

Deutsche Demokratische Republik	Hydrogeologie PUMPVERSUCHE geohydraulische Auswertung - Sonderfälle	TGL 23864/09 Gruppe 973213																
Гидрогеология ОПЫТНЫЕ ОТКАЧКИ Гидродинамическая обработка особые случаи	Hydrogeology PUMPING TESTS geohydraulic evaluation - special cases																	
Deskriptoren: <u>Pumpversuch</u> ; Auswertung																		
Verbindlich ab 1. 7. 1974																		
Dieser Standard gilt für die Auswertung von Gruppenpumpversuchen, Pumpversuchen an Brunnen mit großem Durchmesser und Pumpversuchen in geschichteten Grundwasserleitern.																		
Inhaltsverzeichnis																		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gruppenpumpversuche 1.1. Gruppenpumpversuche im gespannten Grundwasser <ol style="list-style-type: none"> 1.1.1. Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufs 1.1.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters 1.1.3. Auswertung der Wiederanstiegsmessungen 1.2. Gruppenpumpversuche im ungespannten Grundwasser 2. Pumpversuche an Brunnen mit großem Durchmesser <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Auswertung des Absenkungsverlaufs im Entnahmebrunnen <ol style="list-style-type: none"> 2.1.1. Korrektur der Förderleistung 2.1.2. Verfahren der typischen Kurve 2.2. Auswertung der Messungen an Grundwasserbeobachtungsrohren 3. Pumpversuche in geschichteten Grundwasserleitern <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Schwach ausgeprägte Schichtung 3.2. Undurchlässige Trennschichten 3.3. Halbdurchlässige Trennschichten 4. Zeichen und Dimensionen 	<table style="width: 100%; border: none;"> <thead> <tr> <th style="text-align: right;">Seite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">6</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">8</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">8</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">9</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">9</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">10</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">11</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">11</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">12</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">15</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">17</td></tr> <tr><td style="text-align: right;">20</td></tr> </tbody> </table>	Seite	2	2	2	4	6	8	8	9	9	10	11	11	12	15	17	20
Seite																		
2																		
2																		
2																		
4																		
6																		
8																		
8																		
9																		
9																		
10																		
11																		
11																		
12																		
15																		
17																		
20																		
Fortsetzung Seite 2 bis 23																		
Verantwortlich: VEB Hydrogeologie, Nordhausen Bestätigt: 16.1.1974 Staatssekretariat für Geologie, Berlin																		

1. Gruppenpumpversuche

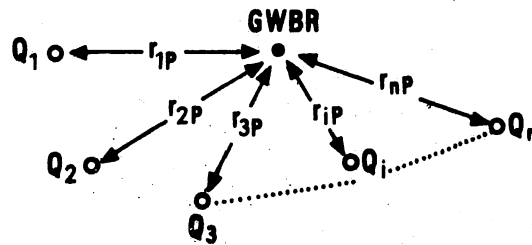


Bild 1 Schema des Gruppenpumpversuchs

Der Absenkungsvorgang wird als nichtstationär betrachtet. Der stationäre Absenkungszustand ist als Spezialfall ($t \rightarrow \infty$) enthalten. Die Förderung beginnt an allen Versuchsbrunnen (Anzahl n) zum gleichen Zeitpunkt ($t = 0$) und ist zeitlich konstant.

1.1. Gruppenpumpversuche im gespannten Grundwasser

1.1.1. Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufs

Gegenstand der Auswertung sind die beobachteten Grundwasserabsenkungsbeträge von jeweils einer Grundwassermeßstelle.

Absenkungsgleichung:

$$s = \left(\frac{0,183}{T} \sum_{i=1}^n Q_i \right) \lg t + C_t \quad (1)$$

$$\text{mit } C_t = \frac{0,183}{T} \sum_{i=1}^n Q_i \lg \frac{2,25}{ar_{iP}^2} \quad (2)$$

Gültigkeitsbereich:

$$t \geq 3,8 ar_{iP}^2 \quad (i = 1 \dots n) \quad (3)$$

Auswertungsschema:

- Auftragung der Absenkung s als Ordinate zur Abszisse $\lg t$ auf halblogarithmischem Papier.
- Konstruktion einer Ausgleichsgeraden nach Augenmaß durch die so erhaltenen Punkte.

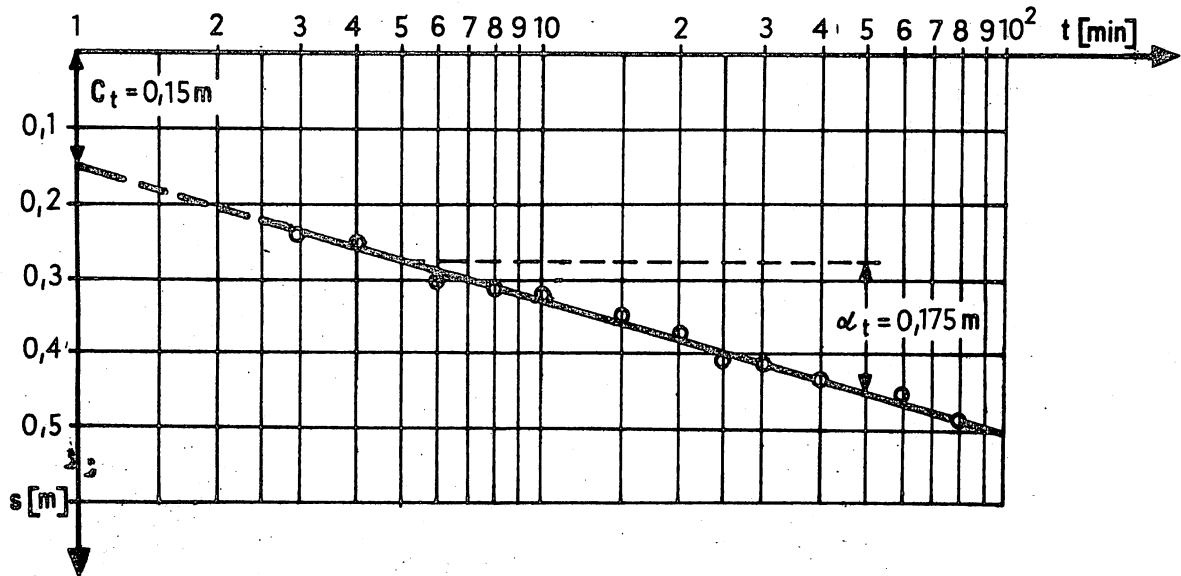


Bild 2 Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufs

- c) Ermittlung des Richtungskoeffizienten α_t der Ausgleichsgeraden als Ordinatendifferenz pro Dekade der Abszisse (siehe Bild 2)

$$\alpha_t = s(10t) - s(t) \quad (4)$$

oder aus den Koordinaten zweier beliebiger Punkte auf der Ausgleichsgeraden nach der Gleichung

$$\alpha_t = \frac{s_2 - s_1}{\lg(t_2/t_1)} \quad (5)$$

- d) Berechnung der Transmissibilität T nach der Gleichung

$$T = 0,183 \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{\alpha_t} \quad (6)$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert k ergibt sich daraus zu

$$k = \frac{T}{M} \quad (7)$$

- e) Berechnung der geohydraulischen Zeitkonstante a nach der Gleichung

$$\lg a = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \lg \frac{2,25}{r_{iP}^2} - \frac{T \cdot C_t}{0,183}}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (8)$$

C_t ist aus der graphischen Darstellung abzulesen, indem die Ausgleichsgerade bis zur s-Achse verlängert wird (siehe Bild 2).

f) Berechnung des Speicherkoeffizienten S nach der Gleichung:

$$S = a T \quad (9)$$

Zusätzliche Bemerkungen:

Die Auswertung der in den einzelnen Entnahmekbrunnen gemessenen Absenkungsbeträge ist nach den Schritten a) bis d) vorzunehmen. Die Bestimmung des Speicherkoeffizienten aus diesen Meßwerten ist nicht zulässig.

1.1.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

Gegenstand der Auswertung sind synchrone Beobachtungswerte von mehreren Grundwassermeßstellen ($t = \text{const.}$).

Absenkungsgleichung:

$$s = C_r - \frac{0,366}{T} \sum_{i=1}^n Q_i \lg r_{iP} \quad (10)$$

$$\text{mit } C_r = \frac{0,183}{T} \sum_{i=1}^n Q_i \lg \frac{2,25 \cdot t}{a} \quad (11)$$

Gültigkeitsbereich:

Ungleichung (3)

Auswertungsschema:

a) Berechnung der Hilfsvariablen

$$x = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot \lg r_{iP} \quad (12)$$

für jede Grundwassermeßstelle.

b) Auftragung der gemessenen Absenkung s als Ordinate zur Abszisse x auf Millimeterpapier (siehe Bild 3).

c) Konstruktion einer Ausgleichsgeraden nach Augenmaß durch die so erhaltenen Punkte.

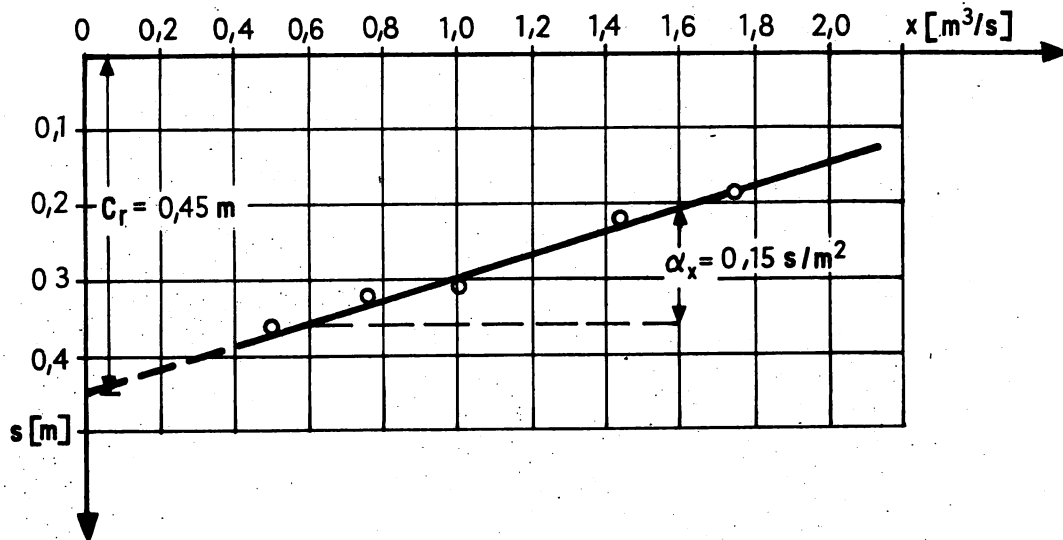


Bild 3 Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

- d) Bestimmung des Richtungskoeffizienten α_x der Ausgleichsgeraden als Ordinatendifferenz pro Einheit der Abszisse (siehe Bild 3)

$$\alpha_x = s(x) - s(x + 1) \quad (13)$$

oder aus den Koordinaten zweier beliebiger Punkte auf der Ausgleichsgeraden nach der Gleichung

$$\alpha_x = \frac{s_1 - s_2}{x_2 - x_1} \quad (14)$$

- e) Berechnung der Transmissibilität nach der Gleichung

$$T = \frac{0,366}{\alpha_x} \quad (15)$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert k ergibt sich daraus nach Gleichung (7).

- f) Berechnung der geohydraulischen Zeitkonstanten a nach der Gleichung

$$\lg a = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot \lg(2,25 t) - \frac{T \cdot C_r}{0,183}}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (16)$$

C_r ist aus der graphischen Darstellung abzulesen, indem die Ausgleichsgerade bis zur s-Achse verlängert wird (siehe Bild 3).

g) Berechnung des Speicherkoeffizienten nach Gleichung (9).

Zusätzliche Bemerkungen:

- Die in den einzelnen Entnahmehrunnen gemessenen Absenkungsbeträge können in die Auswertung einbezogen werden, sofern sie sich in die allgemeine Tendenz einordnen. Größere Abweichungen sind jedoch stets möglich und weisen darauf hin, daß der wirksame Brunnendurchmesser nicht mit dem Bohrdurchmesser übereinstimmt.
- Die Auswertung stationärer Absenkungsbeträge ist auf die Schritte a) bis e) zu beschränken. Die Bestimmung des Speicherkoeffizienten ist nicht möglich, weil in Gleichung (16) kein definierter Zeitwert eingesetzt werden kann.

1.1.3. Auswertung der Wiederanstiegsmessungen

Gegenstand der Auswertung sind die Restabsenkungen s' , die an jeweils einer Grundwassermeßstelle nach dem gleichzeitigen Abschalten aller Entnahmehrunnen ($t' = 0$) beobachtet wurden.

Absenkungsgleichung:

$$s' = \left(\frac{0,183}{T} \sum_{i=1}^n Q_i \right) \lg (t/t') \quad (17)$$

Gültigkeitsbereich:

$$t' \geq 3,8 \cdot ar_{iP}^2 \quad (i = 1 \dots n) \quad (18)$$

Auswertungsschema:

- a) Berechnung der Hilfsvariablen t/t' aus den Zeitangaben zu den Meßwerten.
- b) Auftragung von s' als Ordinate zur Abszisse $\lg (t/t')$ auf halblogarithmischem Papier.
- c) Konstruktion einer Ausgleichsgeraden nach Augenmaß durch die so erhaltenen Punkte.

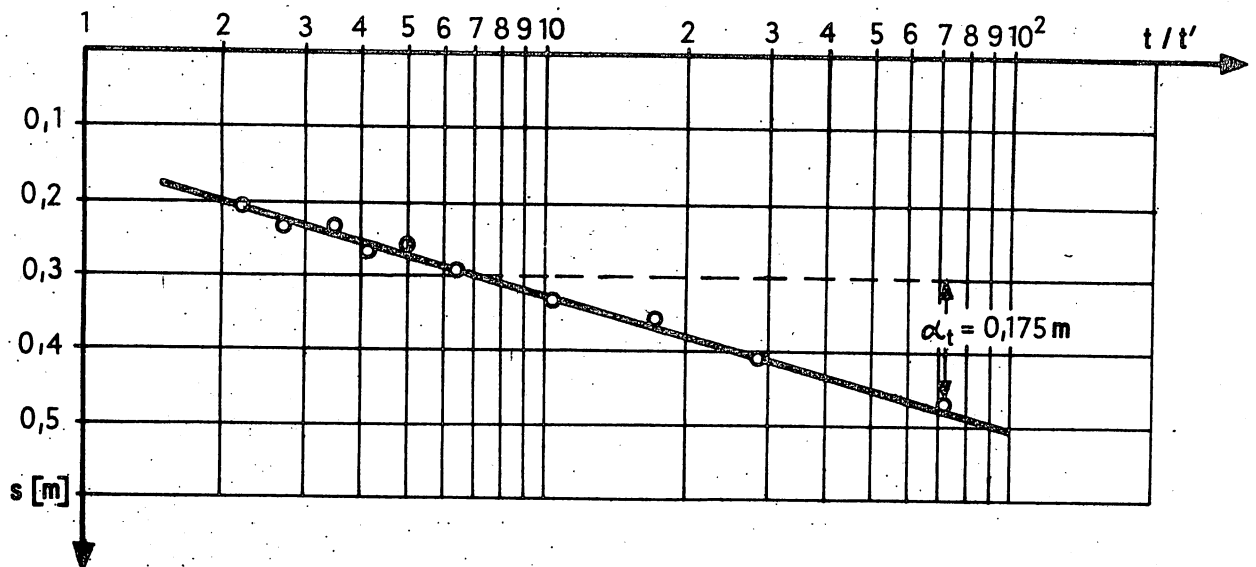


Bild 4 Auswertung der Wiederanstiegsmessungen

- d) Ermittlung des Richtungskoeffizienten α_t der Ausgleichsgeraden als Ordinatendifferenz über eine Dekade der Abszisse (siehe Bild 4)

$$\alpha_t = s' (10 t/t') - s' (t/t') \quad (19)$$

oder aus den Koordinaten zweier beliebiger Punkte auf der Ausgleichsgeraden nach der Gleichung

$$\alpha_t = \frac{s_2' - s_1'}{\lg (t_2/t_2') - \lg (t_1/t_1')} \quad (20)$$

- e) Berechnung der Transmissibilität T nach der Gleichung

$$T = \frac{0,183 \sum_{i=1}^n Q_i}{\alpha_t} \quad (21)$$

Zusätzliche Bemerkungen:

- Die Einbeziehung der in den einzelnen Entnahmebrunnen gemessenen Restabsenkungen in die Auswertung ist ohne Bedenken möglich.
- Der Speicherkoeffizient kann aus den Wiederanstiegsmessungen nicht ermittelt werden.

1.2. Gruppenpumpversuche im ungespannten Grundwasser

Die Auswertung von Gruppenpumpversuchen im ungespannten Grundwasser ist nach den in den Abschnitten 1.1.1., 1.1.2. und 1.1.3. angegebenen Verfahren unter Berücksichtigung folgender Unterschiede vorzunehmen:

- Ausgangsgröße der Pumpversuchsauswertung ist die reduzierte Absenkung

$$s_r = s \left(1 - \frac{s}{2H}\right) \quad (22)$$

- Alle Berechnungsgleichungen bleiben gültig, wenn s durch s_r und die Gleichung (7) durch

$$k = \frac{T}{H} \quad (23)$$

ersetzt wird.

- Die Gültigkeitsbedingung (3), die bei der Druckströmung keine wesentliche Einschränkung bedeutet, ist bei Pumpversuchen im ungespannten Grundwasserleiter wegen des um mehrere Zehnerpotenzen größeren Speicherkoeffizienten ($S = n_0$) während einer relativ langen Anfangsphase nicht erfüllt. Die Auswertung dieser Anfangsphase wird für den Normalfall nicht empfohlen, weil für jeden einzelnen Meßpunkt gesonderte typische Kurven berechnet werden müßten.

2. Pumpversuche an Brunnen mit großem Durchmesser

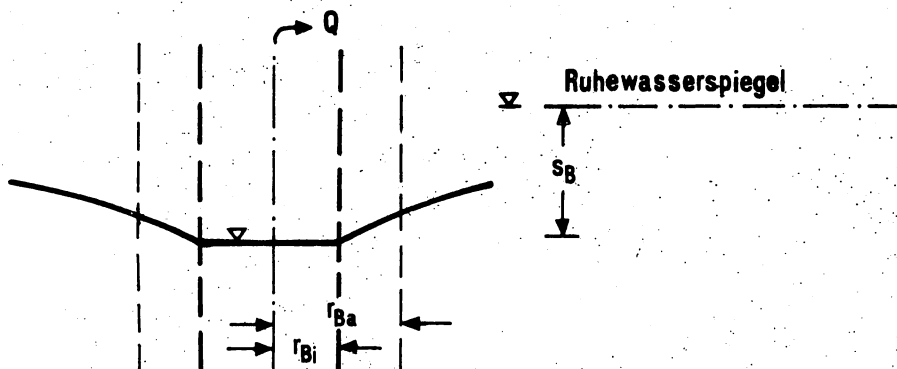


Bild 5

Es wird vorausgesetzt, daß die zeitliche Änderung der Wassermenge, die im Brunnen selbst enthalten ist, im Vergleich zur Förderleistung nicht vernachlässigbar ist. Diese Bedingung ist bei Brunnen mit großem Durchmesser (Schachtbrunnen) oder bei geringer Durchlässigkeit des Grundwasserleiters erfüllt.

2.1. Auswertung des Absenkungsverlaufs im Entnahmebrunnen

2.1.1. Korrektur der Förderleistung

Die Förderung $Q = Q(t)$ muß um den Betrag des Speichervolumens von Brunnen und Filterkies korrigiert werden.

Auswertungsschema:

- a) Auftragen der Meßwerte $Q = Q(t)$ und $s_B = s_B(t)$ auf Millimeterpapier und Überführung der Förderkurve in eine Stufenfunktion (Flächengleichheit) mit möglichst gleichmäßiger Einteilung der Zeitintervalle. Letztere sind so zu wählen, daß die Kurve der Brunnenabsenkung durch einen Polygonzug angenähert werden kann.

- b) Ermittlung des entwässerten Brunnenvolumens für die einzelnen Zeitintervalle

$$V_{Bj} = \Delta s_B \cdot \pi \cdot r_{Bi}^2 \quad (24)$$

- c) Ermittlung des entwässerten Volumens der Kiesschüttung für die einzelnen Zeitintervalle

$$V_{Kj} = \Delta s_B \cdot \pi (r_{Ba}^2 - r_{Bi}^2) \cdot n_e \quad (25)$$

- d) Ermittlung der korrigierten Stufenfunktion

$$Q_j^! = Q_j - \frac{1}{\Delta t} (V_{Bj} + V_{Kj}) \quad (26)$$

- e) Die weitere Auswertung ist nach TGL 23864/05 (Pumpversuche mit variabler Förderleistung) vorzunehmen.

2.1.2. Verfahren der typischen Kurve

Die Förderleistung des Versuchsbrunnens wird als konstant vorausgesetzt.

Absenkungsgleichung:

$$s_B = \frac{Q}{4 \pi T} F(u, S) \quad (27)$$

$$\text{mit } u = r_{Ba}^2 S / 4 T t \quad (28)$$

Die Werte der Funktion F sind der Tabelle auf Seite 22 zu entnehmen.

Auswertungsschema:

- a) Auftragung der Absenkung $s = s(t)$ auf doppelt-logarithmischem Papier (transparent).
- b) Einschätzung der Größenordnung des Speicherkoeffizienten S.
- c) Konstruktion der typischen Kurve $y(x) = F(1/x, S)$ auf doppelt-logarithmischem Papier im gleichen Maßstab wie unter Punkt a) nach der Tabelle auf Seite 22.
- d) Aufeinanderlegen und achsenparalleles Verschieben der beiden Blätter, bis die Beobachtungswerte durch einen geeigneten Abschnitt der typischen Kurve bestmöglich ausgeglichen werden.
- e) Auswahl eines beliebigen Punktes im Überlappungsbereich der beiden Blätter, dessen Ordinaten s_0 bzw. y_0 in beiden Koordinatensystemen zu bestimmen sind.
- f) Berechnung der Transmissibilität T nach der Gleichung

$$T = \frac{Q}{4 \pi} \cdot \frac{y_0}{s_0} \quad (29)$$

Zusätzliche Bemerkungen:

- Die Anfangsphase des Absenkungsvorganges, in der s_B proportional zu t wächst, ist für die Auswertung ungeeignet, weil das gesamte geförderte Wasser dem Brunnen entstammt.

- Die Berechnung des Speicherkoeffizienten S ist nach diesem Verfahren nicht zulässig.

2.2. Auswertung der Messungen an Grundwasserbeobachtungsrohren

Die Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufs und des räumlichen Absenkungstrichters ist unter Verwendung der nach Abschnitt 2.1.1. korrigierten Fördermenge nach TGL 23864/05 (Pumpversuche mit variabler Förderleistung) vorzunehmen.

3. Pumpversuche in geschichteten Grundwasserleitern

Der flächenhaft unendliche Grundwasserleiter wird als horizontal geschichtet vorausgesetzt. In Bild 6 ist ein aus $N = 4$ (in sich homogenen) Schichten bestehender Grundwasserleiter schematisch dargestellt.

Dieses allgemeine Schema umfaßt die in den Abschnitten 3.1. bis 3.3. betrachteten Spezialfälle, da auch $g_1 = 0$ (undurchlässige Schicht) zugelassen ist.

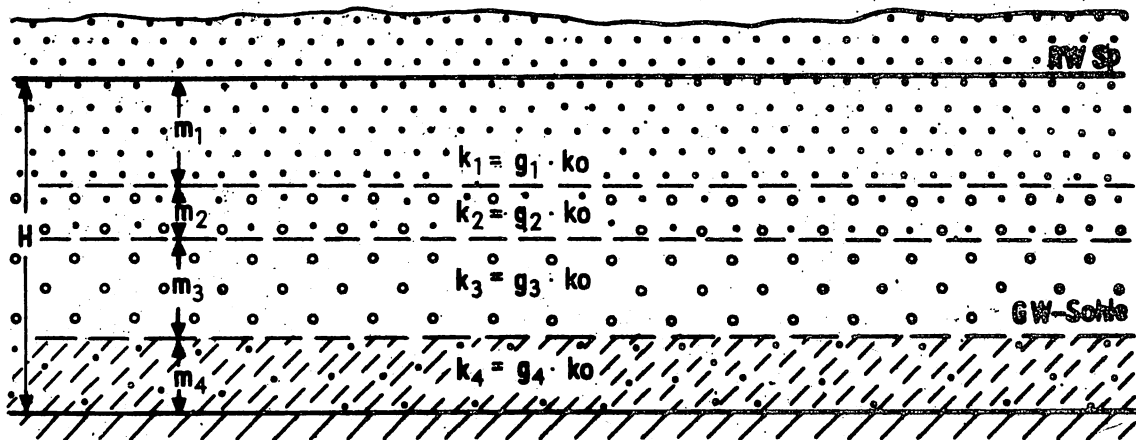


Bild 6 Horizontal geschichteter Grundwasserleiter

3.1. Schwach ausgeprägte Schichtung

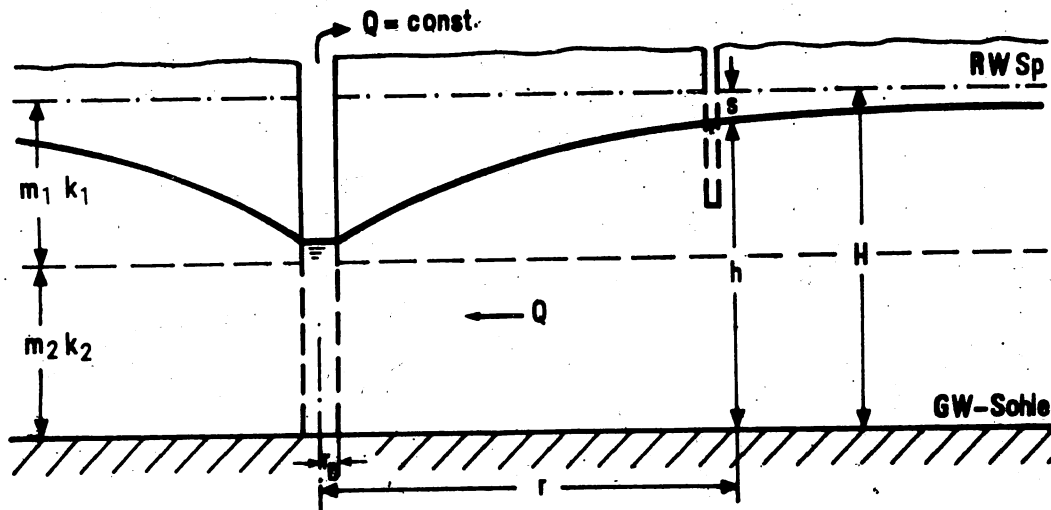


Bild 7 Pumpversuchsschema

Die Durchlässigkeitsbeiwerte k_i , k_{i+1} benachbarter Schichten unterscheiden sich nicht so stark, daß signifikante Potentialdifferenzen zwischen den einzelnen Schichten auftreten ($0,02 < k_i/k_{i+1} < 50$). Daraus folgt, daß im Falle der Druckströmung die Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters und des zeitlichen Absenkungsverlaufs nach TGL 23864/04, Abschnitt 1. vorzunehmen ist, wobei sich lediglich die Interpretation der Transmissibilität ändert (siehe Bild 6):

$$T = \sum_{i=1}^N k_i \cdot m_i = k_0 \cdot M \quad (30)$$

Die Durchlässigkeitsbeiwerte k_i der einzelnen Teilschichten lassen sich nur explizit ermitteln, wenn auf anderem Wege (z. B. aus Korngrößenanalysen) Schätzwerte für die Verhältniszahlen g_i abgeleitet werden können.

Bei Vorhandensein einer freien Grundwasseroberfläche wird vorausgesetzt, daß die abgesenkte Grundwasseroberfläche innerhalb der obersten Teilschicht verläuft. In Bild 7 ist ohne Beschränkung der Allgemeinheit der Fall eines zwei-schichtigen Grundwasserleiters dargestellt ($N = 2$).

Absenkungsgleichung:

$$s_r = \frac{0,183 \cdot Q}{T} \lg \frac{2,25 t}{a r^2} \quad (31)$$

mit $s_r = s - g_1 \cdot \frac{s^2}{2 H}$ (32)

Gültigkeitsbereich:

$$t \geq 3,8 a r^2 \quad (33)$$

$$s \leq m_1 \quad (34)$$

Auswertungsschema:

(Bild 8 stellt die Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters dar; bei der Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufs ändert sich lediglich die Neigungsrichtung der Kurven.)

- a) Auftragung der Absenkung s als Ordinate zur Abszisse $\lg t$ (Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufs) bzw. $\lg r$ (Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters) auf halb-logarithmischem Papier und Konstruktion der Ausgleichskurve I nach Augenmaß.

Ist die Kurve I eine Gerade, so ist $g_1 \ll g_2$ und die Pumpversuchsauswertung erfolgt wie im Falle einer Druckströmung in der unteren Teilschicht (TGL 23864/04, Abschnitt 1.). Im allgemeinen ist die Kurve I nach oben gekrümmt (sofern die s -Achse nach unten orientiert ist).

- b) Auswertung der Gleichung (32) für alle Beobachtungswerte mit dem maximal möglichen Wert des Parameters g_1 ($g_{1\max} = H/m_1$):

$$s_{r \min} = s - \frac{s^2}{2 m_1} \quad (35)$$

- c) Auftragung der berechneten Werte $s_{r \min}$ auf dem gleichen halblogarithmischen Papier, das beim Schritt a) verwendet wurde, und Konstruktion der Ausgleichskurve II nach Augenmaß.

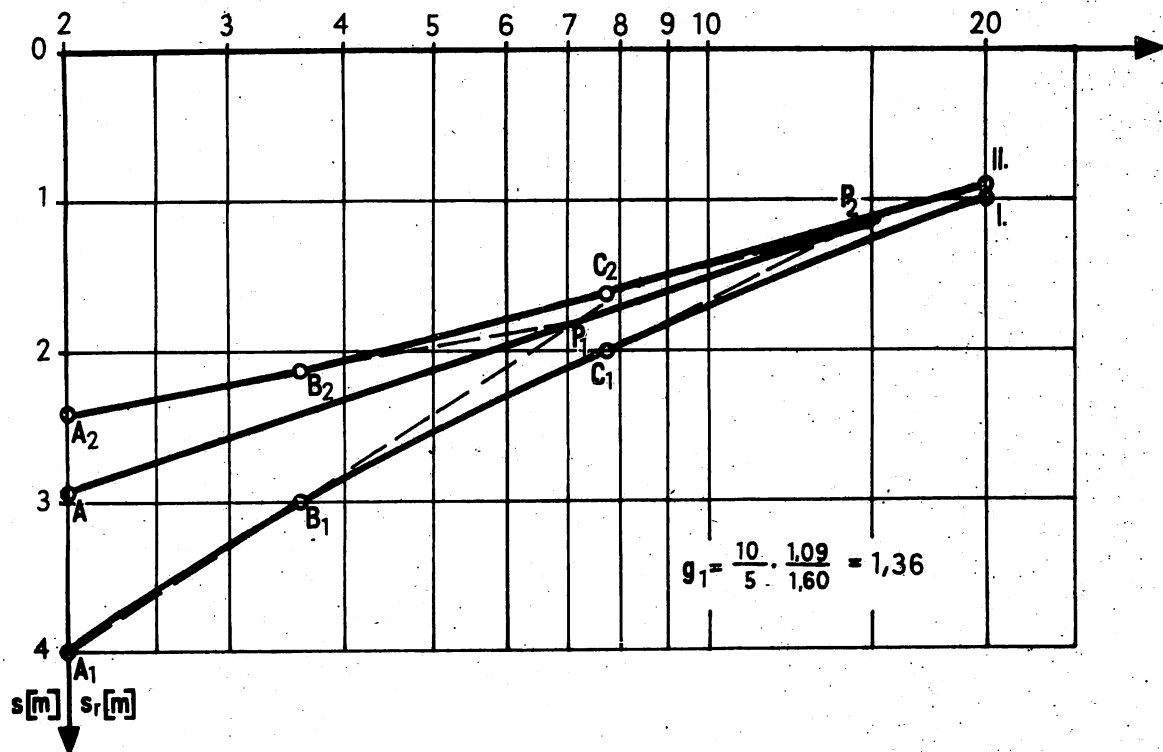


Bild 8 Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters
($H = 10 \text{ m}$, $m_1 = 5 \text{ m}$)

Ist die Kurve II eine Gerade, so ist $g_1 \gg g_2$ und die untere Teilschicht kann für die Pumpversuchsauswertung als undurchlässig betrachtet werden (TGL 23864/04, Abschnitt 2.). Im allgemeinen ist die Kurve II nach unten gekrümmt (sofern die s_r -Achse nach unten orientiert ist).

- d) Auswahl von 3 Abszissen r_1, r_2, r_3 (bzw. t_1, t_2, t_3), bei denen signifikante Ordinatendifferenzen $A_1 A_2, B_1 B_2, C_1 C_2$ zwischen den Kurven I und II auftreten.
- e) Konstruktion der Geraden durch die Punkte A_1 und B_1 bzw. A_2 und B_2 und des Schnittpunktes P_1 dieser beiden Geraden.
- f) Konstruktion der Geraden durch die Punkte B_1 und C_1 bzw. B_2 und C_2 und des Schnittpunktes P_2 dieser beiden Geraden.

g) Konstruktion der Geraden durch die Punkte P_1 und P_2 und ihres Schnittpunktes A mit der Verbindungsgeraden zwischen A_1 und A_2 .

h) Berechnung des Parameters g_1 nach der Gleichung

$$g_1 = \frac{H}{m_1} \cdot \frac{A_1 A}{A_1 A_2} \quad (36)$$

i) Zur Berechnung der Parameter T und S ist nach TGL 23864/04, Abschnitt 1.2.1. bzw. 1.1. zu verfahren, wobei an die Stelle der Ausgleichsgeraden durch die beobachteten Absenkungsbeträge s die im Schritt g) konstruierte Gerade formal einzusetzen ist (sie entspricht der durch Gleichung (31) definierten halblogarithmischen Geraden).

Zusätzliche Bemerkungen:

- Das angegebene Verfahren zur Ermittlung des Parameters g_1 ist von begrenzter Genauigkeit und deshalb nur im Bereich großer Absenkungsbeträge anzuwenden, in dem signifikante Unterschiede zwischen den Kurven I und II auftreten.
- Ist die Gültigkeitsbedingung (34) nicht erfüllt, so liefert die formale Anwendung des Auswertungsschemas einen Zahlenwert g_1 , der für den entwässerten Teil des Grundwasserleiters charakteristisch ist.

3.2. Undurchlässige Trennschichten

Ohne Beschränkung der Allgemeinheit ist in Bild 9 der Fall dargestellt, daß der getestete Grundwasserleiter aus zwei wasserführenden Horizonten besteht, die durch eine undurchlässige Schicht voneinander getrennt sind. Die angegebenen Formeln beziehen sich jedoch auf den allgemeinen Fall (Anzahl der Schichten = N).

Die in den einzelnen Horizonten gemessenen Absenkungsbeträge s_1 sind nach TGL 23864/04 auszuwerten, wobei die unbekannt

Teilförderleistungen Q_i als Parameter zu behandeln sind. Als Ergebnis dieser Auswertung ergeben sich die Verhältniszerte

$$Q_i/T_i; \quad a_i = S_i/T_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (37)$$

Verbindungsgleichung:

$$\sum_{i=1}^N Q_i = Q = \text{const.} \quad (38)$$

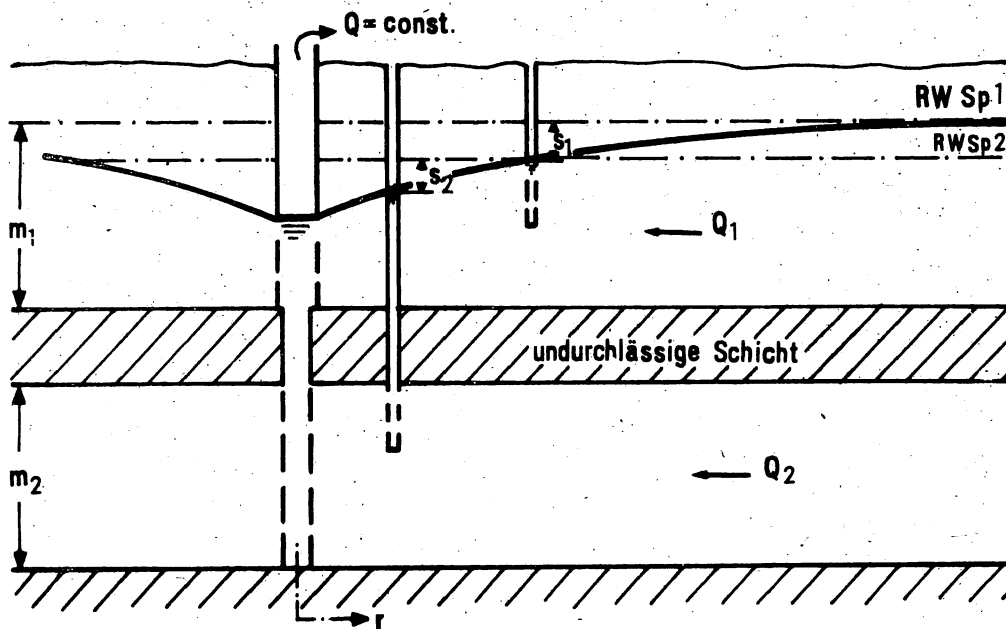


Bild 9 Pumpversuchsschema

Eine weitergehende Konkretisierung der Pumpversuchsauswertung ist nur möglich, falls zusätzliche Informationen vorliegen:

- T_i -Werte einzelner Horizonte aus gesonderten Pumpversuchen. Aus den Parametern (37) ergeben sich dann die zugehörigen Werte von Q_i und S_i .

- Relativwerte T_i/T_k auf der Basis von Korngrößenanalysen.
Nach der Gleichung

$$\frac{Q_i}{Q_k} = \frac{Q_i/T_i}{Q_k/T_k} \cdot \frac{T_i}{T_k} \quad (39)$$

ergeben sich daraus Relativwerte für die Teilförderleistungen aus den einzelnen Horizonten, die in Verbindung mit Gleichung (38) die Berechnung der einzelnen Q_i erlauben. Aus den Verhältnisswerten (37) lassen sich dann die T_i und dann die S_i berechnen.

3.3. Halbdurchlässige Trennschichten

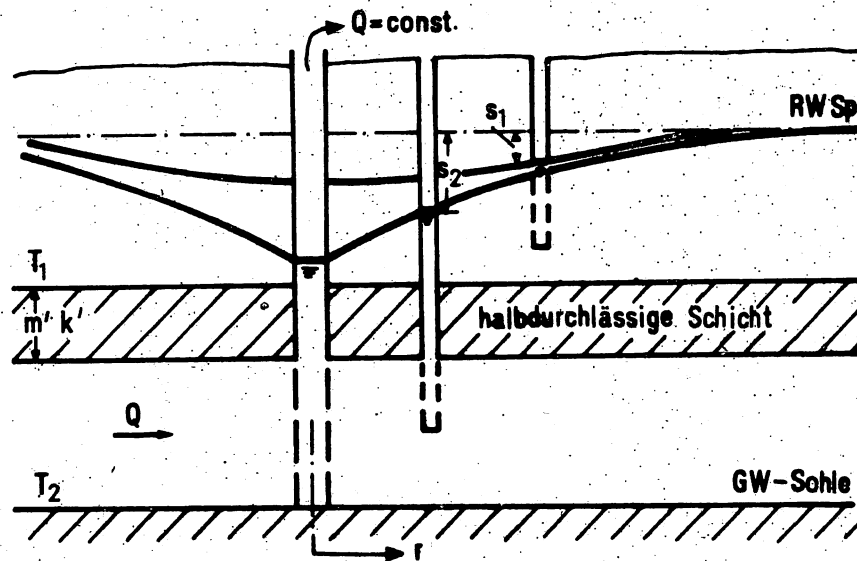


Bild 10 Pumpversuchsschema

Es wird vorausgesetzt, daß durch die Entnahme aus dem unteren Horizont eine zusätzliche Speisung aus dem oberen Horizont verursacht wird. Im Unterschied zum Pumpversuchsschema in TGL 23864/06, Abschnitt 1.1.2. ist die Absenkung im oberen Horizont zu berücksichtigen. Der Strömungsvorgang wird als stationär betrachtet.

Absenkungsgleichung:

$$s_2 - s_1 = \frac{Q}{2\pi T_2} \cdot K_0(r/B) \quad (40)$$

$$s_2 + f \cdot s_1 = C - \frac{0,366 Q}{T_2} \lg r \quad (41)$$

mit
$$\frac{1}{B^2} = \frac{1}{B_1^2} + \frac{1}{B_2^2} \quad (42)$$

$$B_i = \sqrt{\frac{T_i \cdot m'}{k'}} \quad (i = 1, 2) \quad (43)$$

$$f = \frac{T_1}{T_2} \quad (44)$$

Gültigkeitsbedingung:

stationärer Absenkungszustand

Auswertungsschema:

- a) Auftragung der Meßwerte s_1 als Ordinate zur Abszisse $\lg r$ auf halblogarithmischem Papier.
- b) Konstruktion einer Ausgleichskurve nach Augenmaß, mit deren Hilfe jeder Meßstelle im unteren Horizont ein Wert s_1 zugeordnet werden kann.
- c) Berechnung der Absenkungsdifferenzen

$$s'_2 = s_2 - s_1 \quad (45)$$

für alle Meßstellen im unteren Horizont.

- d) Auswertung der Werte s'_2 nach TGL 23864/06, Abschnitt 1.1.2.

Diese Auswertung liefert die Parameter T_2 und B .

e) Berechnung der Hilfsgröße

$$y = s_2 + \frac{0,366 Q}{T_2} \lg r \quad (46)$$

für alle Meßstellen im unteren Horizont.

f) Auftragung der Werte y als Ordinate über den Werten s_1 als Abszisse im arithmetischen Maßstab.

g) Konstruktion einer Ausgleichsgeraden nach Augenmaß durch die so erhaltenen Punkte.

h) Ermittlung des Richtungskoeffizienten

$$f = - \frac{\Delta y}{\Delta s_1} \quad (47)$$

der Ausgleichsgeraden.

i) Berechnung der Transmissibilität des oberen Horizonts nach der Gleichung

$$T_1 = f \cdot T_2 \quad (48)$$

Zusätzliche Bemerkungen:

- Das Auswertungsschema läßt sich analog anwenden, wenn der Speisungshorizont unten liegt.
- Tritt in einem der beiden Horizonte eine freie Grundwasser Oberfläche auf, sind die üblichen Modifikationen der Berechnungsgleichungen vorzunehmen (s_r statt s , H statt M).

4. Zeichen und Dimensionen

a	$[s \cdot m^{-2}]$	geohydraulische Zeitkonstante, $a = \frac{S}{E}$
B, B ₁ , B ₂	$[-]$	Speisungsfaktor (leakage factor)
C _r , C _t	$[m]$	Hilfsgrößen bei der Auswertung von Gruppenpumpversuchen
F	$[-]$	typische Kurve für den Brunnen mit großem Durchmesser (siehe Tabelle auf Seite 22)
f	$[-]$	Verhältnis T ₁ : T ₂
g _i	$[-]$	bezogene Durchlässigkeitsbeiwerte der Teilschichten ($k_1 = g_1 \cdot k_0$)
H	$[m]$	unbeeinflusste Grundwassermächtigkeit
K ₀	$[-]$	modifizierte Besselfunktion nullter Ordnung (siehe TGL 23864/06)
k, k _i	$[m \cdot s^{-1}]$	Durchlässigkeitsbeiwert für Wasser
k ₀	$[m \cdot s^{-1}]$	Durchlässigkeitsbeiwert, längs der Vertikalen gemittelt ($k_0 = \sum k_i / \sum g_i$)
M	$[m]$	Mächtigkeit des Grundwasserleiters
m _i	$[m]$	Mächtigkeit von Teilschichten des Grundwasserleiters
n	$[-]$	Anzahl der Förderbrunnen beim Gruppenpumpversuch
n _e	$[-]$	Porenanteil, entwässerbarer
N	$[-]$	Anzahl der Teilschichten des Grundwasserleiters
Q	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Förderleistung des Brunnens
Q _i	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Förderleistung der einzelnen Brunnen einer Brunnengruppe bzw. Anteil einzelner Horizonte des Grundwasserleiters an der Gesamtförderung

Q_j	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	mittlere Förderleistung im j-ten Zeitintervall
r, r_{iP}	$[m]$	Abstand eines Punktes P von der Brunnenachse bzw. von der Achse des i-ten Brunnens der Brunnengruppe
r_{Bi}, r_{Ba}	$[m]$	Brunnenabmessungen (siehe Bild 5)
S	$[-]$	Speicherkoeffizient des Grundwasserleiters
s	$[m]$	Grundwasserabsenkung
s_B	$[m]$	GW-Absenkung im Brunnen
Δs_B	$[m]$	Änderung von s_B im betrachteten Zeitintervall
s_i	$[m]$	Absenkung in den einzelnen Horizonten ($i = 1 \dots N$)
s_r	$[m]$	reduzierte GW-Absenkung
T	$[m^2 \cdot s^{-1}]$	Transmissibilität (Profildurchlässigkeit)
T_i	$[m^2 \cdot s^{-1}]$	dito in den einzelnen Horizonten ($i = 1 \dots N$)
t	$[s; \text{min}]$	Zeit seit Pumpbeginn
Δt	$[s; \text{min}]$	Länge des betrachteten Zeitintervalls
t'	$[s; \text{min}]$	Zeit nach Abschalten der Pumpe
u	$[-]$	Argument der Funktion F
W	$[m]$	Brunnenfunktion (siehe TGL 23864/04)
α_t, α_x	$[-]$	Richtungskoeffizienten (bezogen auf die Abszisse t bzw. x)
α	$[-]$	Parameter der Funktion F

Tabelle: Werte der Funktion F (u, S)

u = 1/x	S = 10 ⁻¹	S = 10 ⁻²	S = 10 ⁻³	S = 10 ⁻⁴	S = 10 ⁻⁵
10	9.755 · 10 ⁻³	9.976 · 10 ⁻⁴	9.998 · 10 ⁻⁵	1.000 · 10 ⁻⁵	1.000 · 10 ⁻⁶
1	9.192 · 10 ⁻²	9.914 · 10 ⁻³	9.991 · 10 ⁻⁴	1.000 · 10 ⁻⁴	1.000 · 10 ⁻⁵
5 · 10 ⁻¹	1.767 · 10 ⁻¹	1.974 · 10 ⁻²	1.997 · 10 ⁻³	2.000 · 10 ⁻³	2.000 · 10 ⁻³
2	4.062	4.890	4.989	4.999	5.000
1	7.336	9.665	9.966	9.997	1.000 · 10 ⁻⁴
5 · 10 ⁻²	1.260 · 10 ⁰	1.896 · 10 ⁻¹	1.989 · 10 ⁻²	1.999 · 10 ⁻³	2.000
2	2.303	4.529	4.949	4.995	5.000
1	3.276	8.520	9.834	9.984	1.000 · 10 ⁻³
5 · 10 ⁻³	4.255	1.540 · 10 ⁰	1.945 · 10 ⁻¹	1.994 · 10 ⁻²	2.000
2	5.420	3.043	4.725	4.972	4.998
1	6.212	4.545	9.069	9.901	9.992
5 · 10 ⁻⁴	6.960	6.031	1.688 · 10 ⁰	1.965 · 10 ⁻¹	1.997 · 10 ⁻²
2	7.866	7.557	3.523	4.814	4.982
1	8.572	8.443	5.526	9.340	9.932
5 · 10 ⁻⁵	9.318	9.229	7.631	1.768 · 10 ⁰	1.975 · 10 ⁻¹
2	1.024 · 10 ¹	1.020 · 10 ¹	9.676	3.828	4.861
1	1.093	1.087	1.068 · 10 ¹	6.245	9.493
5 · 10 ⁻⁶	1.163	1.162	1.150	8.991	1.817 · 10 ⁰
2	1.255	1.254	1.249	1.174 · 10 ¹	4.033
1	1.324	1.324	1.321	1.291	6.779
5 · 10 ⁻⁷	1.393	1.393	1.392	1.378	1.013 · 10 ¹
2	1.485	1.485	1.484	1.479	1.371
1	1.554	1.554	1.554	1.551	1.513
5 · 10 ⁻⁸	1.623	1.623	1.623	1.622	1.605
2	1.705	1.705	1.705	1.714	1.708
1	1.784	1.784	1.784	1.784	1.781
5 · 10 ⁻⁹	1.854	1.854	1.854	1.854	1.851
2	1.945	1.945	1.945	1.945	1.940
1	2.015	2.015	2.015	2.015	2.015

Hinweise

- TGL 23864/01 Hydrogeologie; Pumpversuche,
Vorbereitung, Aufbau und Kontrolle der
Versuchsanlage
- TGL 23864/02 -; -, Durchführung, Felddokumentation,
Qualitätsbewertung
- TGL 23864/03 -; -, geohydraulische Auswertung -
Auswahl des Berechnungsschemas
- TGL 23864/04 -; -, geohydraulische Auswertung -
konstante Förderleistung
- TGL 23864/05 -; -, geohydraulische Auswertung -
variable Förderleistung
- TGL 23864/06 -; -, geohydraulische Auswertung -
zusätzliche Speisung
- TGL 23864/07 -; -, geohydraulische Auswertung -
äußere Randbedingungen
- TGL 23864/08 -; -, geohydraulische Auswertung -
unvollkommener Brunnen
- WAPRO 1.42. Bemessungsgrundlagen für Brunnen von
Grundwassergewinnungsanlagen
(Werkstandard VEB Projektierung Wasser-
wirtschaft)