Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 63 (1970)
Heft: 2

Artikel: Kriterien zur Klassifikation von Grundwasservorkommen
Autor: Jäckli, Heinrich
Kapitel: V: Korrelationen
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163850

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wie jede Einteilung, die sich auf scharf definierte Grenzen stützt, vermag auch die vorliegende nicht zu vermeiden, dass Grenzen quer durch geologisch unbedingt zusammengehörende Quellgruppen verlaufen, deren Chemismus nur wenig differiert. Das ist der Fall bei der Verena- und der Schwanenquelle von Baden oder bei den Quellen von Stabio oder von Val Sinestra.

Im Kationen-Dreieck von Figur 12 fehlen Mg-reiche Wässer. Trotz dem reichlichen Vorkommen dolomitischer Gesteine, die als Grundwasserleiter wirken könnten, scheinen auch in der Schweiz magnesiumreiche Mineralwässer sehr selten zu sein.

Abschliessend sei daran erinnert, dass auch die chemischen Kriterien, ähnlich wie die meteorologischen und physikalischen, oft nennenswerten Schwankungen in Funktion der Zeit unterworfen sind, was sich selbstverständlich für die Klassifikation der Grundwasservorkommen erschwerend auswirkt.

V. KORRELATIONEN

Im Vorangehenden wurden die verschiedenen Klassifikations-Kriterien betont analytisch behandelt. Nun sollen sie noch miteinander in Beziehung gebracht, in synthetischer Weise korreliert werden. Als Korrelationen im Sinne einer Grundwassertypologie seien Beziehungen zwischen Elementen einzelner Klassifikations-Kriterien verstanden, die sich gegenseitig verlangen.

A. Einfache Korrelationen

Als erstes Beispiel sei ein hochgelegener, allseitig isolierter Porengrundwasserleiter auf einem Hochplateau angenommen, wie sie in der Nordschweiz etwa die Erosionsrelikte von durchlässigen Deckenschottern auf undurchlässiger Molasse darstellen. Nach dem Tafelberg östlich der Mündung der Töss in den Rhein verwenden wir dafür die Kurzbezeichnung «Typus Irchel».

Eine einfache Korrelation besteht zwischen morphologischer Struktur und Grundwasser-Neubildung: Die Neubildung des Grundwassers erfolgt ausschliesslich durch Versickerung der Niederschläge; eine Speisung durch Infiltration von Flusswasser ist unmöglich, ebenso ein unterirdischer seitlicher Zustrom.

Eine weitere einfache Korrelation ist zwischen morphologischer Struktur und Druckverhältnissen zu erkennen, indem es sich nur um Schichtwasser und ungespanntes Grundwasser mit natürlicher Entwässerung auf der Sohle in Form von Schichtquellen handelt; druckgespanntes oder gar artesisches Wasser ist unmöglich.

Schliesslich ist auch eine einfache Korrelation zwischen Grundwasserleiter und Chemismus des Wassers vorhanden, denn in den kalkreichen Schottern des Alpenvorlandes kann sich nur ein erdalkalisch-hydrogenkarbonatisches hartes Wasser bilden; alkalische, sulfatische oder chloridische Wässer sind unmöglich.

B. Mehrfache Korrelationen

Neben diesen einzelnen einfachen Korrelationen besteht selbstverständlich die Möglichkeit von mehrfachen Korrelationen, die dann einem ganz spezifischen Grundwassertyp das Gepräge geben.

Wenn also zwischen Art, mineralogischer Zusammensetzung und Struktur des Grundwasserleiters, der Neubildung, den Druckverhältnissen und dem Chemismus des Grundwassers enge, obligatorische Beziehungen bestehen, pflegt man von einem «Grundwassertyp» zu sprechen. Als Beispiel seien nochmals die nordschweizerischen Deckenschotter vom «Typus Irchel» angeführt, für welche die ausführliche Typencharakteristik als Vollbezeichnung lauten würde:

«In einem unbedeckten, karbonatreichen Porengrundwasserleiter grosser Durchlässigkeit als hochgelegene, allseitig isolierte Schotterdecke liegt ein Grundwasser, das ausschliesslich durch Niederschläge gespeist wird und eine mittelgrosse Grundwasserspende abgibt; es ist ungespannt und beliefert an seiner Sohle harte Schichtquellen von erdalkalisch-hydrogenkarbonatischer Zusammensetzung und normalem Sauerstoffgehalt.»

Das Vorhandensein solcher mehrfacher Korrelationen, nicht nur in den Porengrundwasserleitern, sondern ebensosehr im Kristallin mit seiner reinen Kluftzirkulation oder auch im Kalk mit den recht verwirrenden Karstphänomenen, erlaubt es auf hydrogeologischen Karten mit relativ wenig Farben und Signaturen auszukommen.

C. Gestörte Korrelationen. Mischtypen

Die Erfassung der Zusammenhänge führt aber nicht selten statt zu klaren, einfachen Grundwassertypen, zu eher abnormen, seltenen Sonderfällen oder Mischtypen. Die Ursachen solcher gestörter Korrelationen können geologischer oder hydrologischer Art sein.

Geologische Faktoren gestörter Korrelationen sind beispielsweise eine sehr kleine horizontale oder vertikale Ausdehnung, eine uneinheitliche, auf kurze Distanz stark wechselnde lithologische Zusammensetzung, oder aber sehr komplizierte tektonische Strukturen der Grundwasserleiter.

Aus hydrologischen Gründen können die Korrelationen gestört sein, wenn Grundwasser vom einen Leiter zum andern übertritt, wobei dann unter Umständen der Chemismus des Wassers nicht mehr mit der Mineralogie des neuen Leiters übereinstimmt. Solche chemisch gestörten Korrelationen hat man z. B. bei Solewanderungen längs Thermalwasserspalten oder bei der vermuteten Migration hochmineralisierter Salzwässer in der unteren Süsswassermolasse des voralpinen Molassebeckens anzunehmen.

D. Beispiele

Bei verschiedenen bisherigen Vorschlägen für eine Typengliederung des Grundwassers handelt es sich um die Erfassung von Korrelationen im vorstehenden Sinn, was die folgenden Beispiele belegen mögen.

1. Vorschlag L. Gerb

L. Gerb (1956) definiert seine Grundwassertypen von Bayern wie folgt: «Von einem «Grundwassertyp» wird im folgenden dann gesprochen, wenn sich zwischen den Eigenschaften chemisch gleichartiger Wässer und denen des geologischen Körpers, aus dem sie stammen, eine eindeutige Zuordnung herstellen lässt». Nach unserer

Nomenklatur würde das einer einfachen Korrelation zwischen Grundwasserleiter und Chemismus entsprechen. Er gliedert die Grundwässer Bayerns in 5 Typen:

a) «*Kalkschotterwässer*», in den ausgedehnten kalkreichen pleistozänen Schottern des Alpenvorlandes und der schwäbisch-bayrischen Hochebene als sehr durchlässigen Porengrundwasserleitern, mit hoher Karbonathärte, hohem pH, mit «normalem» oder «reduziertem» Chemismus, in letzterem Fall ohne Sauerstoff, dafür mit NH_4, NO_2, evtl. sogar H_2S, Fe und Mn.

b) «*Wässer der oberen Süsswassermolasse*», aus den kalkhaltigen Quarzsandsteinen und Quarzkonglomeraten als Kluftgrundwasserleiter, mit mittelgrosser Karbonathärte, stets mit normalem Sauerstoffgehalt, ohne reduzierten Typus.

c) «*Kalkalpenwässer*», mit den durchlässigen alpinen Kalken und Dolomiten als Karstgrundwasserleiter (die Gips- und Salzlager der alpinen Trias sind davon ausgenommen), mit mittelgrosser Karbonathärte und stets reichlich Sauerstoff; der reduzierte Typus fehlt.

d) «*Kristallinwässer*», aus dem Kristallin als Kluftgrundwasserleiter, mit sehr niedriger Karbonathärte, einem Überschuss an freier Kohlensäure, niedrigem pH, hohem Sauerstoffgehalt als «normalem» Typus. Der «reduzierte» Typus fehlt.

e) «*Schlierwässer*», mit den mergelreichen Schichten der marinen Molasse als tiefliegende Kluftgrundwasserleiter, daher meist artesischer Aufstieg in Brunnen aus grosser Tiefe mit erhöhter Temperatur. Sehr geringe Karbonathärte, hoher Natrium- und Kaliumgehalt, viel Chlorid, viel Kieselsäure, hohes pH, sauerstoffrei, stets als «reduzierter» Typ, mit NH_4, H_2S und häufig Fe und Mn, gelegentlich mit CH_4.

2. Vorschlag H. Fast und K. Sauer

Eine im Prinzip sehr ähnliche Typologie mit starker Betonung des Chemismus schlagen H. Fast und K. Sauer (1958) für südbadische Grundwässer vor. Sie bezeichnen sie wie folgt:

a) «*Mineralarme Grundgebirgs- und Kristallinwässer*». Es handelt sich um Porengrundwässer im geringmächtigen kalkfreien Verwitterungsschutt mit geringer Speicherwirkung, seltener um Kluftgrundwässer. Sie sind sehr weich, im O_2-Gehalt meist «normal», selten «reduziert». Kennzeichnend sind sehr niedriger Cl-, NO_3- und SO_4-Gehalt, vielfach hoher PO_4-Gehalt, CO_2-Überschuss.

b) «*Buntsandsteinwässer*». Es sind Kluftgrundwässer, untergeordnet kombiniert mit Porengrundwässern. Sie sind weich, bezüglich O_2 kommen sowohl der Normaltyp wie der «reduzierte» Typ vor. Kennzeichnend sind niedriger Cl-Gehalt, auch meist niedriger NO_3-Gehalt, mittlerer bis hoher PO_4-Gehalt, geringer SO_4-Gehalt, CO_2-Überschuss.

c) «*Muschelkalk-Karbonatwässer*». Es handelt sich um Karst-/Kluftgrundwässer. Sie sind hart bis sehr hart, zeigen den Normaltyp und «reduzierten» Typ, der Cl- und NO_3-Gehalt ist niedrig bis mittelhoch, der PO_4-Gehalt niedrig, z.T. ist CO_2-Überschuss vorhanden.

d) «*Erdalkali-Sulfatwässer*». Aus Gipskeuper und mittlerem Muschelkalk stammend, als Kluftgrundwässer (wohl kombiniert mit Karstwässern) hart bis sehr hart, meist «reduziert», mit hohem SO_4-Gehalt, mittlerem Cl- und NO_3-Gehalt, niedrigem PO_4-Gehalt, z.T. mit CO_2-Überschuss.

e) «*Infiltrationswässer*». Porengrundwässer in den Schottern der Talsohle, chemisch uneinheitlich, im Gebirgsinnern sehr weich mit geringem Cl-, NO_3- und SO_4-Gehalt, im Rheintal härter, teilweise mit sehr hohem PO_4-Gehalt; meist «reduzierter» Typus.

Diese Typisierungsvorschläge erscheinen zweckmässig für das betreffende begrenzte Gebiet, doch könnte es schwierig sein, sie auf andere Gebiete übertragen zu wollen. Eine nur lokale Anwendungsmöglichkeit muss ihnen angelastet werden.

Die Nomenklatur, sicher bloss von sekundärer Bedeutung, wirkt zudem etwas zu pragmatisch, obschon die einzelnen Namen durch ihre Kürze bestechen und dem Fachmann leicht verständlich sind. Sie ist insofern auch inkonsequent, als teils lithologische, teils stratigraphische, teils tektonische und teils rein chemische Namen von ein und demselben Autor zur Typisierung verwendet werden.

E. Abgrenzungs- und Nomenklaturfragen

1. Kurzbezeichnungen

Dem Kenner der Lokalverhältnisse wäre mit einem treffenden Lokalnamen als Kurzbezeichnung für einen einwandfrei definierbaren Grundwassertyp aus Zweckmässigkeitsgründen sehr gedient. Aber ähnlich wie in der Stratigraphie müsste die Typuslokalität und alle übrigen Kennzeichen genau definiert werden. Als Beispiel möge der «Typus Irchel» (Seite 419) nochmals in Erinnerung gerufen werden.

Kurzbezeichnungen bieten aber folgende Schwierigkeiten:

- Der Nichtfachmann wie auch der Ortsfremde können ohne einlässliche Detailbeschreibung mit einer Kurzbezeichnung allein nichts anfangen. Eine ausführliche Definition ist als Ergänzung unumgänglich.
- Bezieht sich die Kurzbezeichnung auf einen Grundwassertypus mit mehrfachen Korrelationen, so taucht die Frage auf, wie straff die Definition zu handhaben sei, ob alle Einzelkorrelationen mit demselben Gewicht zu berücksichtigen seien und von welchem Ausmass einer Abweichung an die Kurzbezeichnung nicht mehr toleriert werden dürfe, kurz, alle Probleme der Abgrenzung. Darf ein Schotterrest eines kalkfreien Quarzitkonglomerates von der Struktur des Irchels, aus welchem nicht harte, sondern weiche Schichtquellen ausfliessen, auch noch als «Typus Irchel» bezeichnet werden? Wenn nicht, wo soll die chemische Grenze gezogen werden? Oder wenn es sich statt um ein Schotterrelikt um ein Erosionsrelikt einer Kalkhochfläche handelt, an deren Basis harte Kluftquellen austreten? Oder wenn es sich beim erwähnten Erosionsrelikt um eine Basaltdecke handelt, an deren Basis weiche Kluftquellen austreten (vgl. Fig. 13).
- Die Stellung in der Hierarchie der Ordnungsbegriffe ist aus der Kurzbezeichnung allein nicht ohne vorherige Erläuterung zu erkennen. Wie eng begrenzt, bzw. wie weit umfassend die Kurzbezeichnung zu verstehen ist, müsste deshalb in ihrer Definition festgehalten werden.
- Überlappungen verschiedener Typen und Untertypen sind aus einer Kurzbezeichnung nicht zu ersehen. Wenn bei mehrfachen Korrelationen jeweils lediglich eine einzelne einfache Korrelation variiert, die andern aber erhalten bleiben, entsteht eine Reihe von Untertypen, die sich durch die variierenden einfachen Korrelationen

unterscheiden, die konstant erhaltenen Korrelationen aber gemeinsam besitzen und durch diese zu einem Haupttyp zusammengefasst bleiben. Die oben erwähnten, auf Figur 13 dargestellten verschiedenartigen Untertypen zum Typus «Irchel» mögen als einfaches Beispiel dienen.

Das Relikt aus Quarzitschotter, «Typus Taunus», liefert gegenüber dem Kalkschotter des Irchels Schichtquellen eines anderen Chemismus, nämlich weiches Wasser, weist also gegenüber dem Typus Irchel lediglich gewisse chemische Differenzen auf. Das Relikt aus geklüftetem Kalk «Typus Geissberg» zeigt weniger chemische Unterschiede als solche in der Art der Wasserzirkulation, nämlich Kluft- statt Porenzirkulation. Beim Basaltrelikt «Typus Vogelsberg» schliesslich ist der Chemismus wie die Zirkulationsart anders als beim «Typus Irchel». Aber allen vier Untertypen ist gemeinsam die morphologische Struktur des Grundwasserleiters als hochgelegener, flacher, isolierter Erosionsrest, die Neubildung einzig durch Niederschläge, und schliesslich die Druckverhältnisse mit dem Fehlen von druckgespanntem Grundwasser, sowie die natürliche Entwässerung in randlichen Schichtquellen.

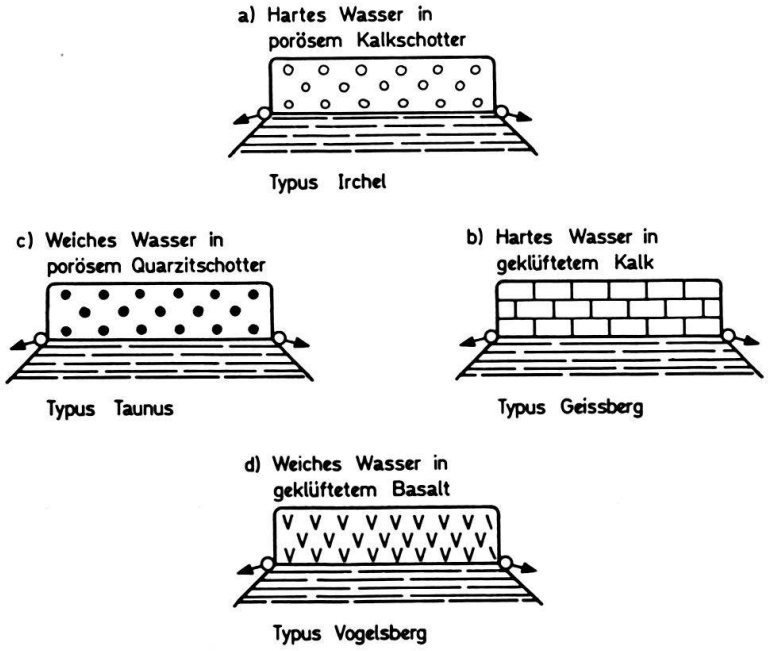

Fig. 13. Schematische Darstellung von 4 Grundwasserleitern als Tafelberge mit randlicher Entwässerung in Schichtquellen, die sich nur entweder in der Art der Zirkulation oder aber im Chemismus unterscheiden, während alle übrigen Kriterien konstant bleiben.

2. Vollbezeichnungen

Eine «Vollbezeichnung» soll sich, im Gegensatz zur Kurzbezeichnung, von Lokalnamen freimachen und völlig neutral Aufschluss geben über

- den Grundwasserleiter, dessen Art der Zirkulation, dessen mineralogische Zusammensetzung, Durchlässigkeit und Struktur;
- die Neubildung des Grundwassers, deren Art und Ausmass;
- die Druckverhältnisse und ihre Schwankungen;
- die chemischen Verhältnisse.

Für den relativ einfachen Fall des «Typus Irchel» wurde die Vollbezeichnung bereits auf Seite 419 im Zusammenhang der mehrfachen Korrelation gegeben; er sei hier nicht wiederholt. Als Beispiel eines ganz anderen Grundwassertyps sei die Vollbezeichnung für das Sickerwasser in einem Kraftwerkstollen bei Andeer, Kt. Graubünden, angeführt:

«In einem unbedeckten Kluftwasserleiter mittelgrosser Durchlässigkeit als Kristallindecke granitischer Zusammensetzung, die vom benachbarten Rhein als Vorflut in 1000 m tiefem Einschnitt gequert wird, zirkuliert Kluftwasser, das im Sommer und Herbst durch Niederschläge, im Frühjahr durch Schneeschmelze gespeist wird; im Winter findet keine Neubildung statt. Kluftquellen zeigen im Jahresrhythmus ein Frostminimum im Winter und ein Schmelzmaximum im Frühling und sind chemisch als sehr weiches, kalkaggressives Kristallinwasser mit CO_2-Überschuss zu taxieren.»

Vollbezeichnungen weisen neben ihrem unangefochtetenen Vorteil der Vollständigkeit den Nachteil einerseits einer gewissen Schwerfälligkeit und einer nennenswerten Raumbeanspruchung, anderseits einer systematischen Unübersichtlichkeit auf, die allerdings durch sprachlich-stilistische Betonungen und Ausschmückungen gemildert werden kann.

3. Chiffrierung

Zwischen der «Kurzbezeichnung» und der ausführlichen «Vollbezeichnung» könnte man sich als Zwischenlösung eine «Chiffrierung» denken, indem jede Eigenschaft, jedes typische Kennzeichen eines Grundwasservorkommens durch eine Zahl oder einen Buchstaben bezeichnet würde.

Eine solche Chiffrierung hätte folgende Vorteile:

- Der Beschreiber wäre gezwungen, systematisch jedes einzelne Kriterium zu beurteilen und kurz und prägnant zu beschreiben.
- Die Chiffrierung könnte international normiert werden, würde die Übermittlung wissenschaftlichen Gedankengutes auch über Sprachgrenzen hinweg erleichtern und würde eine vereinfachte und vereinheitlichte Fixierung auf Lochkarten oder analogen Hilfsmitteln ermöglichen.
- Die Chiffrierung erleichtert die systematische Gliederung in Gruppen und Untergruppen, lässt die gegenseitige Überlappung leicht erkennen, lässt visuell erfassen, was bei einer grossen Anzahl von einzelnen Vorkommen gleich und was verschieden ist.

Ungeachtet dieser offensichtlichen Vorteile hat aber jede Chiffrierung den Nachteil, dass sie vom Absender und Empfänger den selben Chiffrierschlüssel verlangt, und dass sie vom Nichtbesitzer des Schlüssels nicht gelesen werden kann.

Ansätze einer solchen Chiffrierung findet man auf der Hydrogeologischen Karte der Tschechoslowakei 1:500000, erschienen 1967: Auf den farbig belegten Flächen, welche stratigraphisches Alter und Lithologie der Grundwasserleiter darstellen,werden mit römischen Ziffern, Grossbuchstaben, arabischen Ziffern und Kleinbuchstaben die Nummer der Wasserwirtschaftssektion, die stratigraphisch-geologische Einheit, die geographische Region und schliesslich Art der Wasserzirkulation und der Grossstruktur des Grundwasserleiters angeschrieben. Mit der Schriftgrösse schliesslich wird die Feldergiebigkeit dargestellt, – eine ungewöhnlich originelle Anregung!

4. Vorschlag für eine Chiffriermethode

Die im folgenden hier vorgeschlagene Chiffriermethode bezieht sich auf die Gliederung der Kriterien einer Grundwasserklassifikation, wie sie im vorliegenden Aufsatz dargestellt werden.

Die vollständige Chiffre besteht gemäss diesem Vorschlag aus 13 Stellen, die unter sich durch Komma getrennt werden, wobei jedes Kriterium eine Stelle belegt, die in der gleichen Reihenfolge wie in den vorangegangenen Kapiteln angeordnet werden. Kombinationen werden durch ein +-Zeichen markiert. Eine nicht benützte oder unbekannte Stelle wird mit x bezeichnet. Untergeordnete oder nur gelegentlich auftretende Komponenten oder Kriterien werden in Klammern gesetzt.

Die 13 Stellen werden gemäss den Hauptkriterien in 4 Gruppen, umfassend Grundwasserleiter, Neubildung, Physik und Chemie zusammengefasst, die durch einen Schrägstrich getrennt werden, so dass schliesslich folgendes Schema entsteht:

1, 2, 3, 4 / 5, 6 / 7, 8, 9 / 10, 11, 12, 13.

Erste Gruppe: Grundwasserleiter

Erste Stelle: Art der Zirkulation: Grossbuchstaben

Porenzirkulation	P
Kluftzirkulation	F
Karstzirkulation	K

Zweite Stelle: Mineralogie des Grundwasserleiters: Kleinbuchstaben

karbonatreich	c
gipsreich	g
salzreich, Na Cl-haltig	s
quarzreich	q
alkalisilikatreich	a

Dritte Stelle: Durchlässigkeit: Zahl, ungefähr dem Exponentialfaktor des k-Wertes in m/sec entsprechend, vgl. Tabelle 1, Seite 396

sehr gross	$k > 10^{-2}$ cm/sec	1
gross	$k = 10^{-2}$–10^{-3} cm/sec	2
mittel	$k = 10^{-3}$–10^{-4} cm/sec	3
klein	$k = 10^{-4}$–10^{-5} cm/sec	4
sehr klein	$k > 10^{-5}$ cm/sec	5

Vierte Stelle: Form: Kleinbuchstaben

Schmaler langgezogener Strang in der Talsohle	a
Breite Fläche	b
Seitlich der Talsohle gelegenes, lokales Vorkommen	c
Tafelberg, isoliertes Erosionsrelikt	d
Bachschuttkegel	e
Gehängeschutthalde	f
Bergsturzablagerung	g
Decke aus Rutsch- und Sackungsschutt	h
Moränendecke	i
Delta	k
Strandebene	l
Dünenwälle	m
Schichtpaket horizontal	o
isoklinal geneigt	p
saiger	q
Antiklinalstruktur	r
Synklinalstruktur	s
Verschuppung, enge Verfaltung	t
Stock, Massiv	u
Bruchzone	v

Die Form eines Grundwasserleiters in einer Chiffre zu erfassen, ist wegen ihrer Mannigfaltigkeit recht schwer. Es wäre vielleicht prüfenswert, ob zusätzlich die Grösse der flächenhaften Ausdehnung durch eine Zahl vor dem Kleinbuchstaben, die Mächtigkeit durch eine Zahl hinter dem Buchstaben dargestellt werden sollte, um damit die vom betreffenden Grundwasserleiter beanspruchte Kubatur ebenfalls auszudrücken. Um die Chiffrierung dieser zweifellos schwierigsten Stelle nicht noch mehr zu belasten, sei hier vorderhand darauf verzichtet.

Zweite Gruppe: Neubildung

Fünfte Stelle: Art der Neubildung: Grossbuchstaben

Durch Niederschläge	N
Durch Flussinfiltration	I
Durch Meeresinfiltration	S
Unterirdische Übertritte	U
Fossile Vorkommen	F

Sechste Stelle: Intensität der Neubildung: Zahl, der Grundwasserspende q entsprechend, vgl. Tabelle 2, Seite 400

sehr gross	> 15 l/s · km²	1
gross	10–15 l/s · km²	2
mittel	5–10 l/s · km²	3
klein	1– 5 l/s · km²	4
sehr klein	< 1 l/s · km²	5

Dritte Gruppe: Physikalische Kriterien

Siebente Stelle: Druckverhältnisse: Grossbuchstaben

Sickerwasser	A
Schichtwasser ungespannt	B
Grundwasser s. str. ungespannt	C
Grundwasser subartesisch gespannt	D
Grundwasser artesisch gespannt	E

Achte Stelle: Druckschwankungen: Kleinbuchstaben

Mit Tagesperiode	d
Mit Jahresperiode	y
Aperiodische Schwankungen	a
Sinkender Trend	l
Steigender Trend	r

Neunte Stelle: Beziehungen zur Vorflut: Zahlen

Indirekte Verbindung (gemäss Fig. 10)	1
Direkte Verbindung (gemäss Fig. 10)	2
Bedeckte Verbindung (gemäss Fig. 10)	3

Vierte Gruppe: Chemische Kriterien

Zehnte Stelle: Gesamtkonzentration: Grossbuchstaben

sehr weich	0 – 1,4 mval	A
weich	1,4– 2,9 mval	B
mittelhart	2,9– 4,3 mval	C
ziemlich hart	4,3– 6,4 mval	D
hart	6,4– 10,7 mval	E
sehr hart	10,7– 17 mval	F
Brackwasser	17 – 170 mval	G
Salzwasser	170 –1700 mval	H
Sole	> 1700 mval	I

Elfte Stelle: Hauptkomponenten: Chemische Symbole, gemäss Benennung nach mval %. Zwischen den einzelnen Symbolen werden Horizontalstriche gesetzt.

Zwölfte Stelle: Sauerstoffgehalt: Kleinbuchstaben

«normaler» Chemismus	n
«reduzierter» Chemismus	r

Dreizehnte Stelle: Charakteristische Nebenkomponenten: Chemische Symbole in der Reihenfolge Kationen, Anionen, gelöste Gase. Treten solche nicht auf, wird ein x geschrieben.

Mit Ausnahme der vierten Stelle (Form des Grundwasserleiters) und der zehnten Stelle (Gesamtkonzentration) können die vorgeschlagenen Chiffrebezeichnungen jeder Stelle noch nach Wunsch vermehrt, ergänzt oder unter sich kombiniert werden.

Gemäss diesem Vorschlag würde der auf Seite 419 beschriebene und auf Figur 13a dargestellte «Typus Irchel» folgende Chiffre tragen:

P, c, 2, d / N, 3 / B, a + y, 1 / D, Ca–Mg–HCO_3, n, x.

Besteht der Tafelberg statt aus einem Kalkschotter aus einer Kalkplatte «Typus Geissberg», gemäss Figur 13b, so verändert sich einzig die Stelle 1, wo statt P nun K steht, und die Stelle 11, wo das Mg wegfällt; die übrigen Zahlen bleiben die gleichen.

K, c, 2, d / N, 3 / B, a + y, 1 / D, Ca–HCO_3, n, x.

Bei einem Tafelberg aus Quarzitschotter «Typus Taunus» gemäss Figur 13c verändern sich die Stellen 2 und 10, die andern bleiben unverändert, so dass dann die Chiffre heisst:

P, q, 2, d / N, 3 / B, a + y, 1 / A, Ca–HCO_3, n, (CO_2).

Bei einer Basaltplatte «Typus Vogelsberg», Figur 13d, könnte die Chiffre schliesslich heissen:

F, a, 4, d / N, 3 / B, a + y, 1 / A, Ca–(Na)–HCO_3, n, SiO_2, (Fe), (CO_2).

Die auf Figur 13 dargestellten, unter sich verwandten Grundwassertypen bei Tafelbergen zeigen also unter gleichem Klima auf den Stellen 4–9 völlig gleiche Chiffren; verändert werden nur die Stellen 1 und evtl. 3 bei verschiedener Zirkulationsart und Durchlässigkeit, oder aber die Stellen 2 und 10–13 bei verschiedenem Chemismus des Grundwasserleiters und damit auch der Quellen.

Die Art der engen Verwandtschaft der verschiedenen Typen, aber auch ihre charakteristischen Unterschiede kommen somit in der Chiffrierung klar zum Ausdruck.

VI. ANTHROPOGENE EINGRIFFE

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich ausschliesslich auf natürliche, vom Menschen nicht beeinflusste Grundwasservorkommen. Im folgenden sollen nun aber auch noch die anthropogenen Beeinflussungen in Kürze erwähnt werden.

A. Eingriffe in den Grundwasserleiter

1. Verringerung der Durchlässigkeit

Durch Zement- oder Tongel-Injektionen schliesst man Poren und Klüfte, oder durch Vibration verdichtet man das Korngefüge in Lockergesteinen und verringert damit das Porenvolumen. Das bedeutet in beiden Fällen eine künstliche Verringerung der ursprünglichen Durchlässigkeit des Grundwasserleiters an ganz bestimmten, vom Menschen ausgesuchten Stellen.

2. Verringerung des Volumens

Durch Kiesabbau unter den Grundwasserspiegel, durch Zement-Injektionen in den Grundwasserleiter,

- durch Einbauten ins Grundwasser, z. B. bei Gebäuden mit tiefen Kellergeschossen,
- durch Wände, die Teile des Grundwasserleiters von der Umgebung abtrennen,
- durch wasserdichte Tröge oder Tunnels von Verkehrsbauten unter dem Grundwasserspiegel verringert man das Volumen des Grundwasservorkommens. Eine Veränderung des Grundwassertyps findet dadurch jedoch nicht statt.

B. Beeinflussung der Neubildung

1. Verringerung der Grundwasser-Neubildung

Die natürliche Neubildung von Grundwasser wird durch die folgenden Eingriffe des Menschen verringert:

a) Durch Überbauung der durchlässigen Oberfläche, von der aus dank der Versickerung der Niederschläge das Grundwasservorkommen bisher gespeist wurde.

b) Durch Behinderung der Infiltration von Fluss- und Bachwasser, wenn bei Bachkorrektionen die Bette dicht verbaut, bei Flussbauten die Ufer mit einem undurchlässigen Uferschutz versehen oder wenn bisher durchlässige Uferböschungen durch undurchlässige Mauern ersetzt werden. Eine ähnliche Wirkung kommt zustande, wenn durch Verminderung der Fliessgeschwindigkeit oberhalb eines Wehres oder durch Zunahme der künstlichen Verschmutzung bisher durchlässige Flussbette durch Schlammablagerungen abgedichtet werden.

Eine Reduktion der Neubildung hat ein Absinken des Grundwasserspiegels und eine Verminderung der Durchflussmenge und der Feldergiebigkeit, zahlenmässig erfasst als «Grundwasserspende», zur Folge.