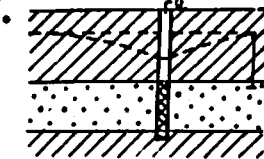
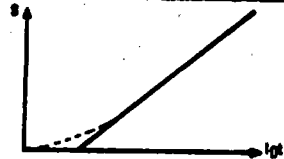
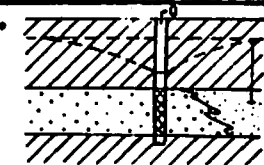
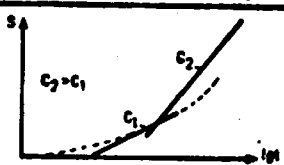
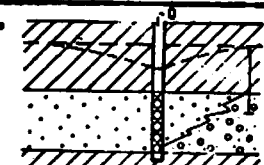
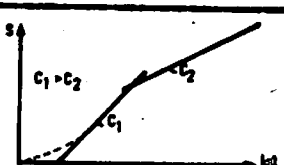
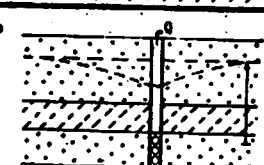
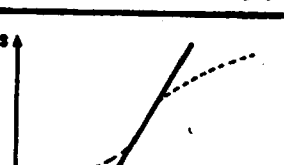
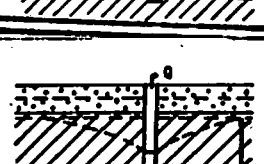
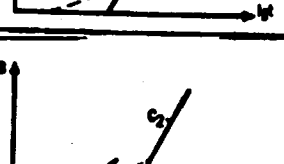
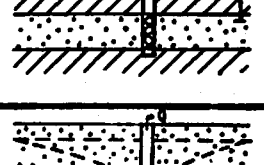
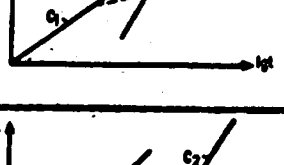
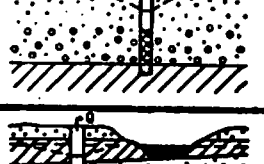
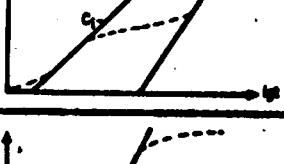


05.06.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

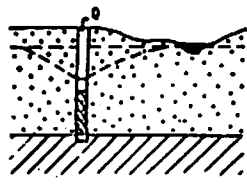
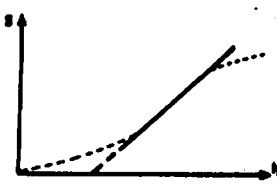
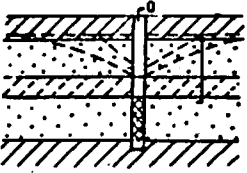
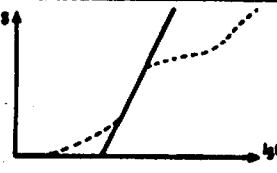
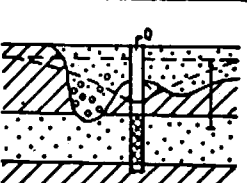
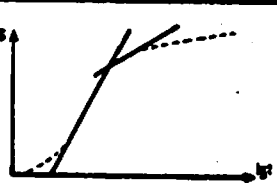
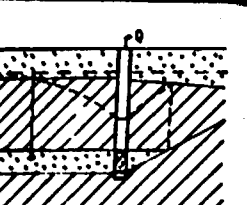
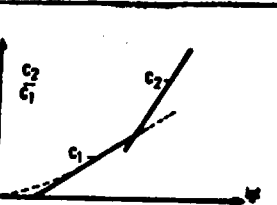
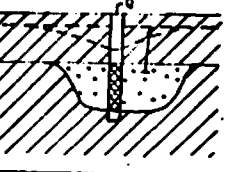
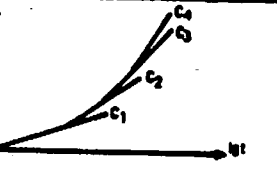
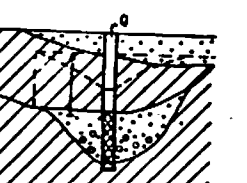

Tabelle 05.06./1: Diagnostizierung von Pumpversuchen (DABROWSKI/PRZYBYLEK, 1980)

lfd. Nr. Hydrogeologisches Schema	Diagramm $s = f(\lg t)$	Hydrogeologische Interpretationen
<p>1.</p> 		<p>Diagramm $s = f(\lg t)$ wird nach Ablauf einer gewissen Zeit geradlinig und während der ganzen Förderzeit bleibt gleiche Neigung gegenüber der Achse $\lg t$ wasserführende Schicht mit dichten Wasserstauern im Hangenden und Liegenden sowie entfernten Beschickungsgrenzen (∞ ausgedehnt).</p>
<p>2.</p> 		<p>Diagramm $s = f(\lg t)$ weist zwei geradlinige Abschnitte auf, von denen der zweite eine etwas größere Neigung hat: Verschlechterung der Leitfähigkeit des durch Förderung beeinflussten Gebietes im Verhältnis zum Erfassungsbereich.</p>
<p>3.</p> 		<p>Diagramm $s = f(\lg t)$ besteht aus zwei geradlinigen Abschnitten, von denen der zweite eine geringere Neigung als der erste aufweist: Widerspiegelung des Anstieges der Leitfähigkeit in weiteren Gebiet, das durch die Zone des Förderinflusses gegenüber dem PV-Standort erfasst ist.</p>
<p>4.</p> 		<p>Diagramm $s = f(\lg t)$ hat die Form wie auf der Abbildung angegeben. Förderung wird in Schicht mit gespanntem Wasserspiegel durchgeführt und Wasser sickert aus darüberliegender Speisungsschicht durch, wobei in der Speisungsschicht keine Senkung des Niveaus eintritt ($H = \text{const.}$). Vor Beginn der Berechnungen ist zu prüfen, ob keine Beschickungswurisse in der Nähe vorhanden sind.</p>
<p>5.</p> 		<p>Das Diagramm spiegelt ein kompliziertes wasserführendes System der wasserführenden und untersuchten Schicht sowie der schwach durchlässigen Schicht mit beträchtlichem Wasservolumen wider. In der ersten Etappe verlangsamt sich die Senkung des Wasseranteils aus der der schwach durchlässigen Schicht, und dies kann zu einer Pseudostabilisierung führen (Neigung C_1). In der Endphase der Förderarbeiten verhält sich das System wie eine Einheit, und die Entfaltung des Trichters erfolgt wie in der freien und unbegrenzten Schicht.</p>
<p>6.</p> 		<p>Das Diagramm spiegelt das typische Verhalten der freien und unbegrenzten sowie heterogenen Schicht wider. Die Interpretation der Parameter ist nach dem Berechnungsschema von BOULTON vorzunehmen. Orientierungswerte sind aus der logarithmischen Annäherung zu erhalten.</p>
<p>7.</p> 		<p>Dieses Diagramm ist dem in Schema 8 dargestellten ähnlich. Die Filterparameter kann man nach den Formeln für die nichtstationäre oder stationäre Filterströmung berechnen.</p>

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

05.06.

Fortsetzung Tabelle 05.06./1

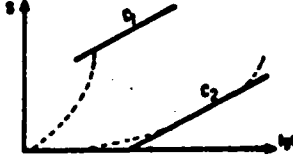
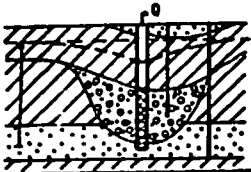
lfd. Nr.	Hydrogeologisches Schema	Diagramm $s = f(\lg t)$	Hydrogeologische Interpretationen
8.			Wenn der Versuchsbrunnen in der Nähe des Flusses angeordnet ist, so verflacht das Diagramm nach einer gewissen Förderzeit und verläuft parallel zur Achse $\lg t$. Allgemein kommt diese Erscheinung eher vor, wenn eine hydraulische Stützung des Niveaus unter Druck stattfindet. Die Berechnung der Parameter ist nach den allgemeinen Filterformeln für die nichtstationäre Filterung unter Berücksichtigung des Einflusses der Grenze bzw. nach den Formeln für stationäre Filterung vorzunehmen.
9.			Das Diagramm $s = f(\lg t)$ hat die dargestellte Form dann, wenn die Förderung in einer Schicht mit gespanntem Wasserspiegel vorgenommen wird, in die das Wasser aus der darüberliegenden Schicht (Beschickungsschicht) durchsickert und infolge dieser Erscheinung die Senkung des Niveaus dieser Schicht ($H = f(t)$) eintritt. Interpretation nach der Methode von Boulton; Orientierungswerte nach Theiss/Jacob
10.			Die erste Steigung spiegelt die Entwicklung des Trichters in der regionalen wasserführenden Filterzone wider. Die Steigung C_1 kennzeichnet die hydraulische Stützung in der Zone des ausgedehnten hydrogeologischen Fensters.
11.			Wenn das Diagramm $s = f(\lg t)$ zwei Abschnitte (geradlinige Abschnitte) hat und der zweite Abschnitt eine etwas steilere Steigung als der erste Abschnitt aufweist, so ist dies ein Signal für das Auftreten der seitlichen unzureichenden Grenze in der nächsten Kohärenzschicht. Es ist hierbei darauf zu achten, daß, sofern der Verlauf der Schichtgrenze nicht geradlinig ist, sich das Verhältnis der Steigungen von C_2 zu C_1 beträchtlich unterscheiden kann, so daß dann eingehend zu untersuchen ist, ob man es mit dem Schema 2 oder 11 zu tun hat.
12.			Das Diagramm spiegelt die Senkung des Wasserspiegels in der schmalen hydrogeologischen Streifenstruktur wider. Die Steigung C_1 spiegelt die Entwicklung des Trichters innerhalb der wasserführenden Schicht bis zu den Grenzen wider. Folgende Steigungen C_2 bis C_4 - Einfluß der seitlichen Grenzen. Die letzte Steigung enthält die Mithlung des Einflusses der unzureichenden und die Struktur spezieller Grenzen.
13.			Wenn das Diagramm $s = f(\lg t)$ die der Parabel angenäherte Form annimmt, so ist dies ein Signal dafür, daß die untersuchte Schicht durch Konturen unzureichenden Gesteins bzw. ganz schwach durchlässigen Gesteins umgeben ist. Danach erfolgt das Erschöpfen der statischen Vorräte in der untersuchten Schicht. Man kann keine Berechnungen anstellen. Das Volumen des Brunnens ist zu verringern, und man kann auf experimentellem Wege Bedingungen des stabilen Durchflusses erreichen.

05.06.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

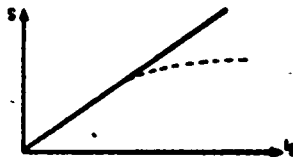
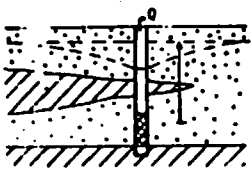
Fortsetzung Tabelle 05.06./1

14.



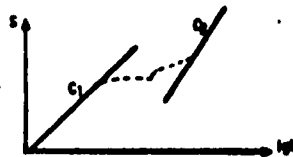
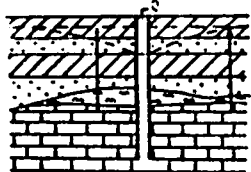
Wenn das Diagramm $s = f(\lg t)$ anfänglich die der Parabel angenäherte Form aufweist und nach gewisser Zeit im Verlaufe der Förderarbeiten die Form einer Geraden mit bestimmter Steigung annimmt, so ist dies für Ablagerungen mit erhöhter Durchlässigkeit in schmalen Erosionseinschnitten im Umkreis bedeutend weniger durchlässiger älterer Ablagerungen kennzeichnend.

15.



Die untersuchte Druckschicht wird in der weiteren Umgebung frei. In Anbetracht der Veränderlichkeit der Filtration erfolgt ein unzeitlicher Zufluss des Wassers, der zur Stabilisierung führt, ähnlich wie bei der Grenze $H = \text{const.}$

16.

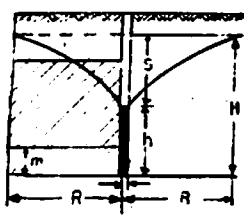
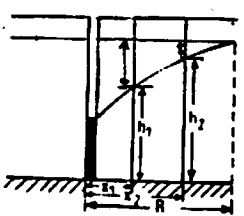
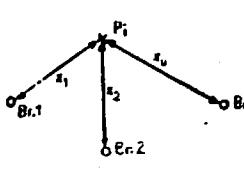
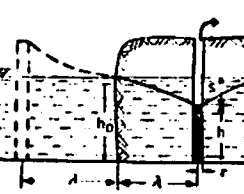


Das Diagramm spiegelt die doppelte Porosität kluftigen Festgesteins wider: des Systems von feinen Erklüftungen in der anfänglichen Phase und des Systems von Fugen oder großen Fugen in der zweiten Phase.
Die Diagramme ähneln den Diagrammen nach Neulien.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

05.06.

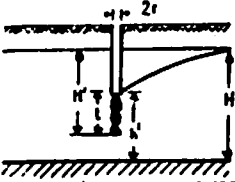
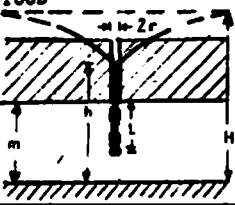
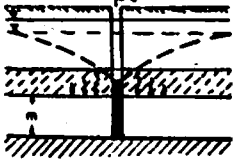
Tabelle 05.06./2: Pumpversuchsauswertung für den stationären Strömungszustand (BAMBERG, 1977)

Autor	Absenkungsgleichung	Bemerkungen
<p>DUPUIT (1863)</p> 	<p>ungespanntes Grundwasser (1)</p> $s = \frac{Q}{2\pi k h_m} \ln(R/r)$ <p style="text-align: center;">mit $h_m = \frac{H+h}{2}$</p> <p>gespanntes Grundwasser (2)</p> $s = \frac{Q}{2\pi k m} \ln(R/r)$	<p>DUPUIT-Annahmen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Strömungssystem im Gleichgewicht (Beharrung) 2. horizontale Geschwindigkeit an vertikal übereinanderliegenden Punkten gleich 3. vertikaler Anteil der Geschwindigkeit vernachlässigbar 4. GÜLTIGKEIT DARCY-Gesetz
<p>THIEM (1903)</p> 	<p>ungespanntes Grundwasser (3)</p> $s_1 - s_2 = \frac{Q}{2\pi k h_m'} \ln(x_2/x_1)$ <p style="text-align: center;">mit $h_m' = \frac{h_1 + h_2}{2}$</p> <p>gespanntes Grundwasser (4)</p> $s_1 - s_2 = \frac{Q}{2\pi k m} \ln(x_2/x_1)$	<ol style="list-style-type: none"> 5. Grundwasser und Grundwasserleiter inkompressibel 6. Grundwasserleiter ist homogen und isotrop 7. konstante Speisung im Abstand R; horizontale undurchlässige Sohle
<p>Autor</p>	<p>Absenkungsgleichung</p>	<p>Bemerkungen</p>
<p>PORCHHEIMER (1930)</p> 	<p>(5)</p> $H^2 - h_1^2 = \frac{\sum Q_n}{\pi k} \left(\ln R - \frac{1}{n} \ln x_1 x_2 \dots x_n \right)$ <p>h_1 - Standrohrspiegelhöhe im betrachteten Punkt P_1 Q_n - Förderstrom der n Brunnen x_n - Abstand des Punktes P_1 von den n Brunnen</p>	<p>Mehrbrunnengleichung in verschiedenen Darstellungsformen bekannt (s. B. PAAVEL, 1947)</p>
<p>PORCHHEIMER</p> 	<p>ungespanntes Grundwasser (6)</p> $s = \frac{Q}{\pi k h_m} (\ln 2\lambda - \ln r)$ <p>gespanntes Grundwasser (7)</p> $s = \frac{Q}{\pi k m} (\ln 2\lambda - \ln r)$	<p>Absenkung neben Gewässern (Superposition durch Annahme eines fiktiven Schluckbrunnens)</p>

05.06.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

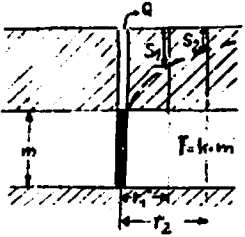
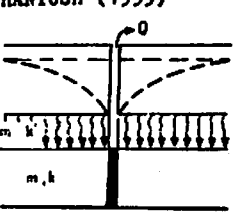
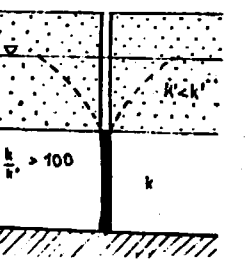
Fortsetzung Tabelle 05.06./2

Autor	Absenkungsgleichung	Bemerkungen
<p>RAEUSCHKIN/GIRINSKI</p> 	<p>(8)</p> $s = \frac{Q}{2\pi k l} \ln(0,66 l/r)$	<p>Auswertung unvollkommener Brunnen (erste Abhängigkeiten wurden von PORCHHEIMER formuliert)</p>
<p>FOOD</p> 	<p>(9)</p> $s = \frac{Q}{2\pi k} \left(\frac{1}{l} \ln \frac{\pi l}{2r} + \frac{Q_0 l}{m} - \frac{1}{m} \ln \frac{R}{2e} \right)$	
<p>DE GLEE (1930)</p> 	<p>(10)</p> $s = \frac{Q}{2\pi k m} K_0(r/B)$	<p>Wasserdurchsickerung durch schwach durchlässige Deckschicht K₀ (r/B) - modifizierte Besselfunktion Analoge Ableitungen durch HANTUSH und JACOB (1955)</p>

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

05.06.

Tabelle 05.06./3: Pumpversuchsauswertung für den instationären Strömungszustand (BAMBERG, 1977)

Autor	Absenkungsgleichung	Bemerkungen
<p>THEIS (1935)</p> 	<p>(11)</p> $s = \frac{Q}{4 \pi T} W(u)$ <p>mit $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$</p> <p>$W(u)$ - Brunnenfunktion (tabelliert) T - Transmissibilität S - Speicherkoeffizient</p>	<p>Gleichung abgeleitet für vollkommenen Brunnen in gespanntem Grundwasserleiter mit unbegrenzter Ausdehnung; Übertragung auf ungespanntes Grundwasser durch Reduzierung der Absenkung nach JACOB (1940)</p> $s_r = s - \frac{s^2}{2 H}$ für $S \leq \frac{r}{H} < 25 S$
<p>COOPER und JACOB (1948)</p>	<p>(12)</p> $s = 0,183 \frac{Q}{T} \lg \frac{2,25 t T}{S r^2}$ <p>Umformung für zeitliche Auswertung (12a)</p> $s_r = 0,183 \frac{Q}{T} \left(\lg \frac{2,25 t T}{S r^2} + \lg t \right)$ <p>räumliche Auswertung (12b)</p> $s_r = 0,183 \frac{Q}{T} \left(\lg \frac{2,25 t T}{S} - \lg r^2 \right)$	<p>Vereinfachte Form der THEIS-Gleichung; gültig für $u = \frac{r^2 S}{4 T t} < 0,1$</p> <p>(ausreichend große Pumpdauer und geringe Größe r)</p>
Autor	Absenkungsgleichung	Bemerkungen
<p>HANTUSH (1955)</p> 	<p>(13)</p> $s = \frac{Q}{4 \pi T} W(u, r/B)$ <p>mit $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$ $B = \sqrt{\frac{T m'}{k'}}$</p> <p>$W(u, r/B)$ - "HANTUSH-Funktion" (tabelliert) B - Speisungsfaktor</p>	<p>Speisung durch schwach durchlässige Schicht unter der Annahme, daß Grundwasserstand in den Schichten, aus denen Speisung erfolgt, durch Absenkungsvorgang unbeeinflusst bleibt</p>
<p>BOULTON (1963)</p> 	<p>(14)</p> $s = \frac{Q}{4 \pi T} W(u_A; u_y; r/B)$ <p>mit $u_A = \frac{r^2 S}{4 T t}$ $u_y = \frac{r^2 S_2}{4 T t}$ $B = \sqrt{\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T}{S_2}}$</p> <p>B - Speisungsfaktor α - Verzögerungskoeffizient (empirisch) S_2 - Speicherkoeffizient für verzögerte Entwässerung</p>	<p>Bedingung der "unbestimmten Filtration" (ungleichmäßige bzw. verzögerte Entwässerung); Reaktion des abgepumpten Grundwasserleiters in drei Phasen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entspannung des gespannten Grundwasserleiters (elastisches Regime); - Durchsickern des Wassers aus hangender Schicht mit zeitweiligem Gleichgewichtszustand (Beharrung durch Speisung); - Reaktion des gesamten wasserführenden Komplexes (Gravitationsfiltration)

05.06.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

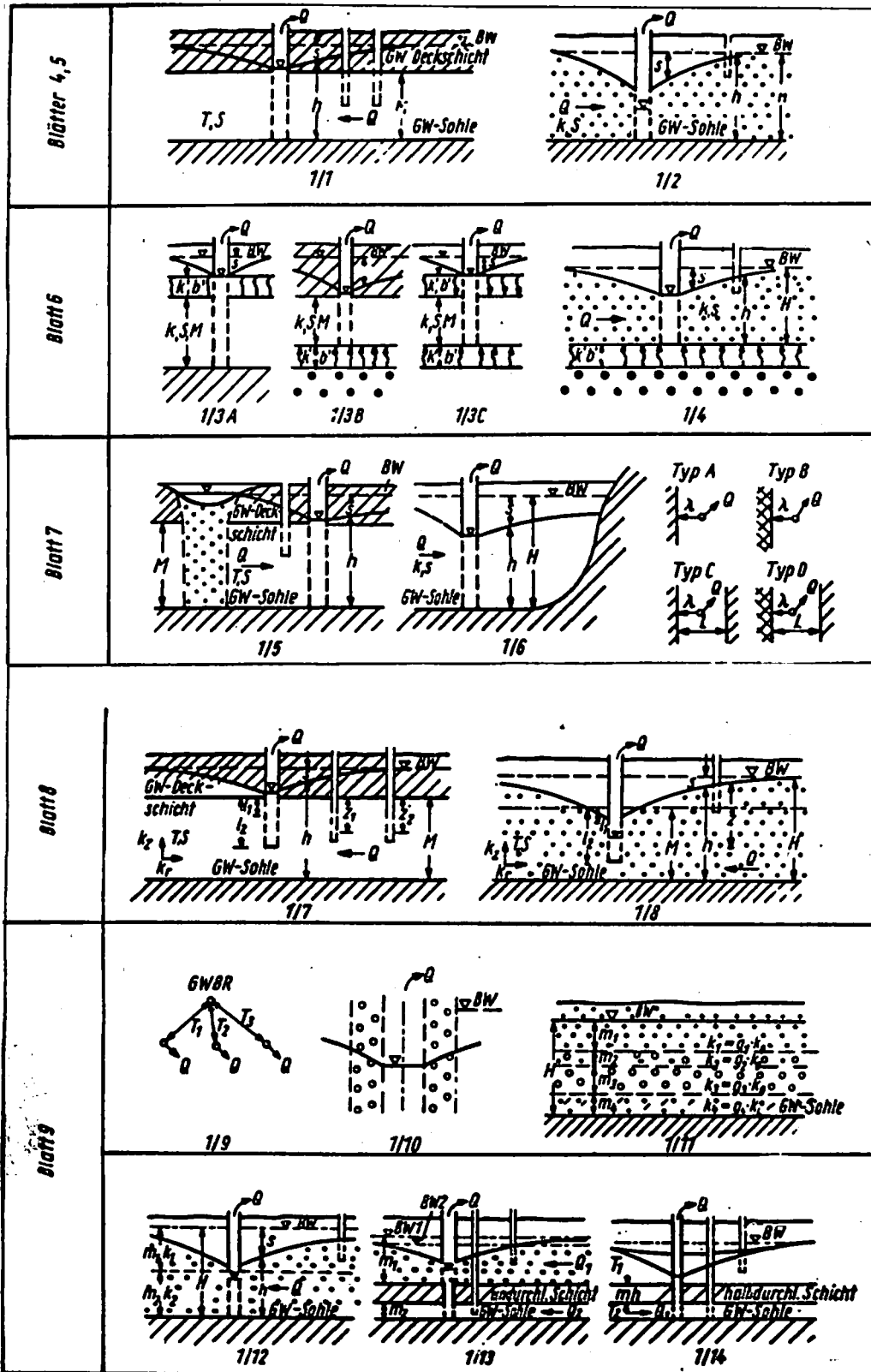


Bild 05.06./1: Pumpversuchsschemata TGL 23 864
(BAMBERG/ESCHNER, 1979)

05.06.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

Tabelle 05.06./5: Einschätzung der Pumpdauer (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	-	-

05.06.

05.00. Grundwasserhydraulik
05.06. Pumpversuchsauswertung

Tabelle 05.06./6: Ausgewählte Standards

Lfd. Nr.	Standard Nr.	Titel	Ausgabe
1	23 864/02	Hydrogeologie; Pumpversuche; Vorbereitung und Durchführung	2/77
2	/03	-; -; geohydraulische Auswertung - Auswahl des Berechnungsschemas	1/77
3	/04	-; -; -; konstante Förderleistung	9/72
4	/05	-; -; -; variable Förderleistung	9/72
5	/06	-; -; -; zusätzliche Speisung	9/72
6	/07	-; -; -; äußere Randbedingungen	4/73
7	/08	-; -; -; unvollkommener Brunnen	4/73
8	/09	-; -; -; Sonderfälle	1/74
9	/10	-; -; Demonstrativpumpversuch quantitativ	2/78