L. (1948): *Une nappe d'eau souterraine à Vuadens (Gruyère)*. Géologie, hydrologie et captage. Bull. Soc. fribourg. Sci. nat. 38.
- MÜHLBERG F. (1896): *Die Wasserverhältnisse von Aarau*. Anhang Festschrift zur Einweihung des neuen Kantonsschulgebäudes, Aarau.

- (1901): *Bericht über die Erstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau, mit einer Quellenkarte der Umgebung von Brugg*. Mitt. aargau. naturf. Ges. 9.
- MÜLLER ALBR. (1867): *Über das Grundwasser und die Bodenverhältnisse der Stadt Basel*. Festschr. naturf. Ges. Basel.
- NIEDERER J. (1940–1942): *Grundwasser und Quellen des Rheingebietes zwischen Reichenau und Fläsch*. Jber. naturf. Ges. Graubündens 78.
- NUSSBERGER G. (1917): *Beitrag zur Kenntnis der Quellenverhältnisse Graubündens*. Chur.
- PARÉJAS E., BUFFLE J.-PH. (1952): *Sur la présence d'une eau souterraine fortement minéralisée dans la molasse de la queue d'Arve (Genève)*. Archs Sci. 5.
- RITZMANN R. (1951): *Recherches d'eau souterraine dans la région de Vevey*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm. 31.
- RUTSCH R. (1952): *Geologische Probleme der Erschliessung unterirdischer Wasservorkommen*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm. 5.
- SCHMASSMANN H., SCHMASSMANN W., WYLEMANN E. (1950): *Die Oberflächengewässer, Grundwasservorkommen und Abwässer des unteren Birstales*. Tätigkeitsber. naturf. Ges. Baselland 18.
- SCHNEIDER H. (1964): *Geohydrologie Nordwestfalens*. Verlag Rudolf Schmidt, Berlin.
- SCHNEIDER H., THIELE S. (1965): *Geohydrologie des Erftgebietes*. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen.
- Schweiz. Verein analytischer Chemiker (1937): *Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz*. Verlag Zimmermann & Cie., Bern.
- STEFFEN M., TRÜEB E. (1964): *Quartärgeologie und Hydrologie des Winterthurer Tales*. Mitt. naturw. Ges. Winterthur 31.
- WEBER ALBERT (1953): *Die Grundwasserverhältnisse des Kantons Thurgau*. Baudepartement des Kt. Thurgau und Thurg. Naturf. Ges.
- WEBER J. (1922): *Die Wasserverhältnisse von Winterthur und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung des Grundwassers*. Mbull. schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm.

## HYDROGEOLOGISCHE KARTEN

- Baudepartement des Kantons Solothurn (1952): *Karte der öffentlichen Grundwassergebiete (des Kantons Solothurn) 1:100000*.
- BITTERLI P. (1945): *Lithologisch-hydrographische Karte des Blauengebietes 1:25000*. Beitr. geol. Karte Schweiz [NF] Lief. 81, Tf. 3.
- BOLSENKÖTTER B. (1960): *Übersichtskarte von Nordrhein-Westfalen 1:100000, Hydrogeologische Karte Blatt Münster*.
- BREDDIN H., LANGGUTH H. (1961): *Blatt Kaldenkirchen des hydrogeologischen Kartenwerkes 1:25000 der Wasserwirtschaftsverwaltung von Nordrhein-Westfalen*. Geol. Mitt. 2, Tf. 3.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (1963): *Carte Hydrogéologique de la France 1:50000, Feuille Douai*.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (1964): *Carte des nappes d'eau souterraine de la France 1:1000000*.
- CADISCH JOOS (1936): *Karte der Mineralquellen der Schweiz und ihrer Nachbargebiete 1:1000000*. Mitt. Geb. der Lebensmittelunters. u. Hyg. 27.
- Devlet su isleri genel müdürlüğü (1967): *Hydrogeologic Map for Ereğli 1:200000*.
- Devlet su isleri genel müdürlüğü (1967): *Hydrogeological Map of Turkey 1:500000. Sheet Istanbul*.
- GRAHMANN R. et al. (1952–1957): *Hydrogeologische Übersichtskarte (der Bundesrepublik) 1:500000*. Amt für Landeskunde Remagen.
- GRAHMANN R. (1958): *Grundwasserkarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1000000*. Bundesanst. für Landeskunde Remagen.
- Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1961): *Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Kintzig*. Wiesbaden.
- HÜBSCHER J. (1955): *Öffentliche Grundwassergebiete des Kantons Schaffhausen 1:75000*. Kant. Baudir. Schaffhausen.
- HUG J. und kant. Wasserrechtsabteilung (1931): *Karte der öffentlichen Grundwasserströme und Grundwasserbecken des Kantons Zürich 1:100000*. Schweiz. Geotechn. Kommission u. Dir. öffentl. Bauten Kt. Zürich.

- HUG J. (1946): *Karte der öffentlichen Grundwasserströme und Grundwasserbecken (des Kantons Aargau) (nachgeführt bis Ende 1946) 1:100000*. Baudir. Kt. Aargau.
- LANGGUTH H. (1966): *Hydrogeologische Karte des Velberter Sattels 1:25000*. In: *Die Grundwasser- verhältnisse im Bereich des Velberter Sattels*. Techn. Hochsch. Aachen.
- MARGAT J. (1960): *Carte hydrogéologique du bassin de Meknès-Fès 1:100000*. Serv. des ressources en eau du Royaume du Maroc.
- MÜHLBERG F. (1901): *Quellenkarte Brugg 1:25000*. Mitt. aargau. naturf. Ges. 9.
- SCHMIDT E. R. (1961): *Hydrogeologischer Atlas Ungarns*. Hydrogeol. Abt. Ungar. Geol. Anst.
- STRASSER E. (1958): *Öffentliche Grundwassergebiete (des Kantons Zug) 1:25000*. Baudir. Kt. Zug.
- TILLMANN H. (1953): *Geologisch-hydrologische Karte von München 1:50000*. Bayrisches Geol. Landesamt München.
- WEBER ALB., HUG J. (1952): *Karte der öffentlichen Grundwassergebiete (des Kantons Thurgau) 1:100000*. Baudep. Kt. Thurgau.
- WEBER J., GUYER ALB. (1920): *Karte der Grundwassergebiete von Winterthur und Umgebung 1:25000*. Mitt. naturw. Ges. Winterthur.



