

Tafel 8.5 Beobachtung von Grundwasserstand und Quellschüttung

Einleitung

Für die quantitative Bewertung einer Grundwasserressource stellen Grundwasserstand und Quellschüttung leicht zu erhebende Kennwerte dar. Der Grundwasserstand an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit kann als diejenige Wasserhöhe definiert werden, welche sich in einem dort installierten Beobachtungrohr (Piezometer) einstellt [3]. Die Wasserhöhe im Piezometer ist ein Mass für den Füllstand des hydrogeologischen Systems, während die Quellschüttung jene Wassermenge aufzeigt, mit welcher sich das System an natürlichen Austritten entleert. Grundwasserstände und Quellschüttungen spiegeln komplexe Prozesse wider, die einerseits das Auffüllen (Niederschlags-, Flusswasserinfiltration) und Entleeren eines Grundwasserleiters betreffen, aber andererseits auch von dessen Geometrie, Mächtigkeit und der Gesteinsart abhängen [2].

In der Schweiz trägt Grundwasser zu mehr als 80 % zur Wasserversorgung bei. Die Beobachtung und Überwachung dieser lebenswichtigen Ressource wird von Bund, Kantonen, Hochschulen und privaten Büros ausgeführt. Die Aufgabe besteht darin, kurzfristige quantitative Schwankungen der Grundwasservorkommen zu dokumentieren und rechtzeitig hinsichtlich eines längerfristigen Wandels zu bewerten, sei es bezüglich natürlicher oder auch anthropogener Veränderungen. Dazu können sich die genannten Institutionen auf lokale, regionale und landesweite Messnetze stützen. Die über einen längeren Zeitraum einheitlich erhobenen Kennwerte bilden die Basis für eine umfassende und nachhaltige Grundwasser-Bewirtschaftung.

Die vorliegende Tafel stellt für die Schweiz mehr als 900 zur Zeit betriebene sowie 150 aufgehobene Messstationen dar (Brunnen, Piezometer und Quellen). Diese kommen verständlicherweise in den Gebieten gehäuft vor, in denen sowohl die Verfügbarkeit wie auch der Bedarf an Wasser am höchsten ist, nämlich im Bereich der Lockergesteinsgrundwasserleiter und in den grossen, oft dicht besiedelten Flusstälern (vgl. Tafel 8.6). Die aufgeführten Stationen erfüllen die folgenden Kriterien:

- am 1. Januar 2003 in Betrieb;
- Teil eines Langzeit-Messnetzes;
- Daten aufgearbeitet und öffentlich zugänglich.
- Für die in der Tafel verzeichneten aufgehobenen Stationen beträgt die Beobachtungszeit mindestens 10 Jahre.

Messprinzip und Datenerfassung

Der Grundwasserstand wird mittels Vorrichtungen bestimmt, die einen direkten Zugang zum Untergrund ermöglichen. Dies kann entweder ein Piezometer, ein Förderbrunnen oder, im Falle eines gespannten Grundwassers, auch ein Druckmesser sein. Die Messungen können auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Für eine manuelle Messung bedient man sich eines Lichtlots, das in die Verrohrung hinabgelassen wird und bei Kontakt mit dem Grundwasser ein visuelles oder akustisches Signal aussendet. Man ermittelt also mit einem Messband die Distanz zwischen dem Grundwasserspiegel und einem Fixpunkt am Rand des Brunnens bzw. Piezometers. Bei einer mechanischen Messung wird der Grundwasserstand auf einer mit einem Schwimmer verbundenen Trommel analog aufgezeichnet (Limnigraph). Moderner ausgestattete Messstellen verwenden eine an ein digitales Aufzeichnungsgerät (Datenlogger) angeschlossene Drucksonde.

Während an Piezometern der natürliche Zustand im Grundwasserleiter erhoben wird, ist der Grundwasserstand in einem Förderbrunnen während der Pumpphase gestört, nämlich durch eine Absenkung der Grundwasseroberfläche am Entnahmeort und in dessen Umfeld. Die Limnigramme und erhobenen Datenreihen werden regelmässig abgelesen und digitalisiert bzw. numerisch abgespeichert. Danach werden alle Daten, die auf den Grundwasserstand bezogen sind, in absolute Höhenwerte (m ü.M.) umgewandelt. Letztendlich werden die Daten noch einmal überprüft, gegebenenfalls korrigiert, archiviert und den Nutzern zur Verfügung gestellt.

Die Messmethoden für Quellschüttungen basieren grundsätzlich auf demselben Prinzip wie für Fliessgewässer. Der Wasserstand wird mittels Schwimmer oder Drucksonden meist an künstlichen Überfällen oder an definierten Fliessquerschnitten entweder direkt an der Quelfassung oder im Bachlauf nahe des Quellaustritts bestimmt. Anschliessend wird er mit Hilfe der Wasserstand-Abfluss-Beziehung in Schüttungswerte umgerechnet (vgl. Tafel 5.1²).

Einflussfaktoren auf das Grundwasserdargebot – Fallbeispiele

Im komplexen Wasserkreislauf gibt es zahlreiche Faktoren, die auf das Grundwasserdargebot einwirken und in Wechselwirkung zueinander stehen.

Im allgemeinen sind die versickernden Niederschläge für die Schwankungen des Grundwasserstandes verantwortlich, insbesondere wenn der Grundwasserleiter nicht direkt mit einem Fliessgewässer in Verbindung steht. Dieser Fall ist auf dem Limnigramm von Jens, Moos [4] zu beobachten, wo Niederschläge gleicher Intensität unterschiedliche Auswirkungen auf den Grundwasserstand haben, je nachdem ob sie im Sommer (schwächeres Ansprechen aufgrund hoher Evapotranspiration) oder im Winter niedergehen.

Alluviale Grundwasserleiter stehen in der Schweiz sehr oft mit angrenzenden Fliessgewässern in hydraulischem Kontakt. Der am Piezometer Felsberg (Nr. 6504) [5] beobachtete ungespannte Grundwasserstand folgt tendenziell den Schwankungen des Rheins, wenn auch mit einer gewissen Trägheit (Ganglinie mit gedämpften Amplituden, zeitlich leicht verzögert und gestreckt).

In Siedlungsgebieten werden an Förderbrunnen grosse Wassermengen aus dem Untergrund entnommen, was zu einer deutlichen, jedoch örtlich und zeitlich begrenzten Absenkung des Grundwassers führt, dessen ursprüngliches Niveau sich nach Beendigung der Fördertätigkeit sukzessive wiedereinstellt (siehe Limnigramm von Dietikon).

Bei Quellen sind für die Entwicklung der Schüttung dagegen eher der Typ und die Eigenschaften des Grundwasserleiters (vgl. Tafel 8.4) verantwortlich, auch wenn die meteorologischen Verhältnisse ebenfalls eine bedeutende Rolle spielen. Die drei folgenden Beispiele veranschaulichen die wichtigsten Schüttungsregime.

Die Schlichenden Brünnen [5] entspringen einem Karstgrundwasserleiter, mit einem mehrheitlich auf über 1000 m Höhe gelegenen Einzugsgebiet und gering entwickelter Bodenbedeckung. Niederschlagsereignisse führen hier zu einem raschen Ansteigen der Quellschüttung aufgrund bevorzugter Infiltration und schneller Zirkulation in den grossen Hohlräumen des Karstsystems (Höhlen). Diese Phase wird von einem graduellen Abklingen der Quellschüttung aufgrund der eher diffusen Drainage der nur schwach geklüfteten Gesteinsbereiche gefolgt.

Die Quelle von Pierre Ozaire in Savigny [1] entwässert einen Molasse-Kluftgrundwasserleiter. Die entsprechende Ganglinie zeigt ein deutlich geringer ausgeprägtes Ansprechen auf Niederschlagsereignisse, bedingt durch ein relativ feines Kluftnetz und die dämpfende Wirkung einer sandig-lehmigen Verwitterungsschicht. Einzig langanhaltende Niederschläge bewirken eine bedeutendere Grundwasserneubildung und damit ein markantes Ansteigen der Quellschüttung.

Die Quelle von Chalet in Dizy [1] letztlich wird aus einem Lockergesteinsgrundwasserleiter gespeist und zeigt ein noch ausgeglicheneres Schüttungsverhalten, das typisch für diesen Grundwasserleitertyp ist. Die intensiven Schauer in Frühjahr und Sommer zeigen praktisch keine Auswirkungen auf den Grundwasserstand, wogegen die Starkniederschläge im Herbst durchaus eine markante Reaktion des Grundwasserleiters zur Folge haben.

Auswertung von Langzeit-Aufzeichnungen

Erst die Auswertung von Langzeit-Datenreihen ermöglicht eine gründliche Bewertung längerfristiger Tendenzen hinsichtlich des Zustandes einer Grundwasserressource.

Der zeitliche Gang an der Grundwassermessstelle in Nebikon, Winkel [5] ist als mittlerer monatlicher Wasserstand und parallel dazu als langjähriger mittlerer monatlicher Wasserstand (arithmetisch gemittelt über 15 Jahre) aufgeführt. Die Darstellung der Grundwasserbilanz ermöglicht es, die

Zeiträume mit einer eher ergiebigen Grundwasserneubildung hervorzuheben (blau), im Gegensatz zu Perioden mit einer unterdurchschnittlichen Grundwasserneubildung (grau). Die beiden Phasen geringer Grundwasserneubildung in den Jahren 1997–1998 sowie 2003 stimmen zeitlich mit ausgesprochenen Trockenphasen und damit einer Leerung des Grundwasserreservoirs überein, während die blau eingefärbten Flächen für eher niederschlagsreiche Jahre und ein Auffüllen des Grundwasserleiters stehen.

Als Beispiel für das Langzeitverhalten von Quellen dient die Areuse-Quelle bei St-Sulpice [5]. Die graphische Gegenüberstellung von Tagesmittelwerten für die Quellschüttung des Jahres 2002 und von langjährigen Monatsmittelwerten für Schüttungsmaxima und -minima (20 Jahre) erlaubt es, generelle Tendenzen herauszulesen und wichtige Erkenntnisse für ein geeignetes Nutzungskonzept zu gewinnen. So können Tiefstwerte dazu herangezogen werden, kritische Schüttungsmengen, Restwassermengen und schliesslich nachhaltige Konzessionsentnahmemengen zu bestimmen. Die langfristigen Maximalwerte liefern wichtige Grundlagen z.B. für die Dimensionierung von Fassungen oder die Abschätzung der Gefährdung durch Überschwemmungen.

Schematische hydrogeologische Modelle

Der Lockergesteinsgrundwasserleiter von Felsberg, am Rhein oberhalb von Chur gelegen, ist ein Paradebeispiel für Grundwasserleiter mit direkter Anbindung an ein grosses Fliessgewässer. Es handelt sich dabei um klar abgegrenzte Lockergesteinskörper, die häufig aus kiesigen bis teilweise sandigen und siltigen Wechsellagerungen bestehen. Diese Ablagerungen weisen typischerweise eine gute Durchlässigkeit auf und dienen somit als bedeutende Trinkwasserressource (vgl. Tafel 8.6). Bei diesem Grundwasserleitertyp lässt sich das Grundwasserverhalten am besten mit Hilfe von Piezometern und Förderbrunnen erfassen, an denen die Lage des Grundwasserspiegels punktuell bestimmt werden kann. Durch Interpolation der punktuellen Messwerte können Karten mit Grundwasserisohypsen (Linien gleichen Grundwasserstandes) erstellt werden, woraus sich wiederum die generell senkrecht zu den Isohypsen verlaufende Fliessrichtung des Grundwassers ableiten lässt. Je nach Lage infiltriert Flusswasser in den Grundwasserleiter (siehe Situation A), oder aber umgekehrt, das Grundwasser exfiltriert in den Fluss (siehe Situation B). An einem Standort können sich die Fliessverhältnisse aber auch aufgrund wechselnder hydrologischer Bedingungen verändern.

Karstgrundwasserleiter nehmen rund ein Fünftel der Landesfläche ein. Als Fallbeispiel hierzu dient der Karstgrundwasserleiter des Muotatals. Bei Karstgrundwasserleitern spricht man von «doppelter Porosität» wegen des einerseits schnellen Wassertransports entlang ausgedehnter Hohlräume und des gleichzeitig diffusen Fliessens in schwach geklüfteten Gesteinsbereichen. Die Schüttungsmessung an Karstquellen eignet sich sehr gut zur Beobachtung dieses Grundwasserleitertyps.

Verdankung

Diese Tafel wurde auf Grundlage eines Konzepts des Büros mbn (Matousek, Baumann & Niggli AG) erstellt. Den für das Grundwasser zuständigen kantonalen Fachstellen wird für die hervorragende Zusammenarbeit gedankt.

Literatur

- [1] **GEOLEP (2004):** Réseau AQUITYP. Ecole polytechnique fédérale, Laboratoire de géologie de l'ingénieur et de l'environnement, Lausanne.
- [2] **Matthess, G., Ubell, K. (2003):** Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt. Lehrbuch der Hydrogeologie Band 1, Berlin.
- [3] **Müller, T. (1999):** Wörterbuch und Lexikon der Hydrogeologie (Deutsch-Englisch). Berlin.
- [4] **Office de l'économie hydraulique et énergétique – Office de la protection des eaux et de la gestion des déchets du canton de Berne (2004):** Annuaire hydrographique du canton de Berne. Berne.
- [5] **Office fédéral des eaux et de la géologie (2004):** Annuaire hydrologique de la Suisse 2003. Berne-Ittigen.