

<b>Deutsche Demokratische Republik</b>	Hydrogeologie PUMPVERSUCHE geohydraulische Auswertung - unvollkommener Brunnen	<b>TGL</b> 23 864 Blatt 8
		Gruppe 973 213
Гидрогеология ОПЫТНЫЕ ОТКАЧКИ Гидродинамическая обработка - несовершенная скважина	Hydrogeology PUMPING TESTS geohydraulic evaluation - partially penetrating well	
Verbindlich ab 1. 7. 1973		
<p>Dieser Standard gilt für die Auswertung von Pumpversuchen mit konstanter Förderleistung, bei denen der Versuchsbrunnen den isotropen oder anisotropen, flächenhaft unbegrenzten Grundwasserleiter nicht vollständig durchteuft.</p>		
Inhaltsverzeichnis		
		Seite
1.	Pumpversuch in gespanntem Grundwasser	2
1.1.	Isotroper Grundwasserleiter	2
1.1.1.	Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes	2
1.1.2.	Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters	5
1.2.	Anisotroper Grundwasserleiter	7
1.2.1.	Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes	7
1.2.2.	Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters	8
2.	Pumpversuch in ungespanntem Grundwasser	11
2.1.	Isotroper Grundwasserleiter	12
2.1.1.	Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes	12
2.1.2.	Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters	14
2.2.	Anisotroper Grundwasserleiter	14
2.2.1.	Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes	14
2.2.2.	Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters	16
3.	Zeichen und Dimensionen	24
Fortsetzung Seite 2 bis 26		
Verantwortlich: VEB Hydrogeologie, Nordhausen		
Bestätigt: 18.4.1973      Staatssekretariat für Geologie, Berlin		



liche Absenkung im Vergleich zum vollkommenen Brunnen charakterisiert, sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Für  $r > M$  kann  $\delta$  vernachlässigt werden.

Gültigkeitsbereich:

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

$$t > \frac{MS}{2 k_z} \quad (3)$$

Außerhalb des Gültigkeitsbereiches ist die Auswertung nach Abschnitt 2.1.1. vorzunehmen (mit  $s$  statt  $s_r$ ).

Auswertungsschema:

- a) Auftragung der gemessenen Absenkungsbeträge  $s$  als Ordinate zur Abszisse  $\lg t$  auf halblogarithmischem Papier (siehe Bild 2).

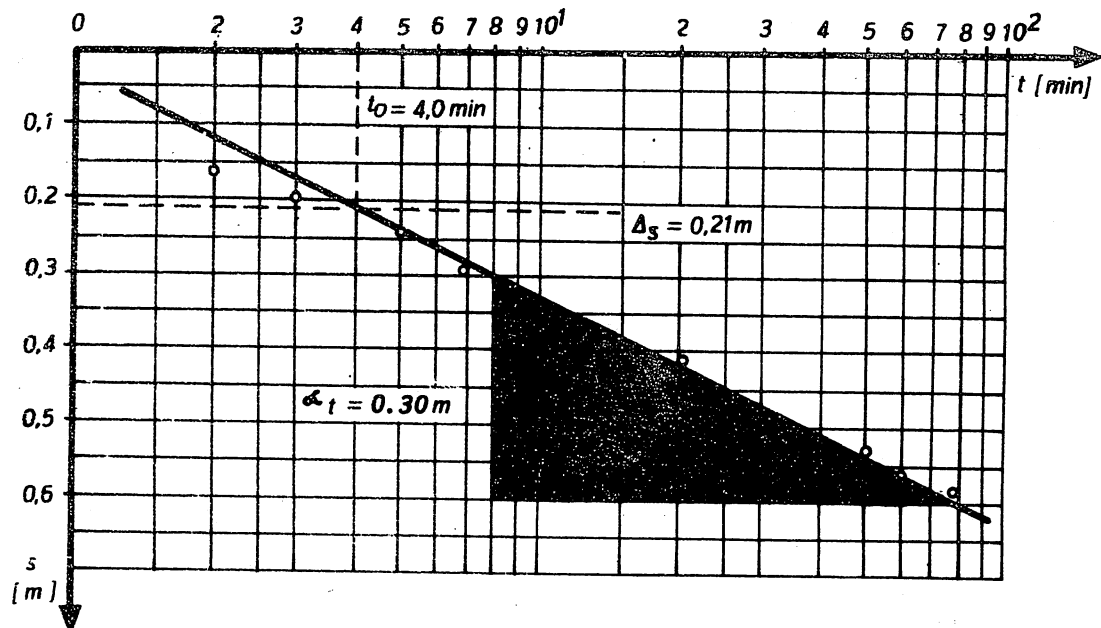


Bild 2: Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes

- b) Konstruktion einer Ausgleichsgeraden nach Augenmaß durch die so erhaltenen Punkte.
- c) Ermittlung des Richtungskoeffizienten  $\alpha_t$  der Ausgleichsgeraden als Ordinatendifferenz pro Dekade der Abszisse:

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

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

$$T = \frac{0,183 Q}{\alpha_t} \quad (6)$$

Der Durchlässigkeitsbeiwert k ergibt sich daraus zu

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

e) Ermittlung des Funktionswertes  $\delta(r/M, z/M)$  aus Tabelle 1 und Berechnung der Hilfsgröße

$$\Delta s = \frac{0,366 Q}{T} \cdot \delta(r/M, z/M) \quad (8)$$

f) Ermittlung des Zeitpunktes  $t_0$  als Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden mit der Horizontalen  $s = \Delta s$  bzw. aus den Koordinaten  $(s_1, t_1)$  eines beliebigen Punktes auf der Ausgleichsgeraden nach der Gleichung

$$t_0 = \frac{t_1}{10 \left( \frac{s_1 - \Delta s}{\alpha_t} \right)} \quad (9)$$

g) Berechnung des Speicherkoeffizienten S nach der Gleichung

$$S = \frac{2,25 T t_0}{r^2} \quad (10)$$

h) Überprüfung der Gültigkeitsbedingungen (2) und (3) mit Hilfe der erhaltenen Werte S, T, k und der geohydraulischen Zeitkonstanten  $a = \frac{S}{T}$  für das Zeitintervall, das der Konstruktion der Ausgleichsgeraden zugrunde gelegt wurde.

#### Zusätzliche Bemerkungen

- Die Auswertung der im Entnahmehrunden gemessenen Absenkungsbeträge erfolgt nach den Schritten a) bis d). Die Bestimmung

des Speicherkoeffizienten aus diesen Beobachtungswerten ist nicht zulässig.

- Bei ungenügender Kenntnis der Mächtigkeit  $M$  ist das Verhältnis  $z/M$ , das zur Ermittlung der Korrekturgröße  $\delta$  benötigt wird, zu schätzen. Kann der Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  auf anderem Wege - z. B. aus Siebanalysen - genügend zuverlässig bestimmt werden, läßt sich aus Gleichung (7) ein verbesserter Schätzwert für  $M$  gewinnen.
- Wenn die Grundwassermeßstelle als Mehrfachpegel ausgebaut ist, sind zur Berechnung der Parameter  $S$ ,  $T$  in die Gleichungen (6) und (10) die Mittelwerte der Werte  $\alpha_t$  und  $t_0$  einzusetzen, die sich für die einzelnen Beobachtungsrohre ergeben.

#### 1.1.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

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

Absenkungsgleichung:

$$s = \frac{0,366 Q}{T} \left( 0,5 \lg \frac{2,25 t}{a} - \lg r + \delta(r/M, z/M) \right) \quad (11)$$

Die Werte der Funktion  $\delta(r/M, z/M)$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Gültigkeitsbereich:

Gleichungen (2) und (3)

Auswertungsschema:

a) Berechnung der Hilfsvariablen

$$x = \delta(r/M, z/M) - \lg r \quad (12)$$

für alle verfügbaren Grundwassermeßstellen.

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

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

d) Graphische Ermittlung des Richtungskoeffizienten  $\alpha_x$  der Ausgleichsgeraden oder Berechnung aus den Koordinaten

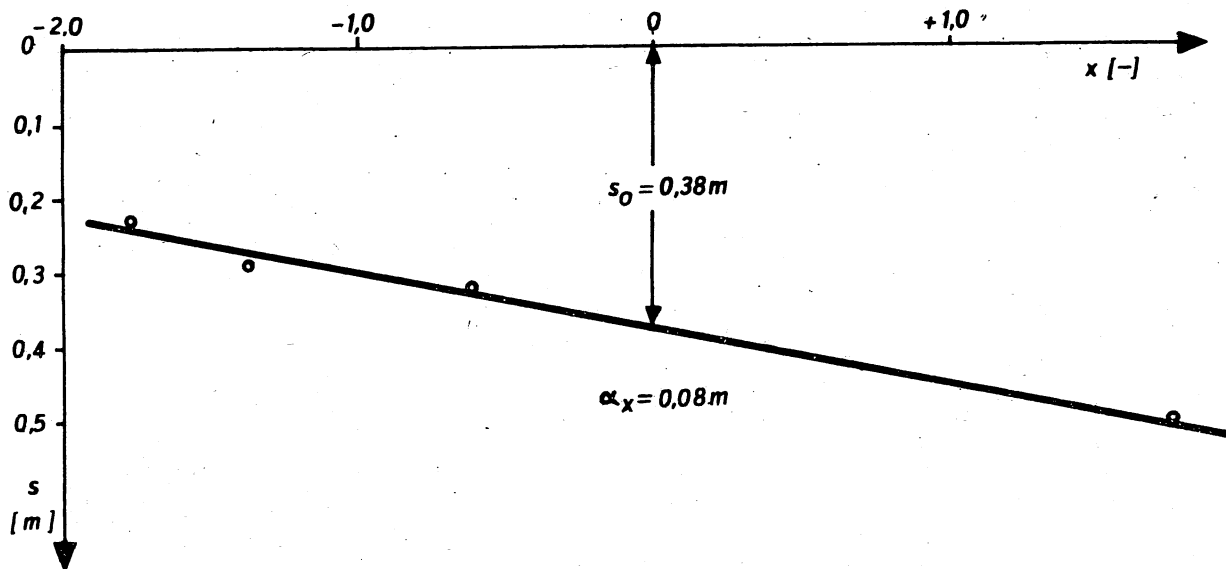


Bild 3: Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

zweier Punkte auf der Ausgleichsgeraden:

$$\alpha_x = \frac{s_2 - s_1}{x_2 - x_1} \quad (13)$$

e) Berechnung der Transmissibilität T nach der Gleichung

$$T = \frac{0,366 Q}{\alpha_x} \quad (14)$$

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

f) Ermittlung der Absenkung  $s_0$  als Schnittpunkt der Ausgleichsgeraden mit der Achse  $x = 0$ .

g) Berechnung des Speicherkoeffizienten S nach der Gleichung

$$S = \frac{2,25 T t}{10^{(2s_0/\alpha_x)}} \quad (15)$$

h) Überprüfung der Gültigkeitsbedingung (2) und (3) mit Hilfe der erhaltenen Werte S, T, k und der geohydraulischen Zeitkonstante  $a = \frac{S}{T}$ .

## Zusätzliche Bemerkungen

- Bei der Auswertung stationärer Absenkungswerte ist die Zuordnung eines  $t$ -Wertes sinnlos. Die Berechnung des Speicherkoeffizienten  $S$  ist deshalb nicht möglich, die Auswertung reduziert sich auf die Schritte a) bis e).
- Die Einbeziehung des im Versuchsbrunnen gemessenen Absenkungsbetrages  $s_B$  in die Auswertung nach diesem Verfahren ist nicht möglich, weil die Korrekturgröße  $\delta$  nicht ermittelt werden kann.
- Sind die Filter der einzelnen Grundwasserbeobachtungsrohre in unterschiedlicher Tiefe  $z$  angeordnet, ist das beschriebene Auswertungsverfahren nur auf Meßpunkte gleicher Höhe ( $z = \text{const.}$ ) anzuwenden und die so erhaltenen Parameter  $S$ ,  $T$  zu mitteln.

## 1.2. Anisotroper Grundwasserleiter

Der Durchlässigkeitsbeiwert des homogenen Grundwasserleiters wird als richtungsabhängig vorausgesetzt ( $k_r/k_z \neq 1$ ).

## 1.2.1. Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes

Gegenstand der Auswertung sind die beobachteten Absenkungsbeträge von jeweils *e i n e r* Grundwassermeßstelle ( $r = \text{const.}$ ).

Absenkungsgleichung:

$$s = \frac{0,183 Q}{T} \left( \lg \frac{2,25}{a r^2} + \lg t + 2 \delta (r_c/M, z/M) \right) \quad (16)$$

mit

$$r_c = r \sqrt{k_z/k_r} \quad (17)$$

Die Werte der Funktion  $\delta (r_c/M, z/M)$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Gültigkeitsbereich:

Gleichungen (2) und (3)

Außerhalb des Gültigkeitsbereiches erfolgt die Auswertung nach Abschnitt 2.2.1. (mit  $s$  statt  $s_r$ ).

Auswertungsschema:

a) bis d) siehe Abschnitt 1.1.1.

Aus der Transmissibilität  $T$  ergibt sich der horizontale Durchlässigkeitsbeiwert  $k_r$  zu

$$k_r = \frac{T}{M} \quad (18)$$

e) bis h) siehe Abschnitt 1.1.1.

Nur durchführbar, wenn der korrigierte Abstand  $r_c$  durch Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters bestimmt werden kann (siehe Abschnitt 1.2.2.).

Es ändert sich lediglich die Berechnungsgleichung für die Hilfsgröße  $\Delta s$ :

$$\Delta s = \frac{0,366 Q}{T} \delta(r_c/M, z/M) \quad (19)$$

Zusätzliche Bemerkungen

siehe Abschnitt 1.1.1.

### 1.2.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

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

Absenkungsgleichung:

$$s = \frac{0,366 Q}{T} \left( 0,5 \lg \frac{2,25 t}{a} - \lg r + \delta(r_c/M, z/M) \right) \quad (20)$$

mit  $r_c$  nach Gleichung (17).

Die Werte der Funktion  $\delta(r_c/M, z/M)$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Gültigkeitsbereich:

Gleichungen (2) und (3)



## Auswertungsschema:

- a) Auftragung der gemessenen Absenkungsbeträge  $s$  als Ordinate zur Abszisse  $\lg r$  auf halblogarithmischem Papier (siehe Bild 4).
- b) Konstruktion einer asymptotischen Geraden durch die Meßpunkte der am weitesten vom Entnahmebrunnen entfernten Grundwasserbeobachtungsrohre.

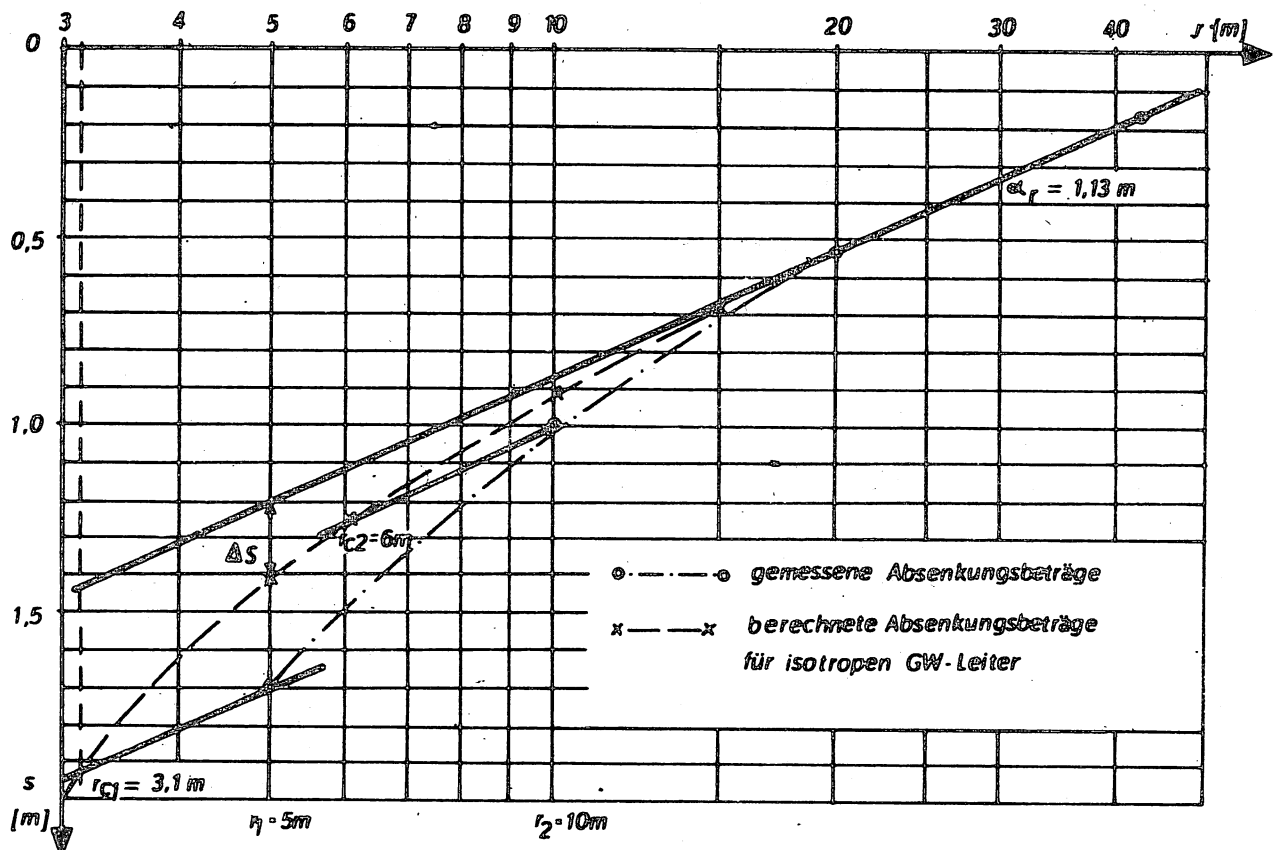


Bild 4: Graphisch-analytische Auswertung

- c) Ermittlung des Richtungskoeffizienten  $\alpha_r$  der asymptotischen Geraden als Ordinaten­differenz über eine Dekade der Abszisse

$$\alpha_r = s(r) - s(10r) \quad (21)$$

oder aus den Koordinaten zweier Punkte auf der Geraden nach der Gleichung

$$\alpha_r = \frac{s_1 - s_2}{\lg(r_2/r_1)} \quad (22)$$

- d) Berechnung der Transmissibilität T nach der Gleichung

$$T = \frac{0,366 Q}{\alpha_r} \quad (23)$$

Der horizontale Durchlässigkeitsbeiwert  $k_r$  ergibt sich daraus nach Gleichung (18).

- e) Verlängerung der asymptotischen Geraden in Richtung abnehmender r-Werte.

- f) Berechnung der Korrekturgröße

$$\Delta s = \frac{0,366 Q}{T} \delta(r/M, z/M) \quad (24)$$

für eine Reihe von r-Werten. Verschiebung der entsprechenden Punkte der asymptotischen Gerade um den Betrag  $\Delta s$  (siehe Bild 4).

Die so erhaltene Absenkungskurve entspricht dem Fall des isotropen Grundwasserleiters.

- g) Konstruktion von Parallelen zur asymptotischen Geraden durch die einzelnen Meßpunkte. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der unter f) konstruierten fiktiven Absenkungskurve liefert die Werte
- $r_c$
- .

- h) Berechnung des Anisotropieverhältnisses nach der Gleichung

$$k_r/k_z = (r/r_c)^2 \quad (25)$$

Fällt dieses Verhältnis für die einzelnen Meßpunkte unterschiedlich aus, wird mit dem Mittelwert gerechnet.

- i) Rückrechnung der gemessenen Absenkungsbeträge s auf den Fall des vollkommenen Brunnens nach der Gleichung

$$s_v = s - \frac{0,366 Q}{T} \delta(r_c/M, z/M) \quad (26)$$

- k) Auswertung der Werte
- $s_v$
- nach TGL 23 864 Blatt 4, Abschnitt 1.2.1. Außer dem Speicherkoeffizienten S ergibt sich dabei nochmals ein Wert für die Transmissibilität T, der eine Kontrolle für die Auswertungsschritte b) bis d) darstellt.

## Zusätzliche Bemerkungen

- siehe Abschnitt 1.1.2.

- Falls die Bestimmung der Transmissibilität  $T$  nach Abschnitt 1.1.1. möglich ist, wird dieser Wert zur Festlegung des Richtungskoeffizienten  $\alpha_r$  der zu konstruierenden asymptotischen Geraden verwendet:

$$\alpha_r = \frac{0,366 Q}{T} = 2 \alpha_t \quad (27)$$

Dadurch entfallen die Schritte c) und d).

## 2. Pumpversuch in ungespanntem Grundwasser

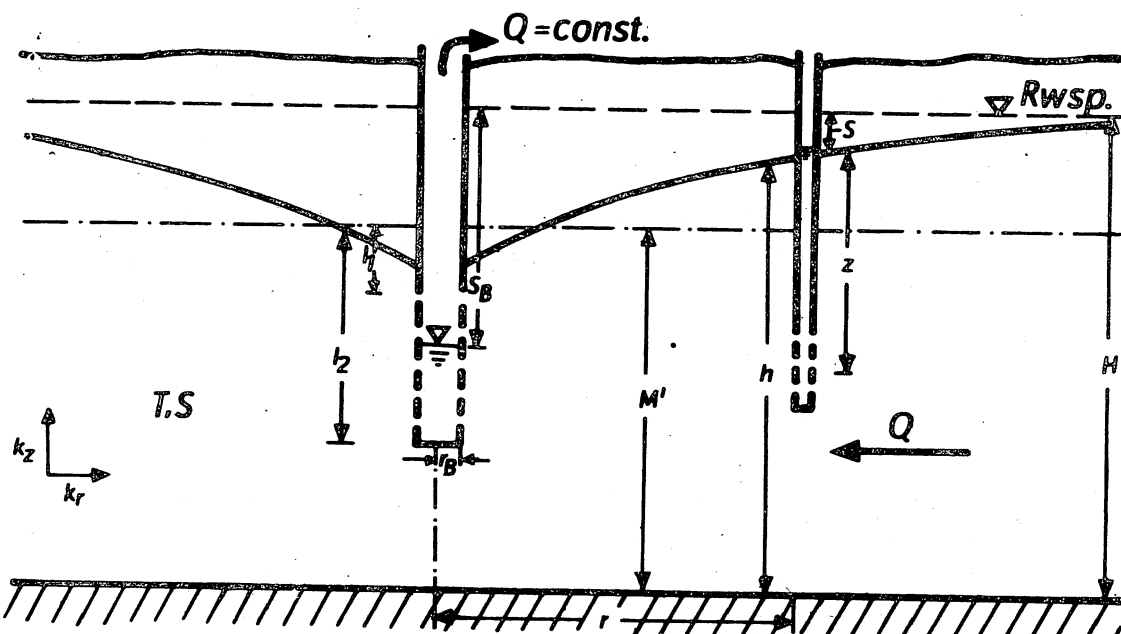


Bild 5: Pumpversuchsschema

Die mathematischen Grundlagen der in den folgenden Abschnitten angegebenen Auswertungsverfahren sind die gleichen, wie im Abschnitt 1. Der Absenkungsvorgang wird wiederum als nichtstationär betrachtet, wobei der stationäre Absenkungszustand als Spezialfall ( $t \rightarrow \infty$ ) enthalten ist.

Folgende Unterschiede sind zu beachten:

- Ausgangsgröße der Pumpversuchsauswertung ist die reduzierte

Absenkung

$$s_r = s \left( 1 - \frac{s}{2H} \right) \quad (28)$$

- Die Grundwasserströmung mit freier Oberfläche wird näherungsweise als Druckströmung mit der Mächtigkeit

$$M' = H - 0,5 s_B \quad (29)$$

behandelt. Dieser Wert ist für die Berechnung der Parameter  $l_1/M$ ,  $l_2/M$ ,  $r/M$  maßgebend (siehe Bild 5).

- Die Tiefenlage  $z$  der Filter der Grundwasserbeobachtungsrohre wird auf die abgesenkte, freie Grundwasseroberfläche bezogen.
- Die Berechnungsgleichungen (7) und (18) für den Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  bzw.  $k_r$  werden durch

$$k = \frac{T}{H} \quad \text{bzw.} \quad k_r = \frac{T}{H} \quad (30)$$

ersetzt.

- Die Gültigkeitsbedingungen (2) und (3), die bei der Druckströmung praktisch keine wesentliche Einschränkung bedeuten, sind bei Pumpversuchen in ungespanntem Grundwasser während einer relativ langen Anfangsphase nicht erfüllt.

## 2.1. Isotroper Grundwasserleiter

Der Durchlässigkeitsbeiwert des homogenen Grundwasserleiters wird als richtungsunabhängig vorausgesetzt

$$(k_r = k_z = k = \text{const.}).$$

### 2.1.1. Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes

Gegenstand der Auswertung sind die beobachteten Absenkungsbeträge von jeweils einer Grundwassermeßstelle ( $r = \text{const.}$ )

Absenkungsgleichung:

$$s_r = \frac{Q}{4 T T} \left( W(u) + 4,60 \delta(r/M', z/h) \right) \quad (31)$$

mit

$$\sigma = \frac{a r^2}{4 t} \quad (32)$$

Die Werte von  $\delta$  sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Gültigkeitsbereich:

$$t > \frac{M' S}{2 k_z} \quad (33)$$

Näherungsformel:

$$s_r = \frac{0,183 Q}{T} \left( \lg \frac{2,25}{a r^2} + \lg t + 2 \delta (r/M', z/h) \right) \quad (34)$$

Gültigkeitsbereich:

Gleichung (2)

Auswertungsschema:

a) bis d) siehe Abschnitt 1.1.1. unter Berücksichtigung der Unterschiede, die zu Beginn des Abschnittes 2. aufgeführt sind.

Ergibt sich dabei nach einer gewissen Anfangsphase eine eindeutige lineare Abhängigkeit zwischen  $s_r$  und  $\lg t$ , so erfolgt die weitere Auswertung nach Abschnitt 1.1.1. e) bis h).

e) Berechnung der Korrekturgröße

$$\Delta s_r = \frac{0,366 Q}{T} \delta (r/M', z/h) \quad (35)$$

unter Verwendung der im Schritt d) erhaltenen 1. Näherung für die Transmissibilität  $T$ .

f) Rückrechnung der gemessenen reduzierten Absenkungsbeträge  $s_r$  auf den Fall des vollkommenen Brunnens nach der Gleichung

$$s_{rv} = s_r - \Delta s_r \quad (36)$$

g) Auswertung der Werte  $s_{rv}$  nach TGL 23 864 Blatt 4, Abschnitt 2.1. Dabei ergeben sich der Speicherkoeffizient  $S$  und ein verbesserter Wert für die Transmissibilität  $T$ .

### 2.1.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

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

Absenkungsgleichung:

$$s_r = \frac{0,366 Q}{T} \left( 0,5 \lg \frac{2,25 t}{a} - \lg r + \delta (r/M', z/h) \right) \quad (37)$$

Die Werte von  $\delta$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Gültigkeitsbereich:

Gleichungen (2) und (33)

Auswertungsschema:

a) bis h) siehe Abschnitt 1.1.2. unter Berücksichtigung der Unterschiede, die zu Beginn des Abschnittes 2. aufgeführt sind.

Zusätzliche Bemerkungen

siehe Abschnitt 1.1.2.

## 2.2. Anisotroper Grundwasserleiter

Der Durchlässigkeitsbeiwert des homogenen Grundwasserleiters wird als richtungsabhängig vorausgesetzt ( $k_r/k_z \neq 1$ ).

### 2.2.1. Auswertung des zeitlichen Absenkungsverlaufes

Gegenstand der Auswertung sind die beobachteten Absenkungsbeträge von jeweils einer Grundwassermeßstelle ( $r = \text{const.}$ ).

Absenkungsgleichung:

$$s_r = \frac{Q}{4\pi T} \left( W(\sigma) + 4,60 \delta (r_c/M', z/h) \right) \quad (38)$$

mit  $\sigma$  nach Gleichung (32)

$r_c$  nach Gleichung (17).

Die Werte von  $\delta$  sind Tabelle 1 zu entnehmen, die Wertetabelle von  $W(\sigma)$  ist in TGL 23 864 Blatt 4, Tabelle 1 enthalten ( $\sigma = \frac{1}{x}$ ).

Gültigkeitsbereich:

Gleichung (33)

Näherungsformel:

$$s_r = \frac{0,183 Q}{T} \left( \lg \frac{2,25}{a r^2} + \lg t + 2 \delta(r_c/M', z/h) \right) \quad (39)$$

Gültigkeitsbereich:

Gleichung (2)

Auswertungsschema:

a) bis d) nach Abschnitt 1.1.1. unter Berücksichtigung der Unterschiede, die zu Beginn des Abschnittes 2. aufgeführt sind.

Ergibt sich dabei nach einer gewissen Anfangsphase eine eindeutige lineare Abhängigkeit zwischen  $s_r$  und  $\lg t$ , so erfolgt die weitere Auswertung nach Abschnitt 1.2.1. e) bis h) unter Verwendung des nach Abschnitt 2.2.2. ermittelten korrigierten Abstandes  $r_c$ .

e) Berechnung der Korrekturgröße

$$\Delta s_r = \frac{0,366 Q}{T} \delta(r_c/M', z/h) \quad (40)$$

unter Verwendung der im Schritt d) erhaltenen 1. Näherung für die Transmissibilität  $T$  und des bei formaler Anwendung des im Abschnitt 2.2.2. angegebenen Auswertungsverfahrens gefundenen Näherungswertes für den korrigierten Abstand  $r_c$ .

f) Rückrechnung der gemessenen reduzierten Absenkungsbeträge  $s_r$  auf den Fall des vollkommenen Brunnens nach Gleichung (36).

g) Auswertung der Werte  $s_{rv}$  nach TGL 23 864 Blatt 4, Abschnitt 2.1.1. Dabei ergeben sich der Speicherkoeffizient  $S$  und ein verbesserter Wert für die Transmissibilität  $T$ .

### 2.2.2. Auswertung des räumlichen Absenkungstrichters

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

Absenkungsgleichung:

$$s_r = \frac{0,366 Q}{T} \left( 0,5 \lg \frac{2,25 t}{a} - \lg r + \delta(r_c/M', z/h) \right) \quad (41)$$

mit  $r_c$  nach Gleichung (17)

Die Werte von  $\delta$  sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Gültigkeitsbereich:

Gleichungen (2) und (33)

Auswertungsschema:

a) bis k) nach Abschnitt 1.2.2.

mit folgenden Änderungen: Gleichung (30) statt  
Gleichung (18)  
Gleichung (40) statt  
Gleichung (24)  
Gleichung (36) statt  
Gleichung (26)

Zusätzliche Bemerkungen

siehe Abschnitt 1.2.2.



Tabelle 1: Werte der Korrekturfunktion  $\delta$ 

Bedeutung der verwendeten dimensionslosen Parameter:

$$\bar{l}_1 = \begin{cases} l_1/M & \text{Abschnitt 1.} & (\text{Bild 1}) \\ l_1/M' & \text{Abschnitt 2.} & (\text{Bild 5}) \end{cases}$$

$$\bar{l}_2 = \begin{cases} l_2/M & \text{Abschnitt 1.} & (\text{Bild 1}) \\ l_2/M' & \text{Abschnitt 2.} & (\text{Bild 5}) \end{cases}$$

$$\bar{r} = \begin{cases} r/M & \text{Abschnitt 1.1.} \\ r_c/M & \text{Abschnitt 1.2.} \\ r/M' & \text{Abschnitt 2.1.} \\ r_c/M' & \text{Abschnitt 2.2.} \end{cases}$$

$$\bar{z} = \begin{cases} z/M & \text{Abschnitt 1.} \\ z/h & \text{Abschnitt 2.} \end{cases}$$

Alle Tabellenwerte bleiben gültig, wenn Grundwassersohle und -deckschicht vertauscht werden, d. h., wenn gleichzeitig  $\bar{l}_1$ ,  $\bar{l}_2$ ,  $\bar{z}$  durch  $1 - \bar{l}_2$ ,  $1 - \bar{l}_1$ ,  $1 - \bar{z}$  ersetzt werden. Damit sind auch die Fälle  $\bar{l}_2 \leq 0,5$  erfaßt.

Wenn Interpolation erforderlich ist, um den gesuchten Funktionswert zu finden, ist sie auf graphischem Wege durchzuführen, indem  $\delta$  als Ordinate über der Abszisse  $\lg \bar{r}$  aufgetragen wird für die Werte  $\bar{l}_1$ ,  $\bar{l}_2$ ,  $\bar{z}$ , die die aktuellen Werte dieser Parameter einschließen.

Tabelle 1

Werte der Korrekturfunktion  $\delta$

$\bar{z}$	$\bar{r} = 0,05$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,9$											
0,0	-1,05	-0,75	-0,58	-0,46	-0,38	-0,31	-0,21	-0,15	-0,10	-0,05	-0,02
0,1	-1,04	-0,74	-0,57	-0,45	-0,37	-0,30	-0,20	-0,14	-0,10	-0,05	-0,02
0,2	-1,01	-0,71	-0,54	-0,43	-0,34	-0,28	-0,19	-0,13	-0,09	-0,04	-0,02
0,3	-0,96	-0,66	-0,50	-0,38	-0,30	-0,24	-0,16	-0,10	-0,07	-0,03	-0,01
0,4	-0,87	-0,58	-0,42	-0,31	-0,24	-0,18	-0,11	-0,07	-0,04	-0,02	-0,01
0,5	-0,74	-0,46	-0,30	-0,20	-0,14	-0,10	-0,05	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,6	-0,53	-0,26	-0,12	-0,05	-0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
0,7	-0,16	0,07	0,16	0,18	0,18	0,16	0,12	0,09	0,06	0,03	0,01
0,8	0,63	0,69	0,61	0,50	0,41	0,33	0,21	0,14	0,09	0,04	0,02
0,9	2,90	1,78	1,21	0,86	0,64	0,48	0,29	0,18	0,12	0,05	0,02
1,0	4,62	2,48	1,54	1,04	0,74	0,54	0,32	0,20	0,13	0,06	0,03
$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,8$											
0,0	-1,04	-0,74	-0,57	-0,46	-0,37	-0,30	-0,21	-0,14	-0,10	-0,05	-0,02
0,1	-1,03	-0,73	-0,56	-0,45	-0,36	-0,29	-0,20	-0,14	-0,09	-0,05	-0,02
0,2	-1,00	-0,70	-0,53	-0,42	-0,34	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02
0,3	-0,94	-0,65	-0,48	-0,37	-0,29	-0,23	-0,15	-0,10	-0,06	-0,03	-0,01
0,4	-0,85	-0,56	-0,40	-0,29	-0,22	-0,17	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,5	-0,70	-0,42	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,6	-0,45	-0,19	-0,07	-0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
0,7	0,05	0,22	0,24	0,23	0,20	0,17	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01
0,8	1,37	0,93	0,68	0,52	0,40	0,32	0,20	0,13	0,09	0,04	0,02
0,9	2,62	1,58	1,07	0,77	0,57	0,44	0,26	0,17	0,11	0,05	0,02
1,0	2,90	1,78	1,21	0,86	0,64	0,48	0,29	0,18	0,12	0,05	0,02
$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,7$											
0,0	-1,02	-0,73	-0,56	-0,44	-0,36	-0,29	-0,20	-0,13	-0,09	-0,04	-0,02
0,1	-1,01	-0,72	-0,55	-0,43	-0,35	-0,28	-0,19	-0,13	-0,09	-0,04	-0,02
0,2	-0,98	-0,68	-0,51	-0,40	-0,32	-0,26	-0,17	-0,11	-0,08	-0,04	-0,02
0,3	-0,91	-0,62	-0,46	-0,35	-0,27	-0,21	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,4	-0,80	-0,52	-0,36	-0,26	-0,20	-0,15	-0,09	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,5	-0,62	-0,35	-0,21	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,6	-0,26	-0,05	0,02	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
0,7	0,66	0,47	0,36	0,28	0,22	0,18	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01
0,8	1,57	0,97	0,67	0,50	0,38	0,30	0,19	0,12	0,08	0,04	0,02
0,9	1,88	1,21	0,86	0,64	0,48	0,37	0,23	0,15	0,10	0,04	0,02
1,0	1,96	1,28	0,92	0,68	0,52	0,40	0,25	0,16	0,10	0,05	0,02
$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,6$											
0,0	-1,00	-0,70	-0,53	-0,42	-0,34	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02
0,1	-0,99	-0,69	-0,52	-0,41	-0,32	-0,26	-0,17	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02
0,2	-0,94	-0,65	-0,48	-0,38	-0,30	-0,24	-0,15	-0,10	-0,07	-0,03	-0,02
0,3	-0,87	-0,58	-0,42	-0,31	-0,24	-0,19	-0,12	-0,08	-0,05	-0,02	-0,01
0,4	-0,73	-0,45	-0,30	-0,22	-0,16	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,5	-0,45	-0,22	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,6	0,27	0,19	0,14	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01
0,7	0,96	0,58	0,40	0,30	0,22	0,18	0,11	0,07	0,05	0,02	0,01
0,8	1,24	0,80	0,57	0,42	0,33	0,26	0,16	0,11	0,07	0,03	0,02
0,9	1,37	0,90	0,66	0,50	0,36	0,31	0,19	0,13	0,08	0,04	0,02
1,0	1,37	0,93	0,68	0,52	0,41	0,32	0,20	0,13	0,09	0,04	0,02
$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,5$											
0,0	-0,96	-0,67	-0,50	-0,39	-0,31	-0,25	-0,16	-0,11	-0,07	-0,03	-0,02
0,1	-0,95	-0,65	-0,49	-0,38	-0,30	-0,24	-0,15	-0,10	-0,07	-0,03	-0,02
0,2	-0,89	-0,60	-0,44	-0,34	-0,26	-0,21	-0,13	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,3	-0,79	-0,51	-0,36	-0,26	-0,20	-0,16	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,4	-0,57	-0,32	-0,21	-0,15	-0,12	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,5	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,6	0,57	0,32	0,21	0,15	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00
0,7	0,79	0,51	0,36	0,26	0,20	0,16	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
0,8	0,89	0,60	0,44	0,34	0,26	0,21	0,13	0,09	0,06	0,03	0,01
0,9	0,95	0,65	0,49	0,38	0,30	0,24	0,15	0,10	0,07	0,03	0,02
1,0	0,96	0,67	0,50	0,39	0,31	0,25	0,16	0,11	0,07	0,03	0,02

Tabelle 1 (Fortsetzung)

$\bar{z}$	$\bar{r} = 0,05$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
-----------	------------------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,4$

0,0	-0,91	-0,62	-0,46	-0,35	-0,27	-0,21	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,1	-0,89	-0,60	-0,44	-0,33	-0,26	-0,20	-0,13	-0,08	-0,06	-0,03	-0,01
0,2	-0,82	-0,53	-0,38	-0,28	-0,22	-0,17	-0,11	-0,07	-0,05	-0,02	-0,01
0,3	-0,64	-0,39	-0,27	-0,20	-0,15	-0,12	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01
0,4	-0,17	-0,12	-0,10	-0,08	-0,06	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,00
0,5	0,30	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,6	0,48	0,30	0,20	0,14	0,11	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00
0,7	0,58	0,38	0,28	0,21	0,16	0,13	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01
0,8	0,63	0,43	0,32	0,25	0,20	0,16	0,10	0,07	0,05	0,02	0,01
0,9	0,66	0,46	0,35	0,27	0,22	0,17	0,12	0,08	0,05	0,02	0,01
1,0	0,67	0,47	0,36	0,28	0,22	0,18	0,20	0,08	0,06	0,03	0,01

$I_2 = 1,0 \quad I_1 = 0,2$

0,0	-0,72	-0,45	-0,30	-0,22	-0,16	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,1	-0,66	-0,40	-0,27	-0,19	-0,14	-0,11	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,2	-0,34	-0,23	-0,17	-0,13	-0,10	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,3	-0,01	-0,05	-0,06	-0,06	-0,05	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,00
0,4	0,11	0,05	0,02	0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,5	0,18	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,6	0,21	0,14	0,10	0,07	0,06	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
0,7	0,24	0,16	0,12	0,09	0,07	0,06	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00
0,8	0,25	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00
0,9	0,26	0,18	0,14	0,11	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
1,0	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01

$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,8$

0,0	-1,03	-0,73	-0,63	-0,45	-0,37	-0,29	-0,20	-0,14	-0,09	-0,05	-0,02
0,1	-1,02	-0,72	-0,55	-0,44	-0,35	-0,29	-0,19	-0,13	-0,09	-0,04	-0,02
0,2	-0,99	-0,69	-0,52	-0,42	-0,33	-0,26	-0,17	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02
0,3	-0,93	-0,63	-0,47	-0,36	-0,28	-0,22	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,4	-0,83	-0,54	-0,38	-0,28	-0,21	-0,16	-0,09	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,5	-0,66	-0,38	-0,24	-0,16	-0,10	-0,07	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,6	-0,37	-0,12	-0,02	0,02	0,04	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
0,7	0,26	0,36	0,33	0,27	0,22	0,18	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01
0,8	2,11	1,17	0,76	0,54	0,41	0,31	0,19	0,13	0,08	0,04	0,02
0,9	2,35	1,38	0,93	0,68	0,51	0,39	0,24	0,16	0,10	0,05	0,02
1,0	1,18	1,09	0,88	0,69	0,53	0,42	0,26	0,17	0,11	0,05	0,02

$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,7$

0,0	-1,01	-0,71	-0,54	-0,43	-0,34	-0,28	-0,19	-0,13	-0,09	-0,04	-0,02
0,1	-1,00	-0,70	-0,53	-0,42	-0,33	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02
0,2	-0,96	-0,67	-0,50	-0,39	-0,31	-0,24	-0,16	-0,11	-0,07	-0,03	-0,02
0,3	-0,89	-0,60	-0,44	-0,33	-0,26	-0,20	-0,13	-0,08	-0,06	-0,03	-0,01
0,4	-0,77	-0,49	-0,34	-0,24	-0,17	-0,13	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	-0,01
0,5	-0,56	-0,29	-0,17	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,6	-0,12	0,05	0,09	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,01	0,01
0,7	1,08	0,66	0,46	0,33	0,25	0,19	0,12	0,08	0,05	0,02	0,01
0,8	2,04	1,11	0,71	0,50	0,36	0,28	0,17	0,11	0,08	0,04	0,02
0,9	1,37	0,93	0,68	0,52	0,41	0,32	0,21	0,13	0,09	0,04	0,02
1,0	0,63	0,69	0,61	0,50	0,41	0,33	0,22	0,14	0,09	0,04	0,02

$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,6$

0,0	-0,98	-0,69	-0,52	-0,41	-0,32	-0,26	-0,17	-0,11	-0,08	-0,04	-0,02
0,1	-0,97	-0,67	-0,50	-0,39	-0,31	-0,25	-0,16	-0,11	-0,07	-0,03	-0,02
0,2	-0,92	-0,63	-0,46	-0,36	-0,28	-0,22	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,3	-0,84	-0,55	-0,39	-0,29	-0,22	-0,17	-0,11	-0,07	-0,05	-0,02	-0,01
0,4	-0,68	-0,40	-0,26	-0,18	-0,13	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00
0,5	-0,35	-0,14	-0,06	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00
0,6	0,52	0,33	0,23	0,17	0,12	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00
0,7	1,34	0,75	0,48	0,33	0,24	0,18	0,11	0,07	0,05	0,02	0,01
0,8	1,42	0,83	0,56	0,40	0,30	0,23	0,14	0,09	0,06	0,03	0,01
0,9	0,82	0,60	0,47	0,38	0,30	0,24	0,16	0,11	0,07	0,03	0,02
1,0	0,29	0,41	0,40	0,35	0,30	0,24	0,17	-0,11	0,08	0,04	0,02

Tabelle 1 (Fortsetzung)

$\bar{z}$	$\bar{r} = 0,05$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,5$											
0,0	-0,94	-0,65	-0,48	-0,37	-0,29	-0,23	-0,15	-0,10	-0,06	-0,03	-0,01
0,1	-0,92	-0,63	-0,47	-0,36	-0,28	-0,22	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,2	-0,87	-0,58	-0,42	-0,31	-0,24	-0,19	-0,12	-0,08	-0,05	-0,02	-0,01
0,3	-0,75	-0,47	-0,32	-0,23	-0,18	-0,14	-0,08	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,4	-0,49	-0,26	-0,16	-0,11	-0,08	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,5	0,19	0,11	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,6	0,84	0,47	0,30	0,20	0,14	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00
0,7	1,02	0,61	0,41	0,28	0,21	0,16	0,09	0,06	0,04	0,02	0,01
0,8	0,96	0,58	0,40	0,30	0,22	0,18	0,11	0,07	0,05	0,02	0,01
0,9	0,47	0,37	0,31	0,26	0,21	0,18	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01
1,0	0,05	0,22	0,24	0,23	0,20	0,17	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01
$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,4$											
0,0	-0,89	-0,59	-0,43	-0,32	-0,25	-0,19	-0,12	-0,08	-0,05	-0,02	-0,01
0,1	-0,86	-0,57	-0,41	-0,31	-0,24	-0,18	-0,11	-0,07	-0,05	-0,02	-0,01
0,2	-0,78	-0,50	-0,35	-0,25	-0,19	-0,15	-0,09	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,3	-0,58	-0,33	-0,22	-0,16	-0,12	-0,09	-0,06	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,4	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,00
0,5	0,51	0,26	0,16	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
0,6	0,69	0,41	0,27	0,18	0,13	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00
0,7	0,72	0,45	0,30	0,22	0,16	0,12	0,07	0,04	0,03	0,01	0,01
0,8	0,63	0,38	0,27	0,20	0,15	0,12	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01
0,9	0,21	0,20	0,18	0,15	0,13	0,11	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
1,0	-0,12	0,07	0,12	0,13	0,12	0,11	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,3$											
0,0	-0,81	-0,52	-0,36	-0,26	-0,20	-0,15	-0,09	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,1	-0,77	-0,48	-0,33	-0,24	-0,18	-0,14	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	-0,01
0,2	-0,62	-0,37	-0,25	-0,18	-0,13	-0,10	-0,06	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,3	-0,17	-0,12	-0,10	-0,08	-0,06	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,00
0,4	0,28	0,12	0,06	0,03	0,01	0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,5	0,43	0,25	0,16	0,10	0,07	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
0,6	0,49	0,30	0,20	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00
0,7	0,48	0,30	0,20	0,14	0,11	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00
0,8	0,38	0,23	0,16	0,12	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
0,9	0,02	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01
1,0	-0,26	-0,05	0,02	0,05	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,2$											
0,0	-0,68	-0,41	-0,26	-0,18	-0,13	-0,09	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,1	-0,60	-0,35	-0,22	-0,16	-0,11	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,2	-0,25	-0,16	-0,12	-0,09	-0,07	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,00
0,3	0,12	0,03	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,4	0,26	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,5	0,31	0,18	0,12	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
0,6	0,32	0,20	0,13	0,09	0,06	0,05	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
0,7	0,29	0,17	0,12	0,08	0,06	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
0,8	0,20	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
0,9	-0,12	-0,05	-0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
1,0	-0,36	-0,14	-0,06	-0,02	-0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
$I_2 = 0,9 \quad I_1 = 0,1$											
0,0	-0,45	-0,22	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,1	-0,23	-0,13	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,2	0,05	0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,3	0,14	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4	0,18	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,5	0,19	0,11	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,6	0,18	0,10	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,7	0,14	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,8	0,05	0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,9	-0,23	-0,13	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
1,0	-0,45	-0,22	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00

Tabelle 1 (Fortsetzung)

$\bar{z}$	$\bar{r} = 0,05$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$I_2 = 0,8 \quad I_1 = 0,7$											
0,0	-0,99	-0,69	-0,53	-0,41	-0,33	-0,26	-0,17	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02
0,1	-0,98	-0,68	-0,51	-0,40	-0,32	-0,25	-0,17	-0,11	-0,08	-0,04	-0,02
0,2	-0,94	-0,64	-0,48	-0,37	-0,29	-0,23	-0,15	-0,10	-0,06	-0,03	-0,02
0,3	-0,86	-0,57	-0,40	-0,30	-0,23	-0,18	-0,11	-0,07	-0,05	-0,02	-0,01
0,4	-0,72	-0,43	-0,29	-0,20	-0,14	-0,11	-0,06	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,5	-0,46	-0,20	-0,10	-0,05	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	0,00
0,6	0,13	0,23	0,21	0,17	0,13	0,10	0,06	0,04	0,03	0,01	0,01
0,7	1,90	0,97	0,58	0,38	0,27	0,20	0,12	0,07	0,05	0,02	0,01
0,8	1,98	1,05	0,65	0,45	0,33	0,25	0,15	0,10	0,07	0,03	0,02
0,9	0,39	0,48	0,43	0,37	0,30	0,25	0,17	0,11	0,08	0,04	0,02
1,0	0,08	0,28	0,33	0,32	0,28	0,24	0,17	0,12	0,08	0,04	0,02
$I_2 = 0,8 \quad I_1 = 0,6$											
0,0	-0,96	-0,66	-0,50	-0,38	-0,30	-0,24	-0,16	-0,10	-0,07	-0,03	-0,02
0,1	-0,94	-0,65	-0,48	-0,37	-0,29	-0,23	-0,15	-0,10	-0,06	-0,03	-0,01
0,2	-0,89	-0,60	-0,44	-0,33	-0,26	-0,20	-0,13	-0,08	-0,05	-0,02	-0,01
0,3	-0,79	-0,50	-0,35	-0,26	-0,19	-0,15	-0,09	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,4	-0,60	-0,33	-0,21	-0,14	-0,10	-0,07	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,5	-0,19	-0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,6	0,97	0,56	0,36	0,24	0,17	0,12	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00
0,7	1,87	0,95	0,56	0,36	0,25	0,18	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
0,8	1,08	0,66	0,46	0,33	0,25	0,19	0,12	0,08	0,05	0,02	0,01
0,9	0,05	0,22	0,24	0,23	0,20	0,17	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01
1,0	-0,16	0,07	0,16	0,18	0,18	0,16	0,12	0,09	0,06	0,03	0,02
$I_2 = 0,8 \quad I_1 = 0,5$											
0,0	-0,91	-0,62	-0,45	-0,34	-0,27	-0,21	-0,13	-0,08	-0,06	-0,02	-0,01
0,1	-0,89	-0,60	-0,44	-0,33	-0,25	-0,20	-0,12	-0,08	-0,05	-0,02	-0,01
0,2	-0,83	-0,54	-0,38	-0,28	-0,21	-0,16	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,3	-0,69	-0,41	-0,27	-0,19	-0,14	-0,11	-0,06	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,4	-0,38	-0,17	-0,09	-0,05	-0,04	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,00
0,5	0,47	0,28	0,18	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
0,6	1,24	0,66	0,40	0,26	0,17	0,12	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00
0,7	1,28	0,70	0,43	0,29	0,20	0,15	0,08	0,05	0,03	0,01	0,01
0,8	0,58	0,39	0,28	0,21	0,17	0,13	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
0,9	-0,17	0,03	0,10	0,11	0,11	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
1,0	-0,33	-0,08	0,03	0,07	0,09	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
$I_2 = 0,8 \quad I_1 = 0,4$											
0,0	-0,85	-0,56	-0,40	-0,29	-0,22	-0,17	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,1	-0,82	-0,53	-0,38	-0,28	-0,21	-0,16	-0,09	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,2	-0,72	-0,45	-0,30	-0,22	-0,16	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,3	-0,49	-0,26	-0,16	-0,11	-0,08	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,4	0,16	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,5	0,80	0,42	0,26	0,16	0,11	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	0,95	0,54	0,34	0,22	0,15	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00
0,7	0,84	0,47	0,30	0,20	0,14	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00
0,8	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01
0,9	-0,33	-0,10	-0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
1,0	-0,45	-0,19	-0,07	-0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
$I_2 = 0,8 \quad I_1 = 0,3$											
0,0	-0,76	-0,47	-0,32	-0,23	-0,16	-0,12	-0,07	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00
0,1	-0,72	-0,43	-0,29	-0,20	-0,14	-0,11	-0,06	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,2	-0,54	-0,30	-0,19	-0,13	-0,09	-0,07	-0,04	-0,02	-0,02	-0,01	-0,00
0,3	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,4	0,50	0,25	0,15	0,09	0,06	0,04	0,01	0,00	0,00	-0,00	-0,00
0,5	0,65	0,38	0,24	0,15	0,10	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	0,66	0,39	0,25	0,16	0,11	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,7	0,53	0,29	0,18	0,12	0,08	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
0,8	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00
0,9	-0,44	-0,20	-0,10	-0,05	-0,02	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
1,0	-0,55	-0,28	-0,15	-0,08	-0,04	-0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00

Tabelle 1 (Fortsetzung)

$\bar{z}$	$\bar{r} = 0,05$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$I_2 = 0,8 \quad I_1 = 0,2$											
0,0	-0,62	-0,35	-0,21	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,1	-0,53	-0,28	-0,17	-0,11	-0,07	-0,05	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,2	-0,12	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,3	0,30	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4	0,43	0,25	0,16	0,10	0,07	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
0,5	0,47	0,28	0,18	0,12	0,08	0,06	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
0,6	0,43	0,25	0,16	0,10	0,07	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
0,7	0,30	0,14	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
0,8	-0,12	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,9	-0,53	-0,28	-0,17	-0,11	-0,07	-0,05	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
1,0	-0,62	-0,35	-0,21	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
$I_2 = 0,7 \quad I_1 = 0,6$											
0,0	-0,92	-0,63	-0,46	-0,35	-0,27	-0,22	-0,14	-0,09	-0,06	-0,03	-0,01
0,1	-0,91	-0,61	-0,45	-0,34	-0,26	-0,20	-0,13	-0,08	-0,05	-0,02	-0,01
0,2	-0,85	-0,56	-0,40	-0,29	-0,22	-0,17	-0,11	-0,07	-0,04	-0,02	-0,01
0,3	-0,72	-0,44	-0,30	-0,21	-0,15	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01
0,4	-0,48	-0,23	-0,12	-0,07	-0,05	-0,03	-0,02	-0,02	-0,01	-0,01	-0,00
0,5	0,07	0,18	0,16	0,12	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	1,81	0,87	0,51	0,31	0,20	0,14	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00
0,7	1,85	0,90	0,54	0,34	0,23	0,16	0,09	0,05	0,03	0,02	0,01
0,8	0,18	0,27	0,26	0,21	0,17	0,14	0,09	0,06	0,04	0,02	0,01
0,9	-0,29	-0,05	0,05	0,09	0,10	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02	0,01
1,0	-0,40	-0,14	-0,02	0,04	0,07	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01
$I_2 = 0,7 \quad I_1 = 0,5$											
0,0	-0,87	-0,58	-0,42	-0,31	-0,24	-0,18	-0,11	-0,07	-0,04	-0,02	-0,01
0,1	-0,85	-0,56	-0,40	-0,29	-0,22	-0,17	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01
0,2	-0,77	-0,48	-0,33	-0,24	-0,18	-0,13	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	-0,01
0,3	-0,60	-0,33	-0,21	-0,14	-0,10	-0,07	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,4	-0,21	-0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
0,5	0,93	0,52	0,32	0,20	0,13	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	1,80	0,88	0,50	0,30	0,20	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01	0,00
0,7	0,97	0,56	0,36	0,24	0,17	0,12	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00
0,8	-0,12	0,05	0,09	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01
0,9	-0,45	-0,19	-0,07	-0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
1,0	-0,53	-0,26	-0,12	-0,05	-0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
$I_2 = 0,7 \quad I_1 = 0,4$											
0,0	-0,80	-0,51	-0,36	-0,26	-0,19	-0,14	-0,08	-0,04	-0,03	-0,01	-0,00
0,1	-0,77	-0,48	-0,33	-0,23	-0,17	-0,12	-0,07	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00
0,2	-0,65	-0,38	-0,24	-0,17	-0,12	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,3	-0,37	-0,16	-0,08	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,4	0,46	0,27	0,17	0,11	0,07	0,05	0,02	0,01	0,00	-0,00	-0,00
0,5	1,21	0,64	0,37	0,23	0,15	0,10	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	1,22	0,64	0,38	0,24	0,16	0,11	0,05	0,03	0,01	0,00	0,00
0,7	0,49	0,30	0,20	0,14	0,10	0,07	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00
0,8	-0,31	-0,10	-0,03	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
0,9	-0,56	-0,30	-0,16	-0,09	-0,05	-0,02	-0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
1,0	-0,63	-0,35	-0,21	-0,12	-0,07	-0,04	-0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
$I_2 = 0,7 \quad I_1 = 0,3$											
0,0	-0,70	-0,42	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,1	-0,65	-0,38	-0,24	-0,15	-0,10	-0,07	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,2	-0,45	-0,22	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,3	0,19	0,11	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,4	0,80	0,42	0,26	0,16	0,11	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
0,5	0,93	0,52	0,32	0,20	0,13	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	0,80	0,42	0,26	0,16	0,11	0,07	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00
0,7	0,19	0,11	0,08	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,8	-0,45	-0,22	-0,12	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,9	-0,65	-0,38	-0,24	-0,15	-0,10	-0,07	-0,03	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
1,0	-0,70	-0,42	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00

Tabelle 1 (Fortsetzung)

$\bar{z}$	$\bar{r} = 0,05$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
-----------	------------------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

$I_2 = 0,6 \quad I_1 = 0,5$

0,0	-0,82	-0,53	-0,37	-0,27	-0,20	-0,14	-0,08	-0,05	-0,03	-0,01	-0,00
0,1	-0,79	-0,50	-0,35	-0,25	-0,18	-0,13	-0,07	-0,04	-0,03	-0,01	-0,00
0,2	-0,70	-0,42	-0,27	-0,18	-0,13	-0,09	-0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,00
0,3	-0,48	-0,22	-0,11	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00
0,4	0,06	0,17	0,15	0,11	0,08	0,05	0,02	0,01	0,00	-0,00	-0,00
0,5	1,79	0,86	0,48	0,29	0,18	0,12	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	1,79	0,87	0,49	0,30	0,19	0,12	0,06	0,03	0,02	0,00	0,00
0,7	0,09	0,20	0,18	0,14	0,10	0,08	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00
0,8	-0,42	-0,17	-0,07	-0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
0,9	-0,61	-0,33	-0,19	-0,11	-0,06	-0,03	-0,02	0,00	0,01	0,00	0,00
1,0	-0,66	-0,38	-0,23	-0,14	-0,09	-0,05	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,00

$I_2 = 0,6 \quad I_1 = 0,4$

0,0	-0,74	-0,46	-0,30	-0,20	-0,14	-0,10	-0,05	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,1	-0,70	-0,42	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
0,2	-0,56	-0,29	-0,17	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,3	-0,19	-0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,4	0,93	0,52	0,32	0,20	0,13	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,5	1,78	0,86	0,48	0,29	0,18	0,12	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00
0,6	0,93	0,52	0,32	0,20	0,13	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
0,7	-0,19	-0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
0,8	-0,56	-0,29	-0,17	-0,10	-0,06	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
0,9	-0,70	-0,42	-0,27	-0,18	-0,12	-0,08	-0,04	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00
1,0	-0,74	-0,46	-0,30	-0,20	-0,14	-0,10	-0,05	-0,02	-0,01	-0,00	-0,00

## 3. Zeichen und Dimensionen

a	$[s \cdot m^{-2}]$	geohydraulische Zeitkonstante, $a = \frac{H}{S}$
h	$[m]$	Höhe der freien Grundwasseroberfläche bzw. der Druckfläche über der Grundwassersohle
H	$[m]$	unbeeinflusste Grundwassermächtigkeit
k	$[m \cdot s^{-1}]$	Durchlässigkeitsbeiwert
$k_r, k_z$	$[m \cdot s^{-1}]$	Durchlässigkeitsbeiwert in horizontaler und vertikaler Richtung
$l_1, l_2$	$[m]$	Tiefenlage des oberen bzw. unteren Endes des Brunnenfilters, bezogen auf die (reale oder fiktive) Grundwasserdeckschicht
M	$[m]$	Mächtigkeit des Grundwasserleiters
M'	$[m]$	mittlere Grundwassermächtigkeit ( $M' = H - s_B/2$ )
Q	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Förderleistung des Brunnens
r	$[m]$	Abstand eines Punktes von der Brunnenachse (Zylinderkoordinaten)
$r_c$	$[m]$	korrigierter Abstand bei Anisotropie
$r_B$	$[m]$	Radius der Brunnenbohrung
S	$[-]$	Speicherkoeffizient des Grundwasserleiters
s	$[m]$	Grundwasserabsenkung
$s_0$	$[m]$	Ordinate des Schnittpunktes der Ausgleichsgeraden mit der Achse $x = 0$
$s_r$	$[m]$	reduzierte Grundwasserabsenkung
$s_B$	$[m]$	Grundwasserabsenkung im Brunnen
$s_{rB}$	$[m]$	reduzierte Grundwasserabsenkung im Brunnen
$s_{rv}$	$[m]$	reduzierte Grundwasserabsenkung, umgerechnet auf vollkommenen Brunnen
$s_v$	$[m]$	Grundwasserabsenkung, umgerechnet auf vollkommenen Brunnen



$\Delta s$	[m]	Korrektur von $s$ infolge Unvollkommenheit ( $s_v = s - \Delta s$ )
$\Delta s_r$	[m]	Korrektur von $s_r$ infolge Unvollkommenheit ( $s_{rv} = s_r - \Delta s_r$ )
$T$	[m <sup>2</sup> · s <sup>-1</sup> ]	Profildurchlässigkeit (Transmissibilität)
$t$	[s]	Zeit seit Beginn des Pumpversuches
$x$	[-]	Hilfsvariable
$z$	[m]	Tiefenlage der Filtermitte des Grundwasserbeobachtungsrohres, bezogen auf die Deckschicht bzw. auf die freie Grundwasseroberfläche
$\sigma$	[-]	Argument der Brunnenfunktion
$\alpha_t$	[m]	Richtungskoeffizient - zeitlicher Absenkungsverlauf
$\alpha_r$	[m]	Richtungskoeffizient - räumlicher Absenkungstrichter
$\alpha_x$	[m]	Richtungskoeffizient - bezogen auf Hilfsvariable $x$
$\delta$	[-]	Korrekturfunktion in der Absenkungsgleichung (siehe Tabelle 1)

Hinweise

TGL 23 864	Hydrogeologie; Pumpversuche
Blatt 1	Vorbereitung, Aufbau und Kontrolle der Versuchsanlage
Blatt 2	Durchführung, Felddokumentation, Qualitätsbewertung
Blatt 4	geohydraulische Auswertung - konstante Förderleistung
Blatt 5	geohydraulische Auswertung - variable Förderleistung
Blatt 6	geohydraulische Auswertung - zusätzliche Speisung
Blatt 7	geohydraulische Auswertung - äußere Randbedingungen

WAPRO 1.42 Bemessungsgrundlagen für Brunnen von Grundwassergewinnungsanlagen (Werkstandard VEB Projektierung Wasserwirtschaft)

Folgende Standards werden noch erarbeitet:

Hydrogeologie; Pumpversuche

- Auswahl des Berechnungsschemas
- geohydraulische Auswertung - Sonderfälle