

4. Durchführung von Pumpversuchen

4.1. Vorbereitungen

4.1.1. Kontrolle der Versuchsanlage

Bevor ein Pumpversuch begonnen werden kann, ist es erforderlich, sich über den projektgemäßen Aufbau der Versuchsanlage und über deren Funktionsfähigkeit zu informieren sowie auftretende Mängel zu beseitigen. Zu diesem Zweck werden visuelle Kontrollen der Pumpversuchsgruppe, insbesondere des Brunnens, der Förderanlage, der Abflußleitung, der Meßgeräte und der Probennahmeeinrichtungen (siehe TGL 23 864/02, S. 23) vorgenommen.

Wesentlich sind auch die Markierung und höhenmäßige Einmessung aller Meßpunkte. Sofern eine höhenmäßige Einmessung

nicht sofort möglich ist, müssen die Meßpunkte für eine nachfolgende markscheiderische Aufnahme fixiert werden.

Der Nachweis der Betriebsbereitschaft erfolgt schließlich durch Funktionsproben der GWBR, durch Wasserzugabe oder -entnahme und das Ausloten und Klarpumpen des Versuchsbrunnens. Entsprechend der eingangs formulierten Definition werden mit dem Klarpumpen mehrere Ziele verfolgt:

- Ermittlung der Funktionsfähigkeit des Brunnens
- Beseitigung von Bohrlochtrübe bzw. Bohrschmand
- Beseitigung feinen Materials aus dem anstehenden Grundwasserleiter zwecks sandfreier Wasserführung
- Einschätzung der beim Pumpversuch zu erwartenden Grundwasserabsenkungen in Abhängigkeit vom Förderstrom zur Präzisierung der Pumpversuchsanweisung
- gegebenenfalls Entnahme von Wasserproben

Zwecks Klarpumpen ist nach Anfahren der Pumpe der Förderstrom jeweils dann langsam zu steigern, wenn eine sandfreie Wasserförderung auftritt. Dann wird eine Steigerung bis auf etwa das 1- bis 1,5fache des maximal geplanten Förderstromes vorgenommen. Wassermenge und Absenkung sind während des Klarpumpens mindestens stündlich und bei Änderung des Förderstromes zu registrieren. Vor Beginn des Klarpumpens ist der Bezugswasserstand an allen Meßstellen zu registrieren.

4.1.2. Aufstellung des Versuchsprogramms

Vom Objektbearbeiter ist ein Pumpversuchsprogramm auszuarbeiten und nach entsprechender Einweisung der Pumpversuchsbrigade schriftlich zu übergeben. Dieses Programm muß folgende Angaben enthalten:

- Anzahl der Pumpstufen
- Förderstrom je Pumpstufe
- Pumpdauer der einzelnen Pumpstufen
- Meßprogramm
- Hinweise zu Besonderheiten

Abweichungen sind nur nach Zustimmung des Objektbearbeiters zulässig.

Festlegung der Pumpstufen

Die bisherige Pumpversuchspraxis hat gezeigt, daß man günstige Aussagen über das Verhalten von Brunnen und Grundwasserleiter unter verschiedenen Zuständen der Beeinflussung erhält. Zu diesem Zweck werden während festgelegter Zeiträume Förderstrom bzw. Grundwasserabsenkung variiert, d. h., der Pumpversuch wird in einzelne Stufen untergliedert. Während man in der Vergangenheit möglichst viele Pumpstufen anstrebte und 4 bis 6 keine Seltenheit waren, orientiert man gegenwärtig aus ökonomischen Erwägungen heraus auf 2 Stufen im Lockergestein und 3 Stufen im Festgestein. Demonstrativpumpversuche sollten grundsätzlich nur mit einer Pumpstufe gefahren werden.

Förderstrom je Pumpstufe

Der Förderstrom je Pumpstufe ist auf Grund der Ergebnisse des Klarpumpens unter Beachtung des Brunnenausbaues und der Anzahl der Pumpstufen festzulegen. In diesem Zusammenhang hat es sich als günstig erwiesen, wenn die beim Klarpumpen gemessenen Förderströme und entsprechenden Absenkungen graphisch dargestellt werden (Bild 5). Dabei ist es zweckmäßig, die dem jeweiligen

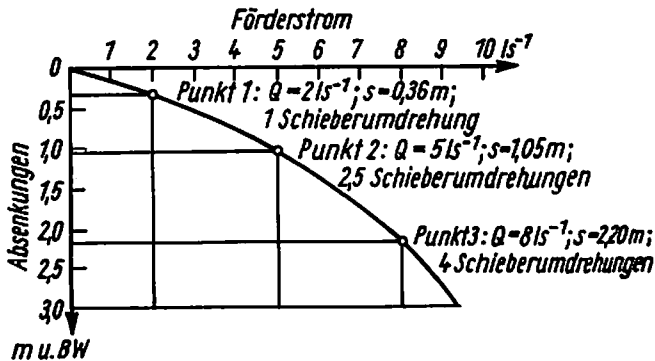


Bild 5. Schema zum Auswerten des Klarpumpens
m u. BW - m unter Bezugswasserstand

Förderstrom zugehörige Schiebereinstellung zu registrieren.

Bei der Anordnung von nur einer Pumpstufe ist auf einen größtmöglichen und von Beginn bis Ende konstanten Förderstrom zu achten.

Zur demonstrativen Bestimmung von Wassermenge und -beschaffenheit sollte der Förderstrom der Fördermenge entsprechen, die später dem Brunnen im Wasserwerksbetrieb entnommen werden soll.

Werden 2 Pumpstufen angeordnet, ist möglichst für die 1. Pumpstufe eine Fördermenge vorzusehen, die entweder bei einer Grundwasserabsenkung im Brunnen von etwa 1 m eintritt oder der Hälfte des größtmöglichen Förderstromes in Abhängigkeit vom Brunnenausbau entspricht.

Im Interesse einer einfachen geohydraulischen Auswertbarkeit sollten die Pumpversuche grundsätzlich intermittierend gefahren werden, d. h., daß nach jeder Pumpstufe die Pumpe abgeschaltet wird und nachfolgend Anstiegsmessungen durchgeführt werden (vgl. Abschnitt 4.2.3.). Ein kontinuierliches Aneinanderreihen mehrerer Pumpstufen ohne Unterbrechung war früher allgemein üblich, erschwert aber die Bestimmung der hydrogeologischen Parameter bedeutend.

Pumpdauer

Die Pumpdauer t ist von den zu erwartenden Ergebnissen abhängig. Für die Ermittlung von T und S ist die Pumpdauer der Tabelle 7 nach TGL 23 864/02 zu entnehmen.

Dienen die Pumpversuche einem demonstrativen Vorratsnachweis, muß versucht werden, die künftige Fördermenge über einen längeren Zeitraum zu pumpen. Als Richtwert gelten nach neuesten Erkenntnissen 300 Stunden für ungespanntes und 200 Stunden für gespanntes Grundwasser.

Die Pumpdauer zur Beurteilung chemischer Komponenten und deren Veränderlichkeit ist von den speziellen natürlichen Verhältnissen und der konkreten Aufgabenstellung abhängig und möglichst mit dem Auftraggeber abzustimmen.

Tabelle 7. Einschätzung der Pumpdauer nach TGL 23 864/02

Art des Grundwasserleiters	Dauer einer Pumpstufe in h im ungespannten Grundwasser (ohne Wiederanstieg)		
	Abstand der Meßstelle vom Versuchsbrunnen		
	2 bis 10 m	10 bis 20 m	20 bis 50 m
Grobsand bis Feinkies	5 bis 10	10 bis 20	20 bis 30
Mittelsand	8 bis 15	15 bis 40	40 bis 80
Feinsand und schluffige Sande	15 bis 50	50 bis 150	150 bis 400
poröses Festgestein	20 bis 40	-	-

Meßprogramm

Die Meßzeiten sind für Grundwasserabsenkungs-, anstiegs- und -mengenmessungen innerhalb der Pumpversuchsgruppe der Tabelle 8 zu entnehmen.

Abweichungen sind gestattet, wenn Aussagen zu anderen Zeitpunkten zusätzlich gewünscht werden.

Tabelle 8. Bestimmung der Meßzeitintervalle an der Pumpversuchsgruppe und zur Mengenummessung nach TGL 23 864/02

Zeitraum vom Beginn jeder Pumpstufe und unmittelbar nach Abschalten der Pumpe (Zeitpunkt 0)	Meßzeitintervall in min	
	Versuchsbrunnen	benachbarte Meßstelle
bis 10. Minute	1	2
bis 30. Minute	5	5
bis 60. Minute	10	10
bis 2. Stunde	20	20
bis 3. Stunde	30	30
bis 4. Stunde	60	60
bis 5. Stunde	60	90
ab 6. Stunde	60	120

Weitere Grundwasseraufschlüsse (GWBR, Wirtschafts- und Löschwasserbrunnen), die in beliebiger Entfernung vom Entnahmebrunnen, jedoch in dessen Einflußbereich liegen und zur hydrogeologischen Beurteilung des Untersuchungsgebietes herangezogen werden müssen, dürfen in größeren Meßzeitintervallen beobachtet werden. Die Meßzeiten sind abhängig von der Entfernung der Meßstellen zum Versuchsbrunnen. Sie sollten zwischen 3 und 24 Stunden liegen, wobei das größte Intervall für den Aufschluß angeordnet wird, welcher am weitesten vom Versuchsbrunnen entfernt liegt.

Besonderheiten ergeben sich noch bei benachbarten Vorflutern, wo Wasserstandsschwankungen zu erwarten sind, die Einflüsse auf den Grundwasserspiegel generell haben können. Diese Wasserstände sind täglich zweimal, beim Durchgang von Hochwasserwellen auch öfter zu messen. Dafür sind vorhandene Pegel oder neueingerichtete Hilfspegel zu nutzen.

Weitere Messungen, die festgelegt werden müssen, sind Temperaturmessungen von

- Luft, mittels im Schatten angeordneten Thermometers, 1- bis 3mal täglich, je nach den allgemeinen Temperaturschwankungen
- Grundwasser, mittels Schöpfthermometers im Filterbereich des Versuchsbrunnens, 1mal täglich und zusätzlich bei Wasserprobennahmen und vor dem Abschalten der Pumpe
- Oberflächenwasser, mittels Schöpfthermometers im Stromstrich, 1mal täglich

Besonderheiten

Im Meßprogramm sind außerdem Hinweise zu folgenden Sachverhalten zu verankern:

- zusätzliche außerplanmäßige Beobachtungen von Wasserständen, Fördermengen, Temperaturen, die der Auftraggeber oder Objektbearbeiter für bestimmte Aussagen benötigt
- Wasserprobennahmen
- Wasserprobentransport

4.2. Pumpversuchsablauf

4.2.1. Messungen vor Beginn des Pumpversuches

Unmittelbar vor Beginn eines Pumpversuches ist an allen Meßstellen der Bezugswasserstand BW (früher auch als Ruhewasserspiegel bezeichnet) jeweils zweifach einzumessen und zu registrieren. Dabei ist unter Berücksichtigung natürlicher Schwankungen auf eine weitgehende Annäherung an den Bezugswasserstand vor dem Klarpumpen (KLP) zu achten. Abweichungen im cm-Bereich sind zulässig. Vergeht zwischen Klarpumpen und Pumpversuchsbeginn ein größerer Zeitraum (mehrere Tage oder Wochen), sind zwischenzeitliche Wasserstandsmessungen anzustreben.

Soll der Pumpversuch zur hydrogeologischen Beurteilung eines größeren Gebietes dienen, so sind auch zusätzliche Grundwasseraufschlüsse - wie vorhandene GWBR, Wirtschaftsbrunnen, Löschwasserbrunnen - einzumessen.

Außerdem sind vor Beginn eines Pumpversuches zu messen:

- Luft-, Grundwasser- und bei Bedarf Oberflächenwassertemperatur
- Wasserstände im Vorfluter (bei Bedarf)

Das Wetter ist für die Zeit kurz vor und während des Pumpversuches zu beschreiben. Wichtig sind Hinweise zu Trockenperioden, Starkniederschlägen, Frost usw.

4.2.2. Die Absenkungsphase

Der Pumpversuch beginnt mit dem Einschalten der Pumpe. Der besseren Übersicht wegen empfiehlt es sich, den Pumpversuchsbeginn auf eine volle Stunde zu legen.

Wird die Pumpe gegen den offenen Schieber angefahren, der vorher entsprechend dem gewünschten Förderstrom (beachte Ausführungen zum Bild 5) eingestellt werden kann, können alle Meßzeitintervalle von Anfang an, wie sie in Tabelle 8 genannt werden, ohne Schwierigkeiten eingehalten werden. Häufig wird jedoch die Meinung vertreten, daß es günstiger ist, mit der

Förderung gegen den geschlossenen Schieber zu beginnen, um Überlastungen der Pumpe zu vermeiden. Dann ist sofort nach dem Einschalten der Pumpe der Schieber in die vorher bestimmte Stellung zu bringen.

Die Absenkungs- und Mengenumessungen beginnen für alle festgelegten Meßstellen unmittelbar nach Pumpversuchsbeginn entsprechend dem Meßprogramm.

4.2.3. Die Wiederanstiegsphase

Mit dem Abschalten der Pumpe wird die jeweilige Absenkungsphase abgeschlossen. Das Abschalten gilt als Zeitpunkt 0 für die Wiederanstiegsmessungen nach Tabelle 7. Die Meßzeitintervalle der Wiederanstiegsmessungen sind analog denen der Absenkungsmessungen. Messungen sind bis zum Erreichen des Bezugswasserstandes unter Beobachtung der natürlichen Grundwasserspiegelschwankungen durchzuführen. Ein vorheriger Abbruch dieser Messungen ist nur ausnahmsweise möglich und bedarf einer Begründung und Vereinbarung mit dem Bearbeiter. Ursachen dafür können u. a. meteorologische Einflüsse sein. Erst nach Erreichen des Bezugswasserstandes darf mit der nächsten Pumpstufe begonnen werden.

4.2.4. Verhalten bei Havarien

Treten während der Absenkungsphase unvorhergesehene Unterbrechungen des Pumpversuches auf, z. B. durch Ausfall der Energiezuführung oder defekten Motor, besteht bei sofortiger Messung des Grundwasseranstieges die Möglichkeit, gültige Pumpversuchsdaten für die Berechnung hydrogeologischer Parameter zu erhalten. Der Zeitpunkt des Havarieeintrittes gilt analog den oben angeführten Ausführungen als Zeitpunkt 0. Die Wiederanstiegsmessungen sind entsprechend dem vorgegebenen Meßprogramm bis zum Erreichen des Bezugswasserstandes vorzunehmen. Parallel zu den Messungen sind Maßnahmen einzuleiten, um die Havarie zu beseitigen.

Anhand der bis zum Havariezeitpunkt vorliegenden auswertbaren Ergebnisse hat der Objektverantwortliche zu entscheiden, ob der Pumpversuch erneut angefahren werden muß.

4.2.5. Wasserprobennahme

Während eines jeden Pumpversuches erfolgen Wasserprobennahmen nach TGL 23 979/03. Die Wasserproben werden einem Labor zwecks Analyse der chemischen Beschaffenheit und physikalischen Eigenschaften übergeben.

Zur Beurteilung der hygienischen Voraussetzungen der Verwendung als Trinkwasser werden gegebenenfalls bakteriologische Untersuchungen bei Bezirkshygieneinstituten in Auftrag gegeben, deren Mitarbeiter die benötigten Wasserproben selbst entnehmen.

4.3. Felddokumentation

Die korrekte Dokumentation aller Daten, die mit dem Pumpversuch zusammenhängen, ist von außerordentlicher Wichtigkeit, da davon die gültige Pumpversuchsauswertung abhängt. Es ist nach den Formblättern 1 bis 5 der TGL 23 864/02 zu verfahren.

Für Angaben zum Versuchsbrunnen und den zur Pumpversuchsgruppe gehörenden GWBR gelten die Formblätter 1 bis 3. Diese müssen auf der Baustelle entsprechend dem Istzustand vollständig ausgefüllt werden.

Für die Registrierung der Pumpversuchsergebnisse ist entsprechend dem Pumpversuchsprogramm ein Pumpversuchsprotokoll vorzubereiten, in dem alle Meßdaten sofort dokumentiert werden können. Es gelten dafür die Formblätter 4 und 5.

Alle Messungen sind sofort an Ort und Stelle gut leserlich mit Zeitangabe schriftlich festzuhalten.

In den Blättern werden folgende wichtige Daten aufgeführt:

- Daten, die durch die Markscheiderei erhalten werden
 - Hoch- und Rechtswerte der Versuchsbrunnen und GWBR zur Bestimmung der genauen Lage
 - Meßpunkthöhen der Versuchsbrunnen und GWBR

- Daten, die von der Bohr- bzw. Pumpversuchsbrigade mitgeteilt werden
 - Bohrteufe mit zugehörigem Bohrdurchmesser
 - Versuchsbrunnenausbau bezüglich Teufe, Material, Durchmesser, Vollrohr- und Filterrohrstrecken, Filterschlitzweiten, Abdichtungen und Hinterfüllungen, Wasserstände in Meter unter Meßpunkt
 - Pumpeneinbau, Pumpeneinlauf in Meter unter Ansatz, Förderhöhe, theoretischer Förderstrom, Energiequelle
 - Länge und Durchmesser der Abflußleitung
 - Meßgeräte zur Mengemessung
- Daten, die während des Pumpversuches erhalten werden
 - Pumpversuchsablauf (Klarpumpen, Pumpstufen)
 - Pumpdauer, Dauer der Anstiegsmessungen
 - Förderströme
 - Beharrungen
 - Wasserstandsänderungen zum Bezugswasserstand, und zwar während des Pumpversuchs und danach
 - Bezugswasserstände
 - Wasserprobennahmen bezüglich Zeit, Analysenart, Menge, Probennehmer und Untersuchungslabor
 - Skizze der Pumpversuchsgruppe

Zur Registrierung der Daten während des Pumpversuches werden der Pumpbrigade vorbereitete Formblätter übergeben.

Alle Formblätter sind vom Leiter der Bohr- bzw. Pumpversuchsbrigade und vom Objektbearbeiter zu unterschreiben, die damit die Richtigkeit der Angaben bestätigen.

4.4. Qualitätsbewertung

Der Pumpversuch wird nur anerkannt, wenn alle bisher genannten Forderungen sowie evtl. weitere zusätzliche Anweisungen beachtet worden sind und die Meßergebnisse in einem lesbaren Pumpversuchsprotokoll vorgelegt werden. Der verantwortliche Bearbeiter muß die Pumpversuchsabnahme durch Unterschrift auf den Pumpversuchsdokumentationen bestätigen.

Werden bei der Pumpversuchsauswertung Mängel festgestellt, die auf Nichtbefolgen der Anweisungen zurückzuführen sind, hat der Objektbearbeiter über die notwendigen Maßnahmen (z. B. PV-Wiederholung) zu entscheiden. Bei außerplanmäßigen Unterbrechungen ist die Pumpversuchswiederholung dann erforderlich, wenn eine ordnungsgemäße Auswertung mit den vorliegenden Ergebnissen nicht möglich ist. Bei Wiederholung ist der Pumpversuch erst nach erfolgtem Wiederanstieg neu anzufahren.

5. Meßmethoden bei Pumpversuchen

Grundlage jeder hydrogeologischen Erkundung sind die Beobachtung und Messung von Zuständen und Verhaltensweisen. Auch für den Erfolg und die Auswertbarkeit von Pumpversuchen sind die Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Durchführung von Messungen von ausschlaggebender Bedeutung. Wasserstands- und Wassermengenmessungen haben dabei besonderen Vorrang.