

Universität Mannheim

Geographisches Institut
Lehrstuhl für Geologie

Ausarbeitung des Referats im Rahmen des Geologischen Proseminars im Sommersemester
2000 zum Thema:

“Quellen“

bearbeitet von: Simon Deutler
2.Semester; Diplom Geographie

Vorangestellte Erklärungen zum Thema Grundwasser:

Um die Funktionsweise von Quellen näher zu verstehen, benötigt man als Grundlage einiges Wissen zum Thema Grundwasser:

Das Grundwasser gelangt größtenteils durch die Infiltration atmosphärischer Niederschläge in den Untergrund. Diese sickern so lange durch wasserleitende Gesteinsschichten (Aquiferen), bis sie auf eine wassernichtleitende Schicht treffen. Hier staut sich das Wasser und fließt dann der Schwerkraft folgend auf dem Stauer (und „durch“ den Aquifer) ab. Gute Aquiferen, also Gesteine die Grundwasser speichern und auch leiten, können Sand, vulkanische Tephra, manche Arten blasenreicher Lava, grobkörnige Sandsteinschichten oder Kalksteine sein. Kann der Grundwasserspiegel je nach Zu- oder Abnahme des zugeführten Wassers ansteigen oder absinken wird er freier Grundwasserspiegel genannt.

Die Wasserleitfähigkeit von Gesteinen, und damit auch die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers, hängt von der Porosität, also dem Vorhandensein von kleinen Hohlräumen (Poren) und der Permeabilität (Durchlässigkeit) der Gesteine ab. Denn nur wenn Verbindungen zwischen den Poren vorhanden sind, kann das Grundwasser durch diese fließen. Generell kann man sagen: je kleiner die Korngröße des Gesteins, desto geringer ist die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers. Bei Korngrößen der Tonfraktion ist diese so niedrig, dass Tonschichten zwar Wasser gesättigt sein können, aber auf Grund der niedrigen Fließgeschwindigkeit des Wassers nicht mehr zu den Grundwasserleitern zählen. Solche Gesteine, die zwar Wasser speichern, aber nicht leiten, nennt man Aquicluden. Neben Ton gehören hierzu Schiefertone oder dichtere Lavaströme.

Aquifugen schließlich sind Gesteine, die Wasser weder speichern noch durchlassen können. Allerdings kann Grundwasser auch in Spalten und Klüften eigentlich undurchlässiger Gesteine zirkulieren z.B. in Granit oder Kalkstein.

Definition Quelle:

„Eine Quelle ist ein auf natürlicher Weise erfolgender Ausfluß von Grundwasser an der Erdoberfläche.“ (nach Strahler u. Strahler) DIN 4049 ergänzt diese Definition durch den Zusatz „örtlich begrenzt“. Allerdings darf man diese örtliche Begrenzung nicht allzu eng auffassen. Es kann nämlich vorkommen, daß Quellen aus der Grundwasser leitenden Schicht nicht direkt an der Erdoberfläche ausfließen, sondern erst in eine dazwischen liegende Schicht. Dies kann z.B. ein aufliegender Boden mit Vegetation (mögliche Erklärung für großflächige feuchte Stellen einer an einem Hang gelegenen Wiese) oder eine Schutthalde sein, aus der sich dann scheinbar viele Quellen ergießen, welche in Wirklichkeit nur von einer richtigen sog. Schuttquelle gespeist werden. Quellen können aber auch unter Flüssen, Seen oder dem Meer austreten, diese nennt man dann Grundquellen.

Im Gegensatz zu Quellen sind Brunnen keine natürlichen, sondern durch technische Eingriffe bewirkte Grundwassererschließungen.

Klassifikationen von Quellen:

Quellen können auf sehr unterschiedliche Weisen klassifiziert werden, z.B.:

- Nach der Quellschüttung: Als Quellschüttung bezeichnet man die ausfließende Wassermenge pro Zeiteinheit. Angegeben wird sie in Liter pro Sekunde (l/s) oder in Kubikmeter pro Sekunde (m^3/s). Diese Angabe ist vor allem für die wirtschaftliche Nutzung einer Quelle interessant.
- Nach der Wasserführung: Nach der Wasserführung unterscheidet man perennierende, also ganzjährig schüttende, periodische, z.B. nur jährlich zur Hauptniederschlagszeit schüttende oder episodische Quellen, die nur nach unregelmäßigen Niederschlagsereignissen schütten. Aber auch die Schüttung einer perennierenden Quelle korrespondiert meist mit den gefallenen Niederschlägen. Manche Quellen reagieren schon ein paar Tage später auf besonders starke Niederschläge mit einer erhöhten Schüttung, andere erst ein Jahr später.
- Nach der Temperatur: Nach der Temperatur unterscheidet man kalte und warme Quellen. Über 20 Grad warme Quellen nennt man Thermalquellen. (siehe auch unten)
- Nach balneologischen Gesichtspunkten: Nach balneologischen Gesichtspunkten kommt es auf den Mineralgehalt und die daraus resultierende Heilwirkung des Quellwassers an. Von einer Mineralquelle spricht man ab 1g gelöster Stoffe auf 1 kg Quellwasser. (siehe auch unten)
- Nach geologischen und geomorphologischen Verhältnissen: Nach dieser Klassifikation die auf Keilhack (1917) zurückgeht, ist dieses Referat gegliedert.

Einteilung der Quellen nach geologischen und geomorphologischen Verhältnissen:

A. Absteigende Quellen: Zu den Absteigenden Quellen gehören solche, bei denen das Grundwasser mit freiem Grundwasserspiegel vom Nährgebiet zur Quelle ausschließlich der Schwerkraft folgt.

1. Schichtquellen:

Schichtquellen sind der am häufigsten auftretende Quelltyp. Sie treten dort auf, wo eine wasserführende Schicht, die nach unten durch einen Nichtwasserleiter begrenzt ist, die Erdoberfläche schneidet, also vor allem an Talrändern oder anderen Hängen.

Da der Hang die Schichten nicht nur an einem Punkt, sondern in der gesamten Breite schneidet, treten oft ganze Quelllinien nebeneinander liegender Quellen auf. Früher nannte man diese auch Quellhorizonte, da sie aber nicht zwangsweise horizontal, sondern bei schräg gestellten Schichten auch diagonal verlaufen können, ist dieser Begriff etwas irreführend. Es können auch mehrere Quellenlinien übereinander auftreten.

2.Quellen durch Profilverengung im Aquifer:

Eine Profilverengung im Aquifer wird im einfachsten Falle durch eine Verringerung der Mächtigkeit oder der Breite hervorgerufen. Ist im in der Mächtigkeit oder der Breite verringerten Aquifer nun nicht mehr genug Kapazität vorhanden, um all das aus dem mächtigeren oder breiteren Aquifer nachfließende Grundwasser zu speichern, muss es irgendwohin ausweichen und tritt als Quelle an der Erdoberfläche aus.

Ähnliches passiert, wenn sich das Gefälle eines Aquifers vermindert: Die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers verlangsamt sich, was dazu führt, dass mehr schneller fließendes Grundwasser nachkommt, als langsamer abfließen kann. Das Wasser staut sich also, ähnlich wie sich Autos auf einer Autobahn stauen, wenn bei dicht fließendem Verkehr eine Baustelle zum langsam Fahren zwingt. Während es auf der Autobahn meist keinen Ausweg gibt, sucht sich das Wasser im Aquifer einfach den schnellstmöglichen Weg an die Erdoberfläche, und tritt dort als Quelle aus.

Genau dasselbe passiert, wenn sich die Durchlässigkeit des Aquifers verringert, also z.B. bei Zunahme von feinkörniges Material im Aquifer. Auch hier wird die Fließgeschwindigkeit verlangsamt und es kann ebenfalls zu einem Grundwasserstau mit dadurch verursachten Austritten von Quellen kommen.

3.Quellen durch natürliche Endigung des Aquifers:

Dieser Quelltyp ist am einfachsten an dem Beispiel eines Lavastroms zu erklären, der sich in ein Tal ergießt. Der Lavastrom erkaltet und kommt irgendwo zur Ruhe. Für nun folgende Niederschläge ist er ein idealer Aquifer. Wenn der Talgrund aus einem Wasserstauer, also z.B. aus fluviatil abgelagerten Tonen besteht, kann das Wasser nicht weiter einsickern. Es fließt also im Lavastrom dem Tal folgend abwärts, und muss dort, wo dieser endet, zwangsläufig in einer oder mehreren Quellen ans Tageslicht treten.

Ähnlich verhält es sich, sofern man Gletschereis als Gestein ansieht, bei einem in einem Tal fließenden Gletscher. Auch hier treten die infiltrierten Niederschläge zusammen mit den Tauwässern an der Stirnseite des Gletschers wieder aus.

4.Stau- oder Barrierequellen:

Wenn das Grundwasser in einem Aquifer auf eine senkrecht begrenzende, wie eine Staumauer liegende Aquiclude oder Aquifuge trifft, staut es sich davor auf und bildet so eine Art „unterirdischen Stausee“. Allerdings ist dieser kein See im eigentlichen Sinne, da er sich ja in dem Aquifer, also in einer Gesteinsschicht, befindet. Solange neues Grundwasser nachfließt, staut es sich so hoch auf, bis es über den Stauer abfließen kann. Liegen über dem nun keine

weiteren Gesteinsschichten, tritt das Wasser dort als Stauquelle, auch Barrierequelle genannt, an die Erdoberfläche aus.

Eine Sonderform der Stauquellen sind sog. Absteigende Verwerfungsquellen. Die Struktur der Quelle ist hier genau dieselbe wie bei den Stau- oder Barrierequellen auch, nur dass die stauende Aquiclude oder Aquifuge durch eine tektonische Verwerfung an ihre Position kam. Es kann sich also, wie es in der Abbildung anzunehmen ist, um die verworfene wasserstauende Schicht handeln, die auch den Aquifer nach unten begrenzt.

5. Überlaufquellen

Auch bei den Überlaufquellen (auch Überfallquellen genannt) bildet sich ein unterirdischer „Grundwassersee“. Er liegt in einer aus einer grundwasserstauenden Schicht gebildeten „Wanne“, in und über der eine oder mehrere wasserleitende Gesteinsschichten liegen. In diese sickern Niederschläge ein, welche den „See“ von oben speisen. An der Stelle, an der der Rand der „Wanne“ am niedrigsten ist läuft die „Wanne“ nun über: eine Überlaufquelle tritt an der Erdoberfläche aus.

6. Spaltenquellen:

Der Mechanismus von Spaltenquellen ist eigentlich recht simpel: Niederschläge, aber auch Fließgewässer, werden von Klüften und Spalten eigentlich wassernichtleitender Gesteine aufgenommen, zirkulieren dort als Grundwasser und treten an Spalten, die unterhalb des Niveaus des Grundwasserspiegels liegen und die Erdoberfläche schneiden, wieder ans Tageslicht. Diese Art von Quellen treten als sog. Karstquellen besonders häufig in Kalkgebirgen auf. Hier kann das Wasser mit Hilfe der Kohlensäureverwitterung seine eigenen Spalten in das Gestein erodieren.

B. Aufsteigende Quellen: Im Gegensatz zu den absteigenden, folgt das Grundwasser bei den aufsteigenden Quellen nicht ausschließlich der Schwerkraft, sondern wird vor dem Quellaustritt entweder durch hydrostatischen Druck oder mit Hilfe von Gas aufwärts bewegt. Man muss also neben der geomorphologischen Struktur auch den Auftriebsmechanismus berücksichtigen.

Auftrieb durch hydrostatischen Druck (Artesische Quellen):

In einem artesischen System ist der Aquifer nicht nur nach unten, sondern auch nach oben durch einen Wasserstauer begrenzt. Meist liegt ein solches System in einem muldenförmigen Becken. Die Infiltration erfolgt am Rand des Beckens, wo der Aquifer an der Erdoberfläche endet. Infiltriert soviel Wasser, dass der theoretische Grundwasserspiegel höher läge als durch die Begrenzung des Aquifers nach oben möglich, spricht man von gespanntem Grundwasser.

1. Aufsteigende Schichtquelle

Endet der Aquifer nun auf einer Seite des Muldensystems unter dem durch die Spannung des Grundwassers erhöhten Grundwasserspiegel des Infiltrationsgebiet an der Erdoberfläche, tritt dort eine aufsteigende Schichtquelle aus. Das austretende Grundwasser wird durch die Last des höher liegenden Wassers im Infiltrationsgebiet durch den umgrenzten Aquifer aus der Senke der Mulde bis zum Austrittsniveau der Quelle gedrückt. Da der Wasserdruck meist ausreichen würde, das Grundwasser noch höher zu transportieren, es also bei Austritt noch unter Druck steht, tritt es dort als Sprudelquelle aus.

2. Aufsteigende Verwerfungsquellen

Nach ähnlichem Mechanismus funktionieren aufsteigende Verwerfungsquellen: Das Wasser infiltriert in einen schräg liegenden, nach oben und unten durch wassernichtleitende Schichten begrenzten Aquifer und sickert diesem folgend in die Tiefe. Wird der Aquifer nun von einer Verwerfung geschnitten, kann das Wasser in der Verwerfung nach oben steigen, und an der Erdoberfläche als Quelle austreten. Dieser Aufstieg erfolgt durch den Druck der Grundwassersäule, die sich vor der Verwerfung staut, da durch die im Vergleich zum Aquifer schmalere Verwerfung relativ wenig Wasser fließen kann. Dies führt dazu, dass das aufsteigende Wasser in der Verwerfung über das Niveau des eigentlichen Grundwasserspiegels des Systems gedrückt wird.

Auch wenn die Verwerfung durch Mineralneubildungen geschlossen ist, kann oftmals ein Aufstieg des Wassers in durch den Verwerfungsvorgang entstandenen Rissen, Spalten und Klüften des angrenzenden Gesteins erfolgen.

Exkurs Thermal- und Mineralquellen:

Ein großer Teil der warmen und heißen Quellen gehören zu den aufsteigenden Verwerfungsquellen. Es besteht also kein prinzipieller Unterschied zwischen normalem Grundwasser und den Thermalwässern. Erwärmt wird das Wasser durch die in der Tiefe herrschenden Temperaturen, die bei einer normalen Geothermischen Tiefenstufe ca. 3° pro 100 m höher sind als an der Erdoberfläche. Da das Grundwasser unter Umständen einige 1000 m langsam in die Tiefe sickern kann, erhitzt es sich also beträchtlich. Der Aufstieg erfolgt dann ziemlich schnell, so dass das Wasser kaum abkühlen kann und beim Quellaustritt nach ziemlich warm ist. Generell kann man sagen, dass die Temperatur des Quellwassers von der Tiefe, aus der es kommt, und von der Geschwindigkeit des Aufstiegs abhängt. Durch die hohe Temperatur können die Thermalwässer viel leichter mineralische Stoffe aus den Gesteinen lösen durch die sie fließen. So kommt es, dass viele Thermalquellen gleichzeitig Mineralquellen sind.

Auftrieb durch Gase:

Mit der Quelle aufsteigende Gase können Kohlenwasserstoffe oder Kohlensäure sein. Meist ist das Gas aber nicht der alleinige Grund für den Aufstieg des Grundwassers, sondern mündet in schon aufsteigendes Grundwasser. Es erleichtert diesem aber den Aufstieg, da das unter

Druck stehende Gas zur Erdoberfläche drängt und dabei das Wasser mit in diese Richtung verdrängt.

Abschließen Anmerkung

Natürlich folgen die Quellen in der Natur nicht unbedingt den Lehrbüchern und vereinfachten Schemata. Da viele Quellen Merkmale aus verschiedenen Quelltypen aufweisen, und die Prozesse oft in gegenseitiger Wechselwirkung stehen, ist es oft schwer eine Quelle genau einem bestimmten Quelltyp zuzuordnen!

Literaturverzeichnis:

Keilhack, K. (1917): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde – 2. Auflage. Berlin

Mattheß, G./ Ubell, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie. Grundwasserhaushalt – Lehrbuch der Hydrogeologie Bd. 1. Berlin, Stuttgart

Michel, G. (1997): Mineral- und Thermalwässer. Allgemeine Balneologie. – Lehrbuch der Hydrogeologie Bd. 7. Berlin, Stuttgart

Schneider, H. (1988): Die Wassererschließung. Grundlagen der Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis – 3. Auflage. Essen

Strahler, A./ Strahler, A. (1999): Physische Geographie.- Stuttgart

Willhelm, F. (1997): Hydrogeographie. – 3. Auflage. Braunschweig