

8 Beurteilung von Dauerergiebigkeiten

8.1 Allgemeine Hinweise

Die Beurteilung des nutzbaren Grundwasserdargebots, der Ergiebigkeitsschwankungen und der Dauerergiebigkeit von Fassungsanlagen in Festgesteinsaquiferen für betriebliche Prognosen und wasserrechtliche Entscheidungen erfordert umfassende Untersuchungen. Zu berücksichtigen sind dabei:

- die speziellen Gegebenheiten des Brunnens
- die regionalen hydrogeologischen Verhältnisse einschließlich der hydrochemischen Situation
- die Schwankungen der Grundwasserneubildung und der freien Grundwasseroberfläche oder der Grundwasserdruckfläche
- die wasserwirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Grundwasserentnahme.

Bei Grundwasserfassungen für die Trinkwasserversorgung sind außerdem die natürlichen **Schutzfunktionen des Bodens und der Grundwasserüberdeckung** sowie die Schutzgebietsabgrenzung zu klären. Bereits bestehende Fassungsanlagen und potentielle Grundwassergefährdungen (Verkehrswege, Besiedlung, Gewerbe, Industrie, Altlasten u. a.) können die Nutzbarkeit des Dargebots beschränken. Dabei müssen folgende Eigenschaften der Festgesteinsaquifere berücksichtigt werden (vgl. Kap. 2.1):

- komplizierte Aquifergeometrie
- heterogene Durchlässigkeits- und Hohlraumverteilung
- kleiner nutzbarer Hohlraumanteil
- bewegtes Geländere relief mit gebietsweise hohem Grundwasserflurabstand
- punktförmige Versickerung von Oberflächenabfluß in Karstgebieten
- stark wechselnde Deckschichtenverhältnisse

In den Festgesteinsaquiferen des süddeutschen Schichtstufenlandes (vgl. Kap. 1) sind verbreitet **geschichtete Aquifere mit Stockwerksgliederung** entwickelt. Treten zwischen den Stockwerken Trennschichten auf, können unterschiedliche hydraulische Druckhöhen und Gradienten – nach der Tiefe zu- oder abnehmend – auftreten. Darüber hinaus können sich Temperatur, Hydrochemie und Isotopengehalte der Wässer in den einzelnen Stockwerken unterscheiden.

Diese Verhältnisse sind ebenso zu erkunden wie die Einspeisung aus benachbarten Stockwerken und aus überlagernden Lockergesteinsaquiferen.

Stockwerkstrennungen müssen schon während der Bohrarbeiten, bei der abschließenden Auffüllung des Bohrlochs oder bis zum Ausbau der Bohrung zu Brunnen und Grundwassermeßstellen erhalten bleiben oder sicher wieder hergestellt werden.

Bei regional großem Flurabstand, bei ungünstigem hydraulischen Anschluß an den Aquifer (unvollkommene Brunnen, Skineffekt, vgl. Kapitel 6.5.4) oder gering permeablen, aber mächtigen Aquiferen kann die Absenkung im Brunnen durch **unwirtschaftlich hohen Energiebedarf** limitiert werden. Grundsätzlich müssen Filterstrecken unter dem tiefsten abgesenkten Wasserspiegel im Brunnen liegen, um der **Verockerungsgefahr** entgegenzuwirken.

Besonders in Festgesteinsaquiferen mit freier Grundwasseroberfläche sind die **jahreszeitlichen und langfristigen Wasserstands- und Ergiebigkeitsschwankungen** von Brunnen, im Vergleich zu den Verhältnissen in Lockergesteinsgrundwasserleitern, oft sehr hoch. Bei mächtigem Aquifer und tief liegenden Aquiferanschlüssen des Brunnens kann die natürliche Wasserstandsschwankung den entnahmebedingten Absenkungsbetrag um ein Vielfaches übersteigen (Abb. 52). Bei jahreszeitlich starken Schwankungen der Grundwassermächtigkeit oder bei Trockenfallen von Hauptzutritten des Grundwassers (vgl. Beispiel 1, Kapitel 6.4) in den Brunnen können extreme Ergiebigkeitsänderungen eintreten.

Jede Grundwasserentnahme wird mehr oder weniger dem **Grundwasserabstrom zum Vorfluter** entzogen; dieser erleidet damit eine unterschiedlich verzögerte und abgeschwächte Abflußminderung. Zu jeder Ergiebigkeits- und Dargebotsbetrachtung gehört deshalb die Ermittlung des Einflusses auf den Vorfluter und dessen wasserwirtschaftliche Bewertung z. B. hinsichtlich Abwasserbelastung und ökologischer Auswirkung. Dies kann zu einer Regelung der Bewirtschaftung des betroffenen Gewässers zwingen. Erforderlichenfalls ist die **Mindestwasserführung des Vorfluters** festzulegen und die Grundwasserentnahme zu drosseln. Im Einzelfall kann es notwendig sein, die Minderung des Grundwasserzustroms zum Vorfluter und die Uferfiltration aus diesem in das Grundwasser räumlich und im hydraulischen Zusammenhang detailliert zu erkunden (Abb. 53).

Wegen des häufig anzutreffenden großen Flurabstands im Festgestein beschränken sich die ökologischen Auswirkungen der Absenkung oft auf Talzonen, Niederterrassen, Quellaustrittsgebiete und den Vorfluter selbst.

Ist der Vorfluter hydraulisch an den Aquifer angeschlossen, kann aus seiner Trockenwetterfallinie die

natürliche oder durch Entnahme beeinflusste Entleerung des Aquifers ermittelt werden (s. Kap. 4). Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf einzelne, einem Vorfluter gemeinsam tributäre Stockwerke, ist allerdings nur bedingt möglich.

Über die von der Grundwasserneubildung abhängigen Schwankungen hinaus zeigen z. B. Brunnen im Kiesel- und Stubensandstein des Mittleren Keupers im östlichen Baden-Württemberg häufig langfristige Ergiebigkeitsrückgänge (Abb. 54). Die anfängliche hohe Ergiebigkeit bei Pumpversuchen während der Erschließung ließ eine Überbeanspruchung des

Aquifers und der Brunnen nicht erkennen. Als Ursache des Leistungsrückgangs kommen in diesem Falle in Betracht:

- Verockerungen und Versandungen des Kiesfilters und Kluftsystems im Nahbereich
- interne Aquiferränder (vgl. Kap. 6.5.3) mit eingeschränkter Regeneration,
- bei freier Grundwasseroberfläche auch Entleerung nur langfristig wieder auffüllbarer Speicherräume und damit unterschiedliche Übergänge zwischen Brunnenalterung und Überbewirtschaftung von Aquiferbereichen.

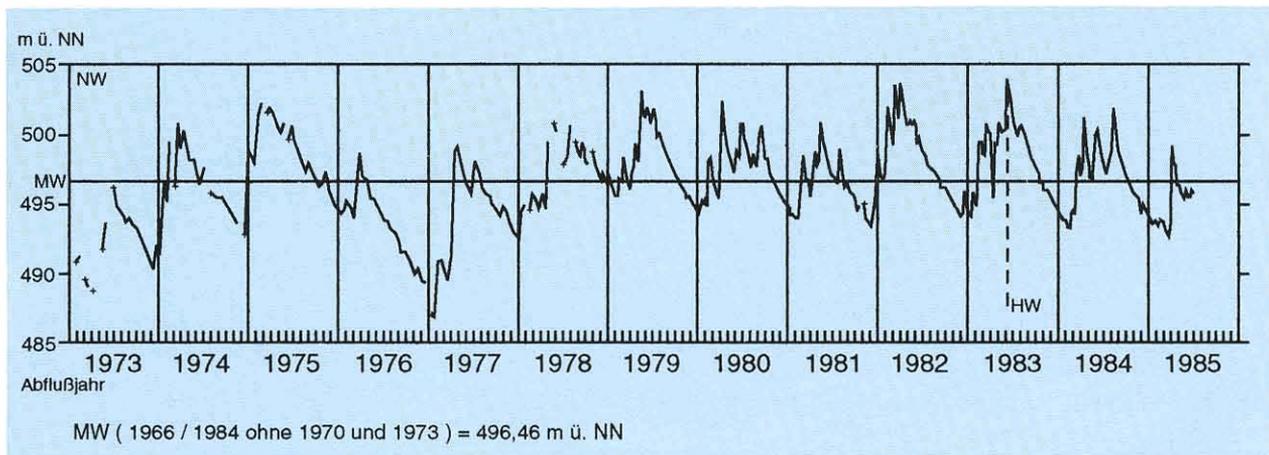


Abb. 52: Ruhewasserspiegel eines genutzten Tiefbrunnens im offenen Weißjura-Karst der östlichen Schwäbischen Alb
Langfristige Schwankung über 15 m; Absenkung bei $Q = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ etwa $s = 1,0 \text{ m}$ (Messungen: LFU)

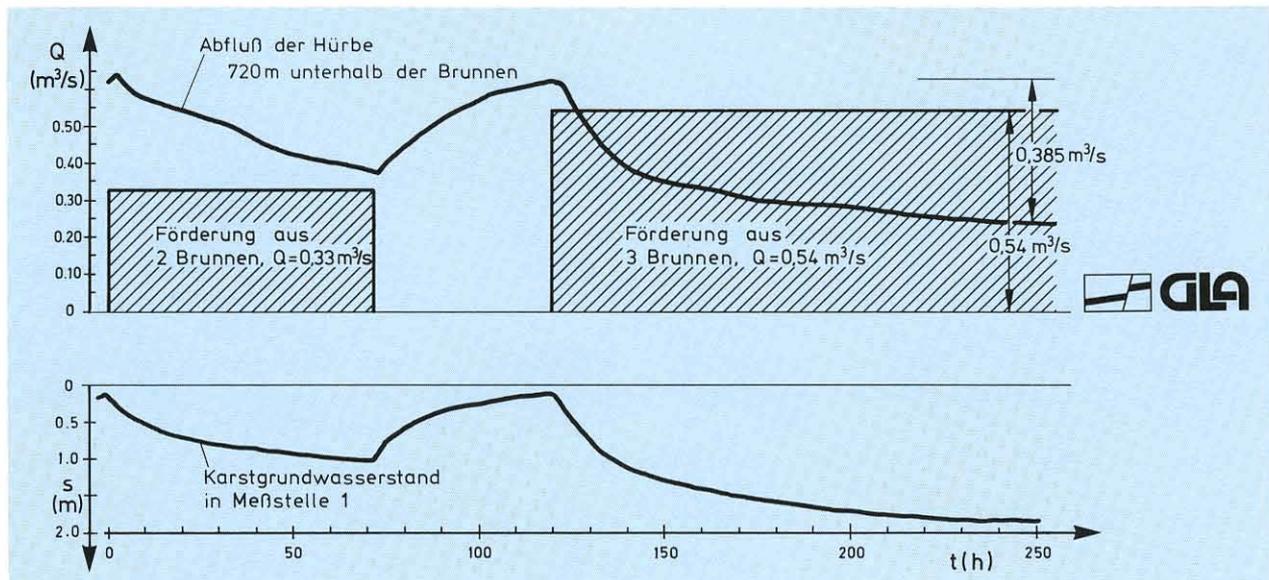


Abb. 53: Abflußminderung und Wasserstand in einer Karstgrundwassermeßstelle, Burgberg, Pumpversuche 1 u. 2
Die Hürbe als örtlicher Vorfluter zeigt an einer Meßstelle 720 m unterhalb der bepumpte Karstbrunnen einen starken Abflußrückgang durch Entzug bzw. „Umlenkung“ von Quell- und Karstgrundwasserzutritten in die Förderbrunnen.

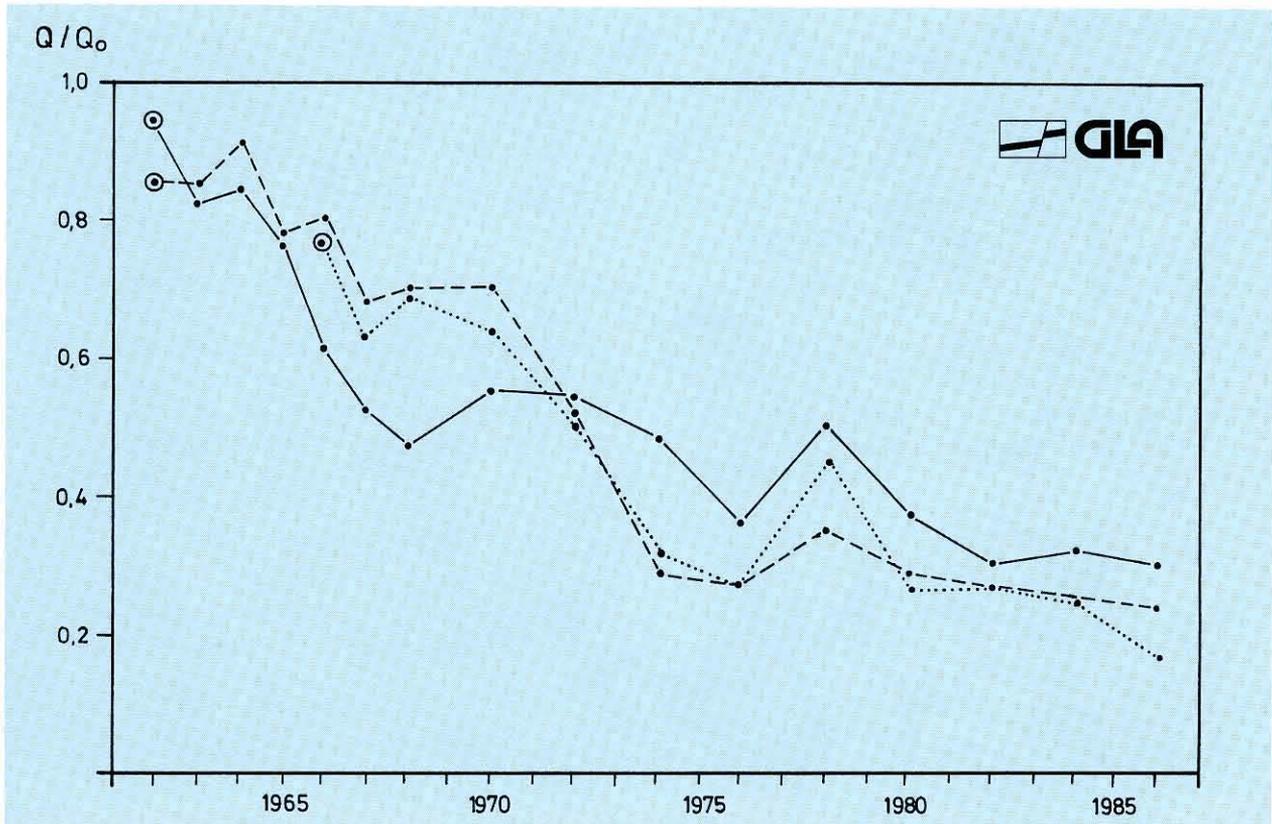


Abb. 54: Abnehmende Ergiebigkeit von Brunnen in Keupersandsteinen bei voller Nutzung mittels Schwimmerschaltung auf konstanter Höhe
 ⊙ = Ergiebigkeit im ersten Betriebsjahr

8.2 Untersuchungen

8.2.1 Technische Ergiebigkeit des Brunnens

Der brunnenspezifische Anteil der Absenkung bei Pumpbetrieb kann folgendermaßen ermittelt werden (vgl. Kap. 6.4):

- Bestimmung des Zuflußprofils, des Hauptwasserzutritts (z. B. Flowlog) und dessen Orientierung am langfristigen Wasserstandsgang (vgl. Abb. 52)
- Auswertung stufenförmiger Pumpversuche und der Wiederanstiege
- Vermeidung, Überwachung der Verockerung bei chemisch reduzierten Grundwässern.

8.2.2 Regionale Ergiebigkeit des genutzten Aquifers

Sie ist abhängig von der aquiferspezifischen Absenkung und der Gestalt des Absenktrichters. Daneben

ist die Bestimmung von hydraulischen Stützen und Barrieren und der Vorflut-Beziehung von Bedeutung, die ermittelt wird durch:

- Auswertung von Pumpversuchen (Aquifertests), möglichst mit umliegendem Meßstellenfeld
- Vergleich unterschiedlich bestimmter Aquiferkennwerte
- Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse.

8.2.3 Regionale Wasserhaushaltsdaten

Die Grundwasserneubildung, die Grundwasserabflußspende und der jahreszeitliche Verlauf der Wasserhaushaltsgrößen und des Wasserstands lassen sich durch die Untersuchung folgender Daten ermitteln

- Klimadaten
- Wasserstandsmessungen
- Trockenwetterfalllinien

8.2.4 Verknüpfung von Aquifer- und Wasserhaushaltsdaten

Der Umfang des bewirtschaftbaren Grundwasservorkommens und des kurz- (Stunden, Tage) und langfristig (Monate, Jahre) bewirtschaftbaren Speichervolumens sowie die bereits bestehenden Nutzungen sind der natürlichen (inkl. induzierten) Regeneration sowie der Leerlaufcharakteristik des Grundwasserspeichers gegenüberzustellen.

8.2.5 Berücksichtigung einschränkender Randbedingungen

Ökologische und wasserwirtschaftliche Vorgaben für den Vorfluter und sonstige Einflüsse sind genauso zu berücksichtigen wie konkurrierende Entnahmen und die Möglichkeiten der Grundwasseranreicherung. Die Infiltration aus Vorflutern und/oder aus benachbarten Grundwasserstockwerken ist zu bedenken.