



Physikalisch-Technische Bundesanstalt

DECKBLATT

EU 134	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K		-	HG	RB	0031	00

Titel der Unterlage:
 Hydraulische Höhe, Fließgeschwindigkeiten und Fließzeiten in einem Grundwasserleiter, der von einer schlechter durchlässigen Schicht überlagert wird, Archiv-Nr.: 98.470

Seite:
I.

Stand:
September 1985

Ersteller:
BGR

Textnummer:

Stempelfeld:

PSP-Element TP....9K/2122423

zu Plan-Kapitel: 3.1.10.4

	PL 02.06.87	PL 02.06.87

Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt der Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Befreiung von der Informationspflicht und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

Revisionsblatt



EU 134	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K		-	HG	RB	0031	00

Titel der Unterlage:
 Hydraulische Höhe, Fließgeschwindigkeiten und Fließzeiten in einem Grundwasserleiter, der von einer schlechter durchlässigen Schicht überlagert wird, Archiv-Nr.: 98.470

Seite:
 II.

Stand:
 September 1985

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UNDS ROHSTOFFE
HANNOVER

Hydraulische Höhe, Fließgeschwindigkeiten und Fließzeiten
in einem Grundwasserleiter, der von einer schlechter
durchlässigen Schicht überlagert wird

- Einige analytische Lösungen
der hierfür maßgeblichen Differentialgleichung -

Sachbearbeiter:



Datum: September 1985

Archiv-Nr.: 98.470

Tagebuch-Nr.: 11.770/85

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite:</u>
1. Einleitung	2
2. Hydrogeologische Situation	3
3. Herleitung der Differentialgleichung	5
4. Hydraulische Höhen, Fließgeschwindigkeiten, Fließzeiten und Durchflussmengen bei verschiedenen Randbedingungen	8
5. Beispiel für die unter 4. entwickelten analytischen Lösungen	15

Anlage 1: FORTRAN-Programm

Anlage 2: Ein- und Ausgabedaten für das Beispiel in Kapitel 5

Anlage 3: Bedienungsanleitung für das Programm aus Anlage 1

1. Einleitung

Im vorliegenden Bericht werden analytische Lösungen für die hydraulische Höhe (Standrohrspiegelhöhe) in einem Grundwassersystem entwickelt, bei dem ein Grundwasserleiter von einer wesentlich schlechter durchlässigen Schicht einheitlicher Mächtigkeit überlagert wird.

Nach Schilderung der hydrogeologischen Situation, aus der ein solcher idealisierter Fall abgeleitet werden kann, wird die zugehörige Differentialgleichung hergeleitet. Für verschiedenen Randbedingungen ergeben sich daraus Lösungen für die hydraulische Höhe und die Fließgeschwindigkeiten sowie abgeleitet aus diesen Gleichungen für die Fließzeiten und die Durchflussmengen.

Ein Fallbeispiel schließlich gibt für eine spezielle, vorgegebene Situation einen Einblick in die Auswirkungen verschiedener Randbedingungen auf hydraulische Höhen und Fließzeiten.

Das für die Berechnung der Daten verwendete FORTRAN-Programm ist in Anlage 1 enthalten. Anlage 2 enthält die mit Hilfe dieses Programms berechneten Daten für das Fallbeispiel. Anlage 3 ist eine Bedienungsanleitung zur Benutzung des Programms in einer Ausführung bezogen auf die VAX der BGR.

2. Hydrogeologische Situation

In NW-Deutschland wird die regionale Grundwasserströmung oft durch die Abb. 1a skizzierte geologische Situation bestimmt.

Mesozoische Sedimente wurden durch die Salztektunik steilgestellt und bilden heute Höhenzüge. Im Kern der Höhenzüge treten durchlässige Sedimente zutage, die Niederschlag leicht aufnehmen. Dort steht der Grundwasserspiegel im allgemeinen über der Oberfläche des umliegenden Flachlandes, wenn die gut durchlässigen Sedimente im Kern der Höhenzüge von schwer durchlässigen seitlich abgedeckt werden.

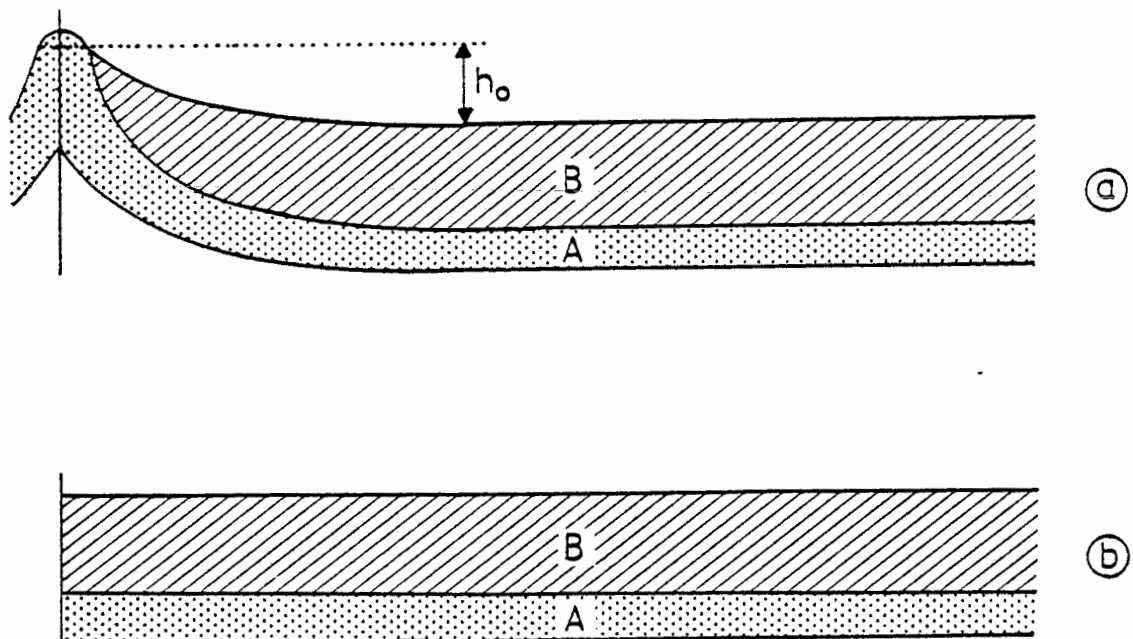


Abb. 1: Skizze der hydrogeologischen Ausgangssituation (Abb. 1a) sowie ihrer Umsetzung in ein Modell (Abb. 1b)

Schicht A: Grundwasserleiter Schicht B: Grundwasserhemmer
 h_0 : Differenz des Grundwasserstandes zwischen der Hochlage und der Niederung

Der hohe Grundwasserstand in den Hochlagen sorgt für einen langfristig gleichmäßigen Grundwasserabstrom zur Ebene hin. Grundwasserergänzung durch Niederschlag, Abstrom und Grundwasseraustritt in der Ebene stehen im Gleichgewicht. Die Neubildungsrate sowie die Durchlässigkeiten der Sedimente und deren Anordnung bestimmen Höhe und Verteilung der Grundwasserbewegung. Sie soll zur groben Orientierung für einfache Fälle im folgenden berechnet werden.

Die skizzierte geologische Situation in Abb. 1a wird dazu in ein Modell (Abb. 1b) umgewandelt. Am linken Rand wird im Grundwasserleiter eine hydraulische Höhe h_0 als Randbedingung festgesetzt, die der Höhendifferenz zwischen Grundwasserspiegel im Kern des Sattels und der Höhe des umliegenden Flachlandes entspricht. An der horizontalen Oberfläche des Modellkörpers in Abb. 1b ist dann die hydraulische Höhe $h = 0$ einzusetzen (Bezugsniveau). Die Sohlschicht unter dem Grundwasserleiter soll undurchlässig sein (z. B. Zechsteinsalinar). Der linke Rand in Abb. 1b darf als Wasserscheide angenommen werden, wenn der Höhenzug symmetrisch gebaut ist.

Lediglich für den rechten Rand des Systems in Abb. 1b sollen Fallunterscheidungen zugelassen sein:

1. In einer gewissen Entfernung vom Höhenzug soll im überdeckten Grundwasserleiter die hydraulische Höhe h gleich Null sein (z. B. durch Messung in einer Bohrung nachgewiesen).
2. In einer gewissen Entfernung vom Höhenzug ist eine undurchlässige vertikale Grenze anzunehmen (z. B. ein dem Höhenzug parallel laufender Salzstock).
3. Das Flachland dehnt sich sehr weit aus und der Überdruck im Grundwasserleiter soll theoretisch erst in unendlicher Entfernung den Wert Null erreichen.

Für diese angegebenen Fälle lassen sich die hydraulischen Höhen und Grundwasserströmungen berechnen.

3. Herleitung der Differentialgleichung

Die folgenden analytischen Lösungen beziehen sich also auf eine Modellsituation, bei der ein quaderförmiger Grundwasserleiter von einer wesentlich schlechter durchlässigen Schicht überlagert wird (Abb. 2). Bei der Herleitung der Differentialgleichung werden als Voraussetzungen benutzt:

- Der Grundwasserabstrom im GW-Leiter ist horizontal, in der schlechter durchlässigen überlagernden Schicht vertikal. Dies ist bei starkem Durchlässigkeitskontrasten zwischen beiden Schichten erfüllt.
- Die Dichte des Grundwassers ist konstant.
- Der Grundwasserabstrom verläuft gänzlich in der Profilebene.

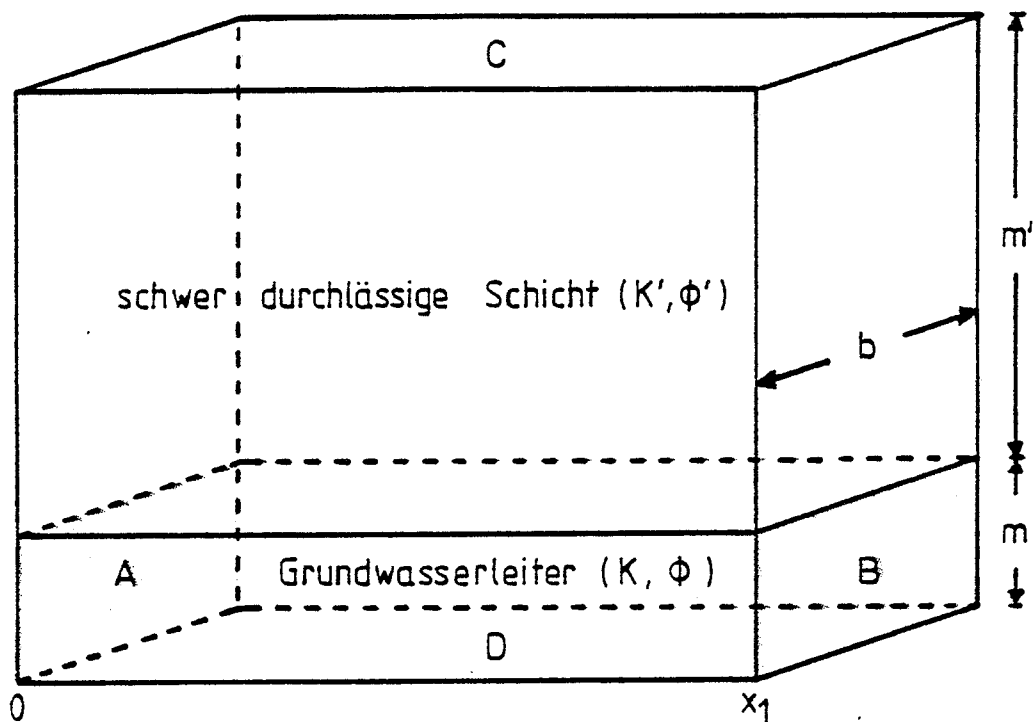


Abb. 2: Modell für die hydrogeologische Ausgangssituation
(Angaben zu den Größen siehe Text)

Vorgegeben ist im Grundwasserleiter an der linken Fläche A (bei $x = 0$) eine konstante hydraulische Höhe. An der rechten Austrittsfläche im Grundwasserleiter B ($x = x_1$) ist

- a) die hydraulische Höhe vorgegeben mit $h(x_1) = 0$ oder
- b) der Durchfluß gleich Null d.h. $\frac{dh}{dx} = 0$ oder
- c) die hydraulische Höhe sehr weit entfernt gleich Null (d. h. $\lim_{x \rightarrow \infty} h(x) = 0$).

An der Deckfläche der überlagernden Schicht C ist in allen Fällen die hydraulische Höhe gleich Null. Die Sohlschicht D ist undurchlässig.

Es bezeichnen im weiteren Verlauf:

m	Mächtigkeit des Grundwasserleiters (GW-Leiter)	(m)
m'	Mächtigkeit der überlagernden Schicht	(m)
K	Durchlässigkeit des GW-Leiters	(m/s)
K'	Durchlässigkeit des GW-Hemmers	(m/s)
ϕ	effektive Porosität im GW-Leiter	(m ³ /m ³)
ϕ'	effektive Porosität im GW-Hemmer	(m ³ /m ³)
h	hydraulische Höhe	(m WS)
q	Filtergeschwindigkeit	(m ³ /m ² s)
V	Abstandsgeschwindigkeit	(m/s)
Q	Durchfluß	(m ³ /s)
b	Breite des GW-Leiters bzw. GW-Hemmers	(m)

Für den Durchfluß Q im GW-Leiter gilt (mit $q = -K \frac{dh}{dx}$)

$$Q = q \cdot m \cdot b = -m \cdot b \cdot K \cdot \frac{dh}{dx} \quad (1)$$

Für den Durchfluß Q_z im GW-Hemmer gilt bezogen auf ein Raumelement mit der Länge Δx (siehe Abb. 3):

$$Q_z = \Delta x \cdot b \cdot q_z$$

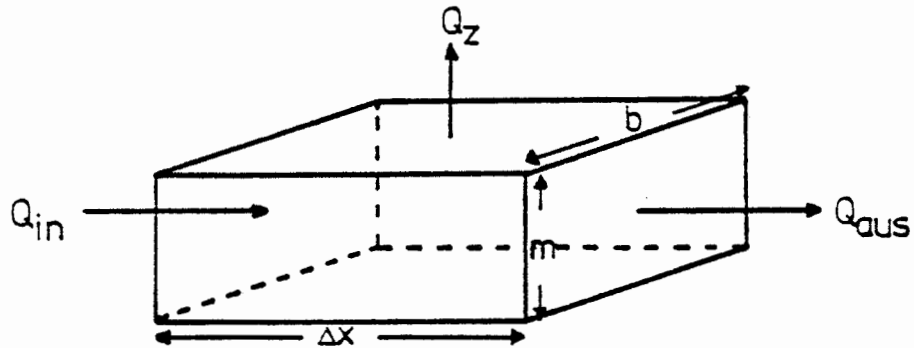


Abb. 3: Grundwasserumsatz für ein Raumelement im Grundwasserleiter

$$\text{Nun ist } q_z(x) = -K' \frac{\partial h}{\partial z} = -K' \frac{h(\text{GW-Leiter}) - h(\text{Deckfläche})}{m'} = -\frac{K'}{m'} \cdot h(x)$$

Daraus ergibt sich:

$$Q_z = -\Delta x \cdot b \cdot \frac{K'}{m'} \cdot h$$

Aus der Bilanz für ein Raumelement (Abb. 3) folgt wegen

$$Q_{in} - Q_{aus} = Q_z :$$

$$\frac{dQ}{dx} = -b \frac{K'}{m'} h \quad (2)$$

Da andererseits (Gleichung (1) abgeleitet nach x)

$$\frac{dQ}{dx} = -m \cdot b \cdot K \cdot \frac{d^2 h}{dx^2}$$

ist, ergibt sich daraus (mit (2)):

$$- m \cdot b \cdot K \cdot \frac{d^2 h}{dx^2} = - b \frac{K'}{m'} h$$

Daraus folgt mit $L^2 = \frac{K}{K'} m m'$:

$$L^2 h''(x) = h(x)^{+)}$$

Die allgemeine Lösung dieser Differentialgleichung lautet:

$$h(x) = a e^{\frac{x}{L}} + b e^{-\frac{x}{L}} \quad (3)$$

4. Hydraulische Höhen, Fließgeschwindigkeiten, Fließzeiten und Durchflussmengen

4.1 h = 0 am rechten Rand

Seien nun folgende Randbedingungen gegeben:

- 1.) $h = h_0$ für $x = 0$ (linker Rand: hydr. Höhe konstant)
- 2.) $h = 0$ für $x = x_1$ (rechter Rand: hydr. Höhe Null)

Dann folgt als Lösung aus (3)

$$h_1(x) = h_0 \left(\sinh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \sinh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (4)$$

⁺) Benutzung dieses Ansatzes bei zylindersymmetrischen Verhältnissen siehe z. B. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, Krusemann & de Ridder, Wageningen, 1976, S. 69 ff.

Daraus ergeben sich für die Filter- bzw. Abstandsgeschwindigkeit im Grundwasserleiter

$$q_1(x) = -K \frac{dh}{dx} = K \cdot \frac{h_0}{L} (\sinh \frac{x_1}{L})^{-1} \cosh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (5)$$

$$V_1(x) = \frac{q_1(x)}{\phi} = \frac{K}{\phi} \cdot \frac{h_0}{L} (\sinh \frac{x_1}{L})^{-1} \cosh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (6)$$

Für die Fließgeschwindigkeiten in vertikaler Richtung durch den GW-Hemmer folgt (lineare Abnahme von $h(x)$ gegen 0)

$$\begin{aligned} q_1^z(x) &= -K' \frac{dh}{dz} = -K' \frac{h(x) - h(\text{Deckfläche})}{m'} = -\frac{K'}{m'} h(x) \\ &= -\frac{K'}{m'} h_0 (\sinh \frac{x_1}{L})^{-1} \sinh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

bzw.

$$V_1^z(x) = \frac{q_1^z(x)}{\phi'} = -\frac{K'}{\phi' m'} \frac{h_0}{L} (\sinh \frac{x_1}{L})^{-1} \sinh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (8)$$

Diese Geschwindigkeiten sind konstant in z-Richtung.

Aus den Abstandsgeschwindigkeiten lassen sich die Laufzeiten eines Wasserteilchens bestimmen:

Es gilt im GW-Leiter für die Laufzeit bis zum Punkt x :

$$t_1(x) = \int_0^x \frac{1}{V_1(x')} dx' = \frac{L \cdot \phi}{K \cdot h_0} (\sinh \frac{x_1}{L}) \cdot \int_0^x \frac{1}{\cosh \left(\frac{x_1 - x'}{L} \right)} dx'$$

Über Substitution folgt mit $\int_0^x \frac{1}{\cosh y} dy = 2 \operatorname{arctg} e^y$:

$$t_1(x) = \frac{2L^2\phi \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)}{K \cdot h_0} \left(\operatorname{arctg} e^{\frac{x_1}{L}} - \operatorname{arctg} e^{\frac{x_1-x}{L}} \right) \quad (9)$$

Für die Laufzeit in der Deckschicht vom Punkt x zur Deckfläche gilt:

$$t_1^z(x) = \frac{m'}{|V_1^z(x)|} \frac{\phi'(m')^2 \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)}{K' h_0} \left(\sinh \frac{x_1-x}{L}\right)^{-1} \quad (10)$$

Daraus folgt als Formel für die gesamte Laufzeit eines Wasserteilchens von der Eintrittsfläche im GW-Leiter bis zur Deckfläche:

$$\begin{aligned} t_1^g(x) &= t_1^z(x) + t_1(x) = \\ &= \frac{\sinh \frac{x_1}{L}}{h_0} \left[\frac{2\phi L^2}{K} \left(\operatorname{arctg} e^{\frac{x_1}{L}} - \operatorname{arctg} e^{\frac{x_1-x}{L}} \right) + \frac{\phi'(m')^2}{K'} \left(\sinh \frac{x_1-x}{L}\right)^{-1} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

4.2 Kein Durchfluß am rechten Rand

Seien nun die Randbedingungen

- 1.) $h = h_0$ für $x = 0$ (linker Rand: hydr. Höhe konstant)
- 2.) $\frac{dh}{dx} = 0$ für $x = x_1$ (rechter Rand: kein Durchfluß)

Dann ergibt sich als Lösung aus (3)

$$h_2(x) = h_0 \left(\cosh \frac{x_1}{L}\right)^{-1} \cosh \left(\frac{x_1-x}{L}\right) \quad (12)$$

Die entsprechenden Formeln für die Geschwindigkeiten und Fließzeiten lauten dann:

$$q_2(x) = K \frac{h_0}{L} \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \sinh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (13)$$

$$V_2(x) = \frac{K}{\phi} \frac{h_0}{L} \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \sinh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (14)$$

$$q_2^Z(x) = -K' \frac{h_0}{m'} \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \cosh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (15)$$

$$V_2^Z(x) = -\frac{K'}{\phi'} \frac{h_0}{m'} \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \cosh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \quad (16)$$

Wegen $\int \frac{1}{\sinh y} dy = \ln \tanh \frac{y}{2}$ folgt daraus:

$$t_2(x) = \frac{L^2 \phi \cosh \frac{x_1}{L}}{K \cdot h_0} \left(\ln \tanh \frac{x_1}{2L} - \ln \tanh \frac{x_1 - x}{2L} \right) \quad (17)$$

$$t_2^Z(x) = \frac{\phi' (m')^2 \cdot \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)}{K' \cdot h_0} \left(\cosh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \right)^{-1} \quad (18)$$

$$t_2^g(x) = \frac{\cosh \frac{x_1}{L}}{h_0} \left[\frac{\phi L^2}{K} \left(\ln \tanh \frac{x_1}{2L} - \ln \tanh \frac{x_1 - x}{2L} \right) + \frac{\phi' (m')^2}{K'} \left(\cosh \left(\frac{x_1 - x}{L} \right) \right)^{-1} \right] \quad (19)$$

4.3 h = 0 im Unendlichen

Gegeben sind als Randbedingungen im dritten Fall

- 1.) $h = h_0$ für $x = 0$ (linker Rand: hydr. Höhe konstant)

$$2.) \lim_{x \rightarrow \infty} h(x) = 0 \quad (\text{hydr. Höhe geht im Unendlichen gegen Null})$$

Dann ergibt sich als Lösung aus (3)

$$h_3(x) = h_0 e^{-\frac{x}{L}} \quad (20)$$

Daraus lassen sich Formeln für die Geschwindigkeiten und Fließzeiten berechnen:

$$q_3(x) = K \frac{h_0}{L} e^{-\frac{x}{L}} \quad (21)$$

$$V_3(x) = \frac{K}{\phi} \frac{h_0}{L} e^{-\frac{x}{L}} \quad (22)$$

$$q_3^Z(x) = -K' \frac{h_0}{m'} e^{-\frac{x}{L}} \quad (23)$$

$$V_3^Z(x) = -\frac{K'}{\phi'} \frac{h_0}{m'} e^{-\frac{x}{L}} \quad (24)$$

$$t_3(x) = \frac{L^2 \phi}{K \cdot h_0} (e^{\frac{x}{L}} - 1) \quad (25)$$

$$t_3^Z(x) = \frac{\phi' (m')^2}{K' h_0} e^{\frac{x}{L}} \quad (26)$$

$$t_3^g(x) = \frac{1}{h_0} \left[\frac{\phi L^2}{K} (e^{\frac{x}{L}} - 1) + \frac{\phi' (m')^2}{K'} e^{\frac{x}{L}} \right] \quad (27)$$

4.4 Durchflußmengen

Aus den unter 4.1, 4.2, 4.3, berechneten Filtergeschwindigkeiten lassen sich ebenfalls die Durchflüsse berechnen.

Dabei ergibt sich im Falle von Randbedingung (4.1) unter Verwendung der Gleichung (5) als einfließende Wassermenge in den Grundwasserleiter bei $x = 0$:

$$Q(\text{in}) = q_1(0) \cdot m \cdot b = m \cdot b \cdot K \cdot \frac{h_0}{L} \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)^{-1} \cdot \cosh\left(\frac{x_1}{L}\right) \quad (28)$$

und für die ausströmende Wassermenge aus dem Grundwasserleiter bei $x = x_1$:

$$Q(\text{aus}) = q_1(x_1) \cdot m \cdot b = m \cdot b \cdot K \frac{h_0}{L} \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)^{-1} \quad (29)$$

Für die ausströmende Menge Q_z in die schwerer durchlässige Schicht zwischen zwei x -Werten x_2, x_3 mit $0 \leq x_2 < x_3 \leq x_1$ folgt mit Gleichung (7):

$$\begin{aligned} Q_z(x_2, x_3) &= b \cdot \int_{x_2}^{x_3} q_1^z(x') dx' \\ &= - b \int_{x_2}^{x_3} \frac{K'}{m'} h_0 \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)^{-1} \sinh \left(\frac{x_1-x'}{L}\right) dx' \\ &= - b \frac{K'}{m'} h_0 \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)^{-1} \int_{x_2}^{x_3} \sinh \left(\frac{x_1-x'}{L}\right) dx' \\ &= - b \frac{K'}{m'} h_0 \left(\sinh \frac{x_1}{L}\right)^{-1} \cdot L \left[\cosh\left(\frac{x_1-x_2}{L}\right) - \cosh\left(\frac{x_1-x_3}{L}\right) \right] \quad (30) \end{aligned}$$

Für die Randbedingungen (4.2) lauten die entsprechenden Gleichungen bei Verwendung der Gleichungen (13) und (15) :

$$Q(\text{in}) = m \cdot b \cdot K \cdot \frac{h_0}{L} \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \sinh \left(\frac{x_1}{L} \right) \quad (31)$$

$$Q(\text{aus}) = 0 \quad (32)$$

$$Q_z(x_2, x_3) = - b \cdot \frac{K'}{m'} h_0 \left(\cosh \frac{x_1}{L} \right)^{-1} \cdot L \left[\sinh \left(\frac{x_1 - x_2}{L} \right) - \sinh \left(\frac{x_1 - x_3}{L} \right) \right] \quad (33)$$

Und für die Randbedingungen (4.3) schließlich ergeben sich unter Verwendung von Gleichung (21) und (23):

$$Q(\text{in}) = m \cdot b \cdot K \cdot \frac{h_0}{L} \quad (34)$$

$$Q(\text{aus}) = m \cdot b \cdot K \cdot \frac{h_0}{L} \cdot e^{-\frac{x_1}{L}} \quad (35)$$

$$\begin{aligned} Q_z(x_2, x_3) &= - b \int_{x_2}^{x_3} K' \frac{h_0}{m'} e^{-\frac{x_1}{L}} dx' \\ &= - b \cdot K' \frac{h_0}{m'} L \left(e^{-\frac{x_2}{L}} - e^{-\frac{x_3}{L}} \right) \end{aligned} \quad (36)$$

Die (-)Zeichen in den Gleichungen (30), (33) und (36) geben dabei wie bei den Gleichungen (7), (8), (15), (16), (23) und (24) die Richtung des nach oben auströmenden Wassers an.

5. Beispiel für die unter 4. entwickelten analytischen Lösungen

Das folgende Beispiel zeigt die Auswirkung der verschiedenen Randbedingungen auf die hydraulische Höhe im GW-Leiter in Abhängigkeit von verschiedenen Durchlässigkeiten in der überlagernden schwer durchlässigen Schicht. Außerdem vermittelt es einen Eindruck über die Laufzeiten für ein Tracerteilchen vom Startpunkt am linken Rand des GW-Leiters bis zum oberen Rand der überlagernden Schicht bzw. bis zum Austritt aus dem GW-Leiter am rechten Rand (bei Randbedingung 4.1). Die Ein- und Ausgabedaten für die Beispielrechnung sind in Anlage 2 enthalten.

Es wurden dabei verwendet:

- Mächtigkeit des GW-Leiters m	10 m
- Mächtigkeit der überlagernden Schicht m'	100 m
- Durchlässigkeit des GW-Leiters K	10^{-5} m/s
- Durchlässigkeit des GW-Hemmers K'	$10^{-8}, 10^{-9}, 10^{-10}, 10^{-11}$ m/s
- effektive Porosität im GW-Leiter ϕ	0,1 m ³ /m ³
- effektive Porosität im GW-Hemmer ϕ'	0,1 m ³ /m ³
- hydraulische Höhe am linken Rand h_0	10 m WS
- Länge des betrachteten Systems Δx	10^4 m
- Breite des betrachteten Systems b	1 m

Es zeigt sich (Abb. 4a - c), daß bei geringen Durchlässigkeitskontrasten ($K = 10^{-5}$ m/s, $K' = 10^{-8}$ m/s) der Abfall der hydraulischen Höhe fast unabhängig von der Randbedingung am rechten Rand erfolgt. Dieser Abfall erfolgt relativ rasch auf den ersten Kilometern mit sehr steiler negativer Steigung direkt beim linken Rand. Diese Situation wirkt sich entsprechend stark auf die Berechnung der Laufzeiten aus (Abb. 5). Der größte Teil des Tracermaterials erreicht sehr schnell die Oberfläche (Laufzeiten bei 300 bis 3000 a). Die mengenmäßig geringen Bewegungen am rechten Rand verlaufen äußerst langsam mit Laufzeiten bis zu mehr als 10^6 a. Auch die Laufzeit vom linken zum rechten Rand (Randbedingung 4.1) beträgt schon $6 \cdot 10^5$ a.

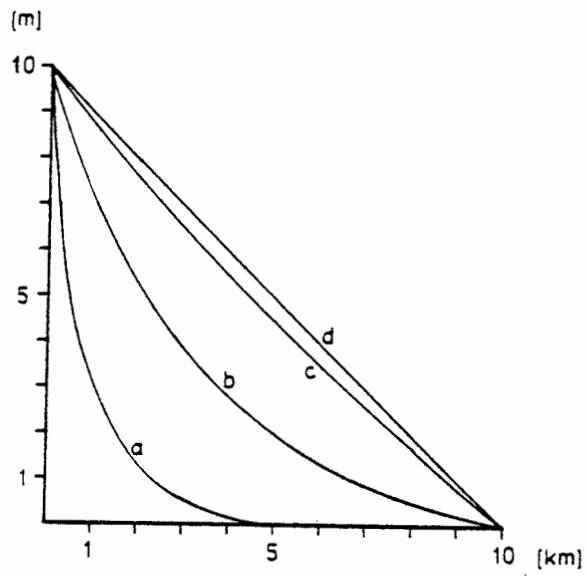


Abb. 4a: Randbedingung 4.1

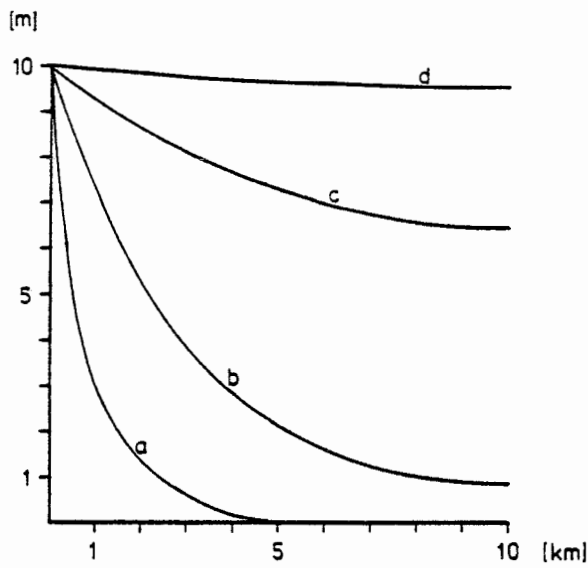


Abb. 4b: Randbedingung 4.2

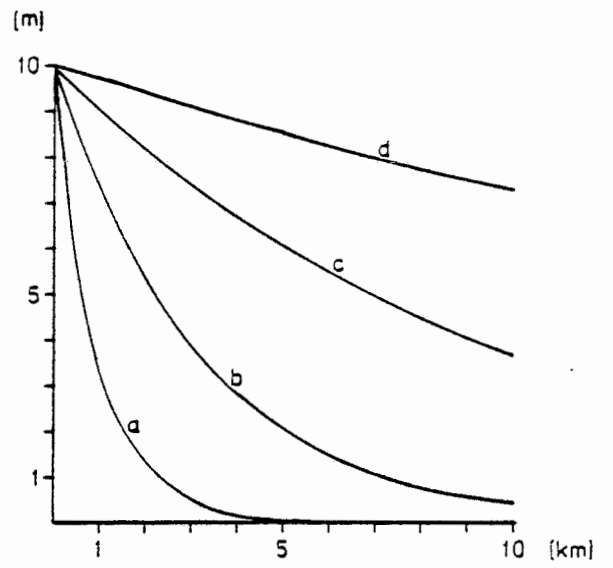


Abb. 4c: Randbedingung 4.3

Abb. 4a - c: Hydraulische Höhe in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitskontrast zwischen Grundwasserleiter und überlagernder schwer durchlässiger Schicht

a) $K/K' = 10^3$

b) $K/K' = 10^4$

c) $K/K' = 10^5$

d) $K/K' = 10^6$

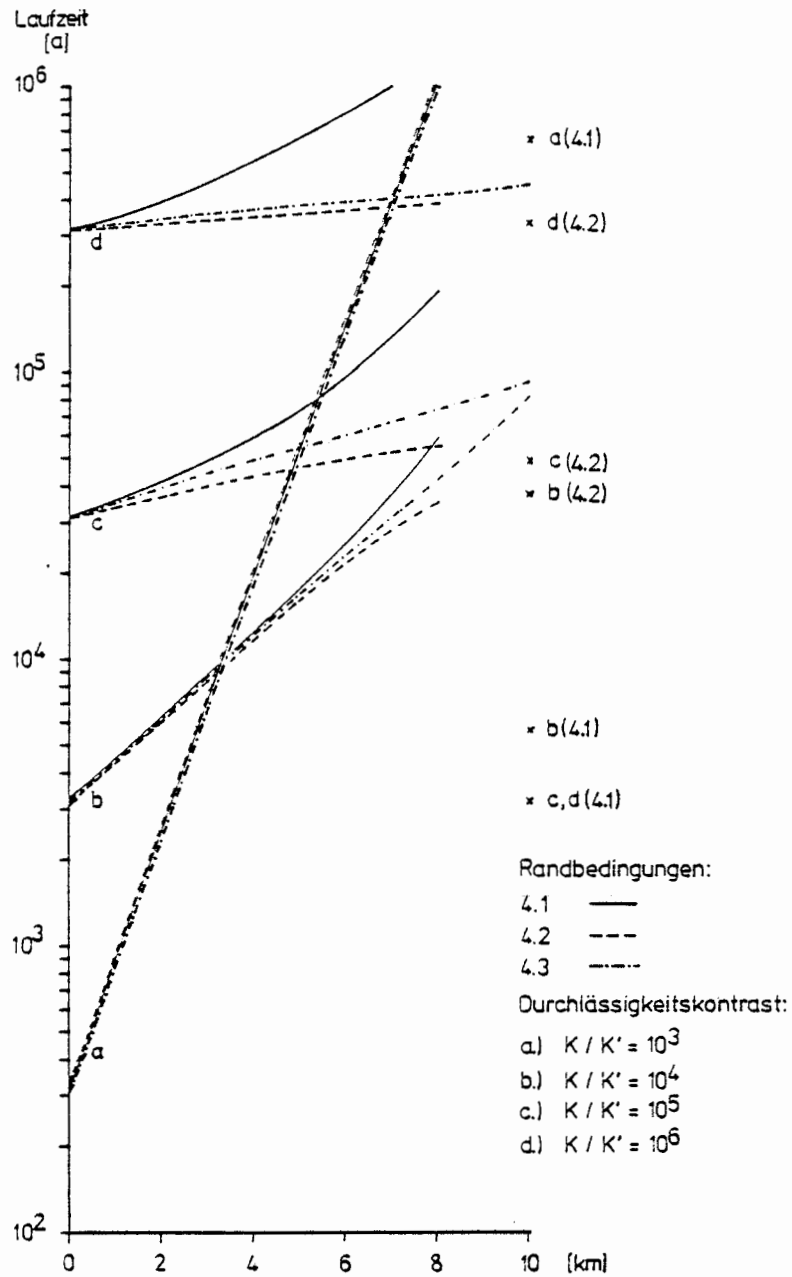


Abb. 5: Laufzeiten von der Eintrittsfläche in den Grundwasserleiter bis zur Deckfläche der überlagernden Schicht.

Bei $x = 10$ km ist entweder die Kurve angegeben (4.3) oder ein x für die Laufzeit bis zum Ende des GW-Leiters (4.1) oder für den Weg nur durch die schwer durchlässige Deckschicht (4.2) mit Angabe des Durchlässigkeitskontrastes. Für a (4.1, 4.2, 4.3) und d (4.1) wird die Laufzeit größer als 10^6 a.

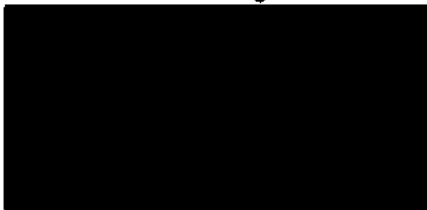
Mit zunehmendem Durchlässigkeitskontrast nehmen die Auswirkungen der verschiedenen Randbedingungen zu. Für Randbedingung 4.1 nähert sich die hydraulische Höhe im GW-Leiter einem linearen Verlauf zwischen $h(0) = h_0$ und $h(x_1) = 0$, bei Randbedingung 4.2 einer Geraden mit Steigung 0. Diese Tendenz besteht auch, jedoch wesentlich langsamer bei Randbedingung 4.3.

Für die Laufzeiten bis zur Oberkante der Deckfläche bedeutet dies, daß für die Randbedingung 1a relativ starke Steigerungen der Laufzeit in Abhängigkeit von der Entfernung vom Startpunkt zu beobachten sind, wobei natürlich der Startwert der Laufzeitkurve immer von der Laufzeit bei $x = 0$ vorgegeben wird. Die Laufzeiten für die Randbedingung 4.2 nähern sich mit zunehmendem Durchlässigkeitskontrast allmählich einem konstanten Wert (gegeben durch die Laufzeit durch die überlagernde Schicht). Bei Randbedingung 4.1 ist zu bemerken, daß die Laufzeiten durch den GW-Leiter mit Zunahme des Durchlässigkeitskontrastes stark abnehmen bis zu einer Größe von ca. 3000 a.

Es ergibt sich, daß bei der vorliegenden Situation geringe Laufzeiten - wie zu erwarten - bei geringem Durchlässigkeitskontrast bis zur Oberkante der überlagernden Schicht zu beobachten sind. Bei größeren Unterschieden in den Durchlässigkeiten und der Vorstellung eines weiter ausgedehnten GW-Leiters sind jedoch die Laufzeiten durch den GW-Leiter (Fälle 4.1 + 4.3) wesentlich geringer als durch die überlagernde Schicht, wobei die Menge des nach oben abströmenden Wasser sich bei $K = 10^{-5}$ m/s und $K' = 10^{-11}$ m/s auf weniger als 10 % der einströmenden Wassermenge verringert.

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE
HANNOVER

Im Auftrage:



Sachbearbeiter:



Anlage 1: FORTRAN-Programm

```

PROGRAM AN2SCH
*****
C
C * DAS PROGRAMM AN2SCH BERECHNET HYDRAULISCHE HOEHEN, *
C * FILTER- UND ABSTANDSGESCHWINDIGKEITEN SOWIE TRACER- *
C * LAUFRZEITEN FUER ZWEISCHICHTENPAELLE ( I.B. EIN GRUND- *
C * WASSERLEITER MIT UEBERLAGERNDER SCHLECHT DURCHLAESSIG- *
C * DER SCHICHT). VORAUSGESETZT WIRD DABEI EINE REIN HO- *
C * RIZONTALE BEWEGUNG IN DER UNTEREN UND EINE REIN VER- *
C * TIKALE BEWEGUNG IN DER UEBERLAGERNDEN SCHICHT. *
C * RANDBEDINGUNGEN FUER DIE HYDRAULISCHE HOEHE SIND: *
C * 1) H=H0 AM OBEREN RAND *
C * 2) H=H0 (CONST.) AM LINKEN RAND DER UNTEREN *
C * SCHICHT (EINSTROMBEREICH) *
C * 3A) H=0 (CONST.) BZW. 3B) DH/DX=0 *
C * AM RECHTEN RAND DER UNTEREN SCHICHT *
C * (D.H. AUSSTROM BEI 3A / KEIN AUSSTROM BEI 3B) *
C * 3C) H=0 FUER X GEGEN UNENDLICH *
C * AUTOR : K. SCHELKES, 31.03, 6.85 *
*****
REAL M1,M2,K1,K2,H0
REAL*8 H,DX,VX,Q1,V1,FAO2,FAO3,A1,A2,AT1,AT2,AT,FX,FXZ,TG
REAL*8 X1,FAO1,X2,FAO6,X3,QH1,QH4,QM2
DIMENSION XI(50)
IN=20
INA=21
OPEN (UNIT=IN,FILE='AN2SCHIN.DAT',STATUS='OLD')
OPEN (UNIT=INA,FILE='AN2SCHAU.DAT',STATUS='NEW')
*****
C
C EINLESEN DER PARAMETER
C
C - SPEZIFIKATION DER LOESUNG (I1)
C (L=1: 3A, L=2: 3B, L=3: 3C)
C
C M1 MAECHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT (9E7.0)
C
C M2 MAECHTIGKEIT DER UEBERLAGERNDEN SCHICHT
C
C K1 DURCHLAESSIGKEITSBEIWERK UNTERE SCHICHT
C
C K2 DURCHLAESSIGKEITSBEIWERK OBERE SCHICHT
C
C P1 EFFEKTIVE POROSITAET UNTERE SCHICHT (%)
C
C P2 EFFEKTIVE POROSITAET OBERE SCHICHT (%)
C
C H0 HYDRAULISCHE HOEHE AM LINKEN RAND
C
C L1 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS
C
C B BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS
C
C NP ANZAHL DER ZJ BERECHNENDEN PUNKTE (I2)
C
C XI ABSTAND DER PUNKTE VON X=0 (NP>0) (10E7.0)
C
C X0 ABSTAND EINES STARTWERTES VON X=0 UND (2E7.0)
C
C DELX ABSTAND ZU JEDEM WEITEREN PUNKT (NP=0)
C
C
C BEM.: DIE GROSSEN MUESSEN KONSISTENT SEIN
C IN CGS-SYSTEM
*****
READ (IN,22) L
READ (IN,23) M1,M2,K1,K2,P1,P2,H0,X1,B
READ (IN,24) NP
IF (NP.EQ.0) GOTO 10
READ (IN,25) (XI(I),I=1,NP)
GOTO 12
10 READ (IN,26) X0,DELX
XI(1)=X0
DO 11 I=2,NP
XI(I)=XI(I-1)+DELX
IF (XI(I).LE.X1) NP=I
11 CONTINUE
12 WRITE (INA,40) L,M1,M2,K1,K2,P1,P2,H0,X1,B

```



```

WRITE (INA,42)
WRITE (INA,43)
IF (L.E.L.2) GOTO 100
IF (L.E.L.3) GOTO 110
C
C
C
*****
* RECHNUNG FUER FALL 3A ( -(X1)=0 )
*****
FAC1=SQRT(M1*M2+K1/K2)
FAC2=H0/DSINH(X1/FAC1)
FAC3=2*P1*FAC1**2/K1
FAC4=P2*M2**2/K2
FAC5=K1/FAC1*FAC2
FAC6=K2/M2*FAC2
A1=DEXP(X1/FAC1)
AT1=DATAN(A1)
DO 50 I=1,NP
  X2=(X1-XI(I))/FAC1
  H=FAC2*DSINH(X2)
  QX=FAC5*DCOSH(X2)
  VX=QX/P1
  QZ=FAC6*DSINH(X2)
  VZ=QZ/P2
  A2=DEXP(X2)
  AT2=DATAN(A2)
  AT=AT1-AT2
  TX=FAC3/FAC2*AT
  IF (DSINH(X2).EQ.0.0) GOTO 60
  TZ=FAC4/FAC2/DSINH(X2)
  GOTO 61
50  TZ=1.0E+25
61  TG=TX+TZ
WRITE (INA,30) (XI(I),H,QX,VX,QZ,VZ,TX,TZ,TG)
50  CONTINUE
  QMI=M1*B*FAC5*DCOSH(X1/FAC1)
  QMA=M1*B*FAC5
  WRITE (INA,44) (QMI,QMA)
  WRITE (INA,45)
  IF (XI(1).EQ.0.0) GOTO 80
  NP=NP+1
  DO 31 I=1,NP-1
    XI(NP-I+1)=XI(NP-I)
31  CONTINUE
  XI(1)=0.0
80  IF (XI(NP).EQ.X1) GOTO 92
  NP=NP+1
  XI(NP)=X1
92  X2=B*FAC5*FAC1
  DO 33 I=1,NP-1
    A1=(X1-XI(I))/FAC1
    A2=(X1-XI(I+1))/FAC1
    AT1=DCOSH(A1)
    AT2=DCOSH(A2)
    AT=AT1-AT2
    QMZ=X2*AT
    WRITE (INA,46) (XI(I),XI(I+1),QMZ)
33  CONTINUE
  GOTO 200
C
C
C
*****
* RECHNUNG FUER FALL 3B ( DH/DX=0 )
*****
100 FAC1=SQRT(M1*M2+K1/K2)
    FAC2=H0/DCOSH(X1/FAC1)

```

```

=AC3=P1*FAC1**2/K1
=AC4=P2*42**2/K2
=AC5=K1/FAC1*FAC2
=AC6=K2/M2*FAC2
A1=DTANH(X1/(2+FAC1))
AT1=DLOG(A1)
DO 51 I=1,NP
  X2=(X1-XI(I))/FAC1
  H=FAC2*DCOSH(X2)
  QX=FAC5*DSINH(X2)
  VX=QX/P1
  QZ=FAC6*DCOSH(X2)
  VZ=QZ/P2
  IF (X2.GT.0.0) GOTO 70
  TX=1.0E+25
  GOTO 71
70  A2=DTANH(X2/2)
  AT2=DLOG(A2)
  AT=AT1-AT2
  TX=FAC3/FAC2*AT
71  TZ=FAC4/FAC2/DCOSH(X2)
  TG=TX+TZ
  WRITE (INA,30) (XI(I),H,QX,VX,QZ,VZ,TX,TZ,TG)
51  CONTINUE
  QMI=M1*B*FAC5*DSINH(X1/FAC1)
  QMA=0.0
  WRITE (INA,44) (QMI,QMA)
  WRITE (INA,45)
  IF (XI(1).EQ.0.0) GOTO 35
  NP=NP+1
  DO 36 I=1,NP-1
    XI(NP-I+1)=XI(NP-I)
36  CONTINUE
  XI(1)=0.0
35  IF (XI(NP).EQ.X1) GOTO 37
  NP=NP+1
  XI(NP)=X1
37  X2=B*FAC5*FAC1
  DO 33 I=1,NP-1
    A1=(X1-XI(I))/FAC1
    A2=(X1-XI(I+1))/FAC1
    AT1=DSINH(A1)
    AT2=DSINH(A2)
    AT=AT1-AT2
    QMZ=X2*AT
    WRITE (INA,46) (XI(I),XI(I+1),QMZ)
33  CONTINUE
  GOTO 200
C *****
C * RECHNUNG FUER FALL 30 ( H=0 FUER X GEGEN UNENDLICH ) *
C *****
110 FAC1=SQRT(M1*M2*K1/K2)
FAC2=40
FAC3=P1*FAC1**2/K1
FAC4=P2*42**2/K2
FAC5=K1*FAC2/FAC1
FAC6=K2*FAC2/M2
DO 52 J=1,NP
  X2=XI(J)/FAC1
  IF(X2.GT.0.0) X3=0.0
  X3=-X2
  H=FAC2*DEXP(X3)

```

```

      QX=FA03+DEXP(X3)
      VX=X/P1
      QZ=FA05+DEXP(X3)
      VZ=ZZ/P2
      AT=DEXP(X2)-1.0
      TX=FA03/FA00+AT
      TZ=FA04/FA02+DEXP(X2)
      TG=TX+TZ
      WRITE (INA,33) (XI(I),H, QX,VX,QZ,VZ,TX,TZ,TG)
52  CONTINUE
      QMI=M1*B*FA05
      QMA=M1*B*FA05+DEXP(-X1/FA01)
      WRITE (INA,44) (QMI,QMA)
      WRITE (INA,45)
      IF (XI(1).EQ.0.0) GOTO 90
      NP=NP+1
      DO 91 I=1,NP-1
      XI(NP-I+1)=XI(NP-I)
91  CONTINUE
      XI(1)=0.0
93  IF (XI(NP).EQ.X1) GOTO 92
      NP=NP+1
      XI(NP)=X1
92  X2=B*FA05*FA01
      DO 93 I=1,NP-1
      A1=-XI(I)/FA01
      A2=-XI(I+1)/FA01
      AT1=DEXP(A1)
      AT2=DEXP(A2)
      AT=AT1-AT2
      QMZ=X2+AT
      WRITE (INA,46) (XI(I),XI(I+1),QMZ)
93  CONTINUE
200 STOP
C
22  FORMAT (I1)
23  FORMAT (PE7.0)
24  FORMAT (I2)
25  FORMAT ((10E7.0))
26  FORMAT (ZE7.0)
30  FORMAT (1X,2(E9.3,2X))
40  FORMAT (1X,'PROGRAMM ANZSCH'///1X,'EINGABEDATEN  :'//)
41  FORMAT (
11X,'ART DER VERWENDETEN LOESUNG           :',E9.3/
21X,'MAECHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT     :',E9.3/
31X,'MAECHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT      :',E9.3/
41X,'DURCHLAESSIGKEITSBEEIVERT UNTERE SCHICHT:',E9.3/
51X,'DURCHLAESSIGKEITSBEEIVERT OBERE SCHICHT :',E9.3/
61X,'EFFEKTIVE POROSITAET UNTERE SCHICHT  :',E9.3/
71X,'EFFEKTIVE POROSITAET OBERE SCHICHT   :',E9.3/
81X,'VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOEHE      :',E9.3/
91X,'LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS     :',E9.3/
*1X,'BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS     :',E9.3/)
42  FORMAT (///1X,'ERGEBNIS DER BERECHNUNG  :'//)
43  FORMAT (1X,' ABSTAND      HYDR.      FILTER-  ABSTANDS-  FILTER-',
13X,' ABSTANDS-  LAUFZEIT  LAUFZEIT  LAUFZEIT'//1X,
2' VON X=)      HOEHE      GESCHW.  GESCHW.  GESCHW.  GESCHW.',
33X,' HORIZON.  VERTIKAL  GEGABT'//1X,
4' X          H(X)      Q(X)      V(X)      Q(X)      V(X)',
53X,' T(X)      TC(X)      TG(X)')
44  FORMAT (///1X,'EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 :',E9.3//
11X,'AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 :',E9.3/)

```

```
45 FORMAT (//1X,"ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT"/  
11X,"ZWISCHEN XA=      UND XB=      ABSTROMMENGE"/)  
45 FORMAT (1X,3X,E9.3,2X,E9.3,7X,E9.3)  
END
```

Anlage 2: Ein- und Ausgabedaten für das Beispiel in Kapitel 5

PROGRAMM AN2SCH

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LOESUNG : 1
 MACHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MACHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLASSIGKEITSBEIWERT UNTERE SCHICHT : 0.315E+03
 DURCHLASSIGKEITSBEIWERT OBERE SCHICHT : 0.315E+00
 EFFEKTIVE POROSITAET UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITAET OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=J X	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.200E+00	0.110E+02	1.315E+01	0.315E+02	0.315E+01	0.315E+00	0.000E+00	0.317E+03	0.317E+03
0.200E+04	0.115E+01	1.425E+00	0.425E+01	0.425E+02	1.424E+01	0.203E+03	0.235E+04	0.255E+04
0.400E+04	0.131E+00	0.577E+01	0.577E+00	0.577E+03	0.577E+02	0.170E+04	0.173E+05	0.190E+05
0.600E+04	0.241E-01	0.781E+02	0.781E-01	0.781E+04	0.781E+03	0.128E+05	0.128E+06	0.141E+06
0.800E+04	0.327E-02	0.103E+02	0.103E-01	0.104E+04	0.104E+03	0.940E+05	0.944E+06	0.106E+07
0.100E+05	0.000E+00	1.235E+01	0.235E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.549E+06	0.100E+26	0.100E+26

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.315E+02

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.246E+02

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN XA= UND XB= ABSTROMMENGE

0.000E+00	1.207E+04	0.270E+02
0.200E+04	1.407E+04	0.163E+01
0.400E+04	1.500E+04	1.477E+00
0.600E+04	1.401E+04	1.173E-01
0.800E+04	1.107E+03	0.240E-02

PROGRAMM AN2SCH

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LOESUNG : 1
 MACHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MACHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLASSIGKEITSBEIWERT UNTERE SCHICHT : 0.315E+03
 DURCHLASSIGKEITSBEIWERT OBERE SCHICHT : 0.315E+01
 EFFEKTIVE POROSITAET UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITAET OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=J X	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.200E+00	0.110E+02	1.100E+01	0.100E+02	0.315E+02	0.315E+01	0.000E+00	0.317E+04	0.317E+04
0.200E+04	0.529E+01	0.534E+00	0.534E+01	0.167E+02	0.167E+01	0.279E+03	0.600E+04	0.629E+04
0.400E+04	0.275E+01	0.233E+00	0.233E+01	0.371E+03	0.371E+02	0.798E+03	0.115E+05	0.125E+05
0.600E+04	0.134E+01	0.162E+00	0.162E+01	0.436E+03	0.436E+02	0.174E+04	0.230E+05	0.247E+05
0.800E+04	0.575E+00	0.102E+00	0.102E+01	0.190E+03	0.190E+02	0.334E+04	0.554E+05	0.588E+05
0.100E+05	0.000E+00	0.145E+01	0.145E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.554E+04	0.100E+26	0.100E+26

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.100E+02

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.445E+00

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN XA= UND XB= ABSTROMMENGE

0.000E+00	1.207E+04	0.464E+01
0.200E+04	1.407E+04	0.746E+01
0.400E+04	1.507E+04	0.124E+01
0.600E+04	1.401E+04	0.594E+00
0.800E+04	1.107E+03	1.175E+00

PROGRAMM ANZSCH

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LÖSUNG : 1
 MÄCHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MÄCHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLÄSSIGKEITSWERT UNTERE SCHICHT : 0.115E+03
 DURCHLÄSSIGKEITSWERT OBERE SCHICHT : 0.115E+02
 EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOHE : 0.100E+02
 LÄNGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=0 X	HYDR. HOHE H(X)	FILTERGESCHW. Q(X)	ABSTANDSGESCHW. V(X)	FILTERGESCHW. QZ(X)	ABSTANDSGESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	7.414E+00	0.414E+01	0.315E+03	3.315E+02	0.000E+00	0.317E+05	0.317E+05
0.200E+04	0.754E+01	0.358E+00	0.358E+01	0.258E+03	3.258E+02	0.521E+03	0.420E+05	0.425E+05
0.400E+04	0.542E+01	0.318E+00	0.318E+01	0.171E+03	0.171E+02	0.111E+04	0.586E+05	0.597E+05
0.600E+04	0.350E+01	0.290E+00	0.290E+01	0.110E+03	0.110E+02	0.179E+04	0.903E+05	0.926E+05
0.800E+04	0.171E+01	0.273E+00	0.273E+01	0.540E+04	0.540E+03	0.249E+04	0.195E+06	0.198E+06
0.100E+05	0.000E+00	0.264E+00	0.264E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.323E+04	0.100E+26	0.100E+26

EINSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.414E+01

AUSSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.264E+01

ABSTRÖM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT ZWISCHEN XA= UND XB= ABSTRÖMMENGE

0.000E+00	7.200E+04	7.551E+00
0.200E+04	0.401E+04	7.407E+00
0.400E+04	0.600E+04	7.200E+00
0.600E+04	0.700E+04	6.844E+00
0.800E+04	0.700E+04	6.500E+00

PROGRAMM ANZSCH

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LÖSUNG : 1
 MÄCHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MÄCHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLÄSSIGKEITSWERT UNTERE SCHICHT : 0.115E+03
 DURCHLÄSSIGKEITSWERT OBERE SCHICHT : 0.115E+02
 EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOHE : 0.100E+02
 LÄNGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=0 X	HYDR. HOHE H(X)	FILTERGESCHW. Q(X)	ABSTANDSGESCHW. V(X)	FILTERGESCHW. QZ(X)	ABSTANDSGESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	7.325E+00	0.325E+01	0.315E+04	3.315E+03	0.000E+00	0.317E+06	0.317E+06
0.200E+04	0.795E+01	0.320E+00	0.320E+01	0.251E+04	3.251E+03	0.620E+03	0.599E+06	0.400E+06
0.400E+04	0.574E+01	0.315E+00	0.315E+01	0.137E+04	0.187E+03	0.125E+04	0.535E+06	0.536E+06
0.600E+04	0.374E+01	0.312E+00	0.312E+01	0.124E+04	0.124E+03	0.189E+04	0.805E+06	0.907E+06
0.800E+04	0.177E+01	0.310E+00	0.310E+01	0.620E+05	1.620E+04	0.253E+04	0.161E+07	0.162E+07
0.100E+05	0.000E+00	0.310E+00	0.310E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.318E+04	0.100E+26	0.100E+26

EINSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.325E+01

AUSSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.310E+01

ABSTRÖM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT ZWISCHEN XA= UND XB= ABSTRÖMMENGE

0.000E+00	0.200E+04	0.565E+01
0.200E+04	0.401E+04	0.457E+01
0.400E+04	0.600E+04	0.311E+01
0.600E+04	0.700E+04	0.196E+01
0.800E+04	0.700E+04	0.620E+01

PROGRAMM ANZSCH

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LOESUNG : 2
 MACHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MACHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLASSIGKEITSWERT UNTERE SCHICHT : 0.315E+03
 DURCHLASSIGKEITSWERT OBERE SCHICHT : 0.315E+00
 EFFEKTIVE POROSITAET UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITAET OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEZEICHNE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=J K	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	0.315E+01	0.315E+02	0.315E-01	0.315E+00	0.000E+00	0.317E+03	0.317E+03
0.200E+04	0.135E+01	0.425E+00	0.426E+01	0.426E-02	0.426E-01	0.203E+03	0.235E+04	0.255E+04
0.400E+04	0.135E+00	0.577E-01	0.577E+00	0.577E-03	0.577E-02	0.170E+04	0.173E+05	0.190E+05
0.600E+04	0.242E-01	0.781E-02	0.781E-01	0.781E-04	0.781E-03	0.128E+05	0.128E+06	0.141E+06
0.800E+04	0.162E-02	0.104E-02	0.104E-01	0.104E-04	0.104E-03	0.952E+05	0.929E+06	0.102E+07
0.100E+05	0.993E-03	0.000E+00	0.000E+00	0.236E-05	0.236E-04	0.100E+26	0.350E+07	0.100E+26

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.315E+03

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.000E+00

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN X=K UND X=K+1 ANSTROMMENGE

0.000E+00	0.203E+04	0.277E+02
0.200E+04	0.426E+04	0.269E+01
0.400E+04	0.601E+04	0.497E+00
0.600E+04	0.781E+04	0.577E-01
0.800E+04	0.104E+05	0.104E-01

PROGRAMM ANZSCH

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LOESUNG : 2
 MACHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MACHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLASSIGKEITSWERT UNTERE SCHICHT : 0.315E+03
 DURCHLASSIGKEITSWERT OBERE SCHICHT : 0.315E+01
 EFFEKTIVE POROSITAET UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITAET OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEZEICHNE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=J K	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	0.315E+00	0.315E+01	0.315E-02	0.315E-01	0.000E+00	0.317E+04	0.317E+04
0.200E+04	0.554E+01	0.525E+00	0.525E+01	0.168E-02	0.168E-01	0.282E+03	0.595E+04	0.623E+04
0.400E+04	0.233E+01	0.274E+00	0.274E+01	0.098E-02	0.098E-01	0.317E+03	0.110E+05	0.112E+05
0.600E+04	0.152E+01	0.137E+00	0.137E+01	0.509E-03	0.509E-02	0.186E+04	0.196E+05	0.212E+05
0.800E+04	0.172E+01	0.567E-01	0.567E+00	0.321E-03	0.321E-02	0.413E+04	0.311E+05	0.353E+05
0.100E+05	0.343E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.266E-03	0.266E-02	0.100E+26	0.376E+05	0.100E+26

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.315E+01

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.000E+00

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN X=K UND X=K+1 ANSTROMMENGE

0.000E+00	0.203E+04	0.443E+01
0.200E+04	0.426E+04	0.251E+01
0.400E+04	0.577E+04	0.170E+01
0.600E+04	0.781E+04	0.128E+01
0.800E+04	0.104E+05	0.952E+00

PROGRAMM ANZEIG

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LOESUNG : 2
 MACHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MACHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLASSIGKEITSGEWERT UNTERE SCHICHT : 0.115E+03
 DURCHLASSIGKEITSGEWERT OBERE SCHICHT : 0.115E+03
 EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LÄNGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=0 X	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.100E+00	0.117E+02	0.240E+00	0.240E+00	0.315E-03	0.315E-02	0.000E+00	0.317E+05	0.317E+05
0.200E+00	0.057E+01	0.181E+00	0.181E+00	0.273E-03	0.273E-02	0.759E+01	0.366E+05	0.376E+05
0.400E+00	0.753E+01	0.130E+00	0.130E+00	0.242E-03	0.242E-02	0.225E+04	0.413E+05	0.436E+05
0.600E+00	0.771E+01	0.839E-01	0.839E+00	0.221E-03	0.221E-02	0.417E+04	0.453E+05	0.495E+05
0.800E+00	0.661E+01	0.411E-01	0.411E+00	0.204E-03	0.204E-02	0.751E+04	0.440E+05	0.555E+05
0.100E+05	0.043E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.204E-03	0.204E-02	0.100E+26	0.490E+05	0.100E+26

EINSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.240E+00

AUSSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.000E+00

ABSTRÖM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN X=X1 UND X=X2 ABSTRÖHMENGE

0.100E+00	0.203E+04	0.595E+00
0.203E+00	0.401E+04	0.515E+00
0.401E+00	0.600E+04	0.451E+00
0.600E+00	0.800E+04	0.427E+00
0.800E+00	0.100E+05	0.411E+00

PROGRAMM ANZEIG

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LOESUNG : 2
 MACHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MACHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLASSIGKEITSGEWERT UNTERE SCHICHT : 0.115E+03
 DURCHLASSIGKEITSGEWERT OBERE SCHICHT : 0.115E+03
 EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LÄNGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=0 X	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.100E+00	0.117E+02	0.305E-01	0.305E+00	0.315E-04	0.315E-03	0.000E+00	0.317E+06	0.317E+06
0.200E+00	0.993E+01	0.242E-01	0.242E+00	0.310E-04	0.310E-03	0.734E+04	0.323E+06	0.330E+06
0.400E+00	0.954E+01	0.131E-01	0.131E+00	0.305E-04	0.305E-03	0.169E+05	0.329E+06	0.346E+06
0.600E+00	0.950E+01	0.120E-01	0.120E+00	0.302E-04	0.302E-03	0.303E+05	0.331E+06	0.361E+06
0.800E+00	0.754E+01	0.503E-02	0.503E+00	0.300E-04	0.300E-03	0.534E+05	0.331E+06	0.386E+06
0.100E+05	0.952E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.300E-04	0.300E-03	0.100E+26	0.333E+06	0.100E+26

EINSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=0 : 0.305E+00

AUSSTRÖM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 : 0.000E+00

ABSTRÖM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN X=X1 UND X=X2 ABSTRÖHMENGE

0.100E+00	0.203E+04	0.524E-01
0.203E+00	0.401E+04	0.413E-01
0.401E+00	0.600E+04	0.407E-01
0.600E+00	0.800E+04	0.403E-01
0.800E+00	0.100E+05	0.400E-01

PROGRAMM ANZSC4

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LÖSUNG : 3
 MASCHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MASCHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLAESSIGKEITSGEWERT UNTERE SCHICHT : 0.315E+03
 DURCHLAESSIGKEITSGEWERT OBERE SCHICHT : 0.315E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGELEGENE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON x=J x	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	3.315E+01	0.315E+02	0.315E-01	3.315E+00	0.000E+00	0.317E+03	0.317E+03
0.200E+04	0.155E+01	0.425E+00	0.426E+01	0.426E-02	3.426E-01	0.203E+03	0.235E+04	0.255E+04
0.400E+04	0.133E+00	0.577E-01	0.577E+00	0.577E-03	0.577E-02	0.170E+04	0.173E+05	0.190E+05
0.600E+04	0.243E-01	0.731E-02	0.731E-01	0.731E-04	0.731E-03	0.125E+05	0.128E+06	0.141E+06
0.800E+04	0.353E-02	0.105E-02	0.105E-01	0.106E-04	0.106E-03	0.946E+05	0.946E+06	0.104E+07
0.100E+05	0.454E-05	0.143E-05	0.143E-02	0.143E-05	0.143E-04	0.699E+06	0.599E+07	0.769E+07

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI x=0 : 0.315E+02

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI x=x1 : 0.143E-02

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN xA= UND xB= ABSTROMMENGE

0.000E+00	0.200E+04	0.272E+02
0.200E+04	0.400E+04	0.143E+01
0.400E+04	0.600E+04	0.472E+00
0.600E+04	0.800E+04	0.577E-01
0.800E+04	1.000E+05	0.714E-02

PROGRAMM ANZSC4

EINGABEDATEN :

ART DER VERWENDETEN LÖSUNG : 3
 MASCHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT : 0.100E+02
 MASCHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT : 0.100E+03
 DURCHLAESSIGKEITSGEWERT UNTERE SCHICHT : 0.315E+03
 DURCHLAESSIGKEITSGEWERT OBERE SCHICHT : 0.315E-01
 EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT : 0.100E+00
 EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT : 0.100E+00
 VORGELEGENE HYDRAULISCHE HOEHE : 0.100E+02
 LAENGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+05
 BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS : 0.100E+01

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON x=J x	HYDR. HOEHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	0.994E+01	0.996E+01	0.315E-02	3.315E-01	0.000E+00	0.317E+04	0.317E+04
0.200E+04	0.531E+01	0.529E+00	0.529E+01	0.167E-02	0.167E-01	0.230E+03	0.598E+04	0.626E+04
0.400E+04	0.232E+00	0.231E+00	0.231E+01	0.889E-03	0.889E-02	0.807E+03	0.112E+05	0.121E+05
0.600E+04	0.150E+01	0.147E+00	0.149E+01	0.472E-03	0.472E-02	0.189E+04	0.212E+05	0.230E+05
0.800E+04	0.777E+00	0.774E-01	0.794E+00	0.251E-03	0.251E-02	0.367E+04	0.393E+05	0.435E+05
0.100E+05	0.425E+00	0.422E-01	0.422E+00	0.153E-03	0.153E-02	0.718E+04	0.750E+05	0.922E+05

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI x=0 : 0.996E+01

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI x=x1 : 0.422E+00

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
 ZWISCHEN xA= UND xB= ABSTROMMENGE

0.000E+00	0.200E+04	0.457E+01
0.200E+04	0.400E+04	0.243E+01
0.400E+04	0.600E+04	0.132E+01
0.600E+04	0.800E+04	0.700E+00
0.800E+04	1.000E+05	0.573E+00

PROGRAMM ANZSCH

EINGABEDATEN :

```

ART DER VERWENDETEN LÖSUNG           :           3
MÄCHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT     :0.100E+02
MÄCHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT      :0.100E+03
DURCHLÄSSIGKEITSWERT UNTERE SCHICHT :0.315E+03
DURCHLÄSSIGKEITSWERT OBERE SCHICHT  :0.315E+02
EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT  :0.100E+00
EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT   :0.100E+00
VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOHEHE     :0.100E+02
LÄNGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS     :0.100E+05
BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS     :0.100E+01

```

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=	HYDR. HOHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	3.315E+01	0.315E+01	0.315E+03	3.315E+02	0.000E+00	0.317E+05	0.317E+05
0.200E+04	0.317E+01	9.253E+00	0.253E+01	0.253E+03	9.253E+02	0.703E+03	0.388E+05	0.395E+05
0.400E+04	0.870E+01	3.211E+01	0.211E+01	0.211E+03	3.211E+02	3.155E+04	0.474E+05	0.489E+05
0.600E+04	0.549E+01	3.173E+01	0.173E+01	0.173E+03	0.173E+02	0.261E+04	0.578E+05	0.605E+05
0.800E+04	0.449E+01	3.142E+01	0.142E+01	0.142E+03	3.142E+02	0.339E+04	0.707E+05	0.745E+05
0.100E+05	0.356E+01	3.116E+01	0.116E+01	0.116E+03	3.116E+02	0.545E+04	0.863E+05	0.917E+05

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 :0.315E+01

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 :0.116E+01

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
ZWISCHEN XA= UND XB= ABSTROMMENGE

0.000E+00	3.200E+04	7.571E+00
1.200E+04	1.400E+04	9.457E+00
2.400E+04	1.600E+04	0.365E+00
3.600E+04	1.300E+04	0.313E+00
4.800E+04	1.100E+04	0.257E+00

PROGRAMM ANZSCH

EINGABEDATEN :

```

ART DER VERWENDETEN LÖSUNG           :           3
MÄCHTIGKEIT DER UNTEREN SCHICHT     :0.100E+02
MÄCHTIGKEIT DER OBEREN SCHICHT      :0.100E+03
DURCHLÄSSIGKEITSWERT UNTERE SCHICHT :0.315E+03
DURCHLÄSSIGKEITSWERT OBERE SCHICHT  :0.315E+03
EFFEKTIVE POROSITÄT UNTERE SCHICHT  :0.100E+00
EFFEKTIVE POROSITÄT OBERE SCHICHT   :0.100E+00
VORGEGEBENE HYDRAULISCHE HOHEHE     :0.100E+02
LÄNGE DES BETRACHTETEN SYSTEMS     :0.100E+05
BREITE DES BETRACHTETEN SYSTEMS     :0.100E+01

```

ERGEBNIS DER BERECHNUNG :

ABSTAND VON X=	HYDR. HOHE H(X)	FILTER- GESCHW. Q(X)	ABSTANDS- GESCHW. V(X)	FILTER- GESCHW. QZ(X)	ABSTANDS- GESCHW. VZ(X)	LAUFZEIT HORIZON. T(X)	LAUFZEIT VERTIKAL TZ(X)	LAUFZEIT GESAMT TG(X)
0.000E+00	0.100E+02	0.796E+01	0.796E+00	0.315E+04	0.315E+03	0.000E+00	0.317E+06	0.317E+06
0.200E+04	0.797E+01	7.935E+00	0.935E+00	0.296E+04	0.296E+03	0.207E+04	0.333E+06	0.340E+06
0.400E+04	0.331E+01	3.879E+00	0.379E+00	0.278E+04	0.279E+03	0.428E+04	0.360E+06	0.365E+06
0.500E+04	0.327E+01	3.324E+00	0.324E+00	0.261E+04	0.261E+03	0.663E+04	0.384E+06	0.390E+06
0.300E+04	0.775E+01	0.773E+01	0.773E+00	0.265E+04	0.265E+03	0.314E+04	0.409E+06	0.413E+06
0.100E+05	0.779E+01	3.726E+01	0.726E+00	0.230E+04	0.230E+03	0.118E+05	0.436E+06	0.447E+06

EINSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=0 :0.796E+00

AUSSTROM UNTERE SCHICHT BEI X=X1 :0.726E+00

ABSTROM AUS DER UNTEREN IN DIE OBERE SCHICHT
ZWISCHEN XA= UND XB= ABSTROMMENGE

0.000E+00	3.200E+04	0.610E+01
1.200E+04	1.400E+04	7.573E+01
2.400E+04	1.600E+04	0.539E+01
3.600E+04	1.300E+04	0.509E+01
4.800E+04	1.100E+04	7.474E+01

Anlage 3: Bedienungsanleitung für das Programm aus Anlage 1

Die unter 4.) entwickelten analytischen Lösungen sind die Grundlage für das in der Anlage (1) enthaltene FORTRAN-Programm AN2SCH. Dieses ist z. Zt. auf der VAX implementiert und kann entsprechend der folgenden Bedienungsanleitung nach Erstellen einer Eingabedatei AN2SCHIN.DAT aufgerufen werden mit R AN2SCH. Die Ausgabe erfolgt in der Datei AN2SCHAUS.DAT.

Benutzung des Programms AN2SCH_(auf der VAX)_

Aufbau der Eingangsdatei AN2SCHIN.DAT:

1. Datenkarte (I1)

Spezifikation der Lösung L	L = 1	H = 0 am rechten Rand	(1a)
	L = 2	$dH/dx = 0$ am rechten Rand	(1b)
	L = 3	$\lim_{x \rightarrow \infty} H(x) = 0$	(1c)

2. Datenkarte (9E7.0)

z. B.

a) Mächtigkeit der unteren Schicht	[m]
b) Mächtigkeit der oberen Schicht	[m]
c) Durchlässigkeitsbeiwert der unteren Schicht	[m/a]
d) Durchlässigkeitsbeiwert der oberen Schicht	[m/a]
e) effektive Porosität der unteren Schicht	[m ³ /m ³]
f) effektive Porosität der oberen Schicht	[m ³ /m ³]
g) vorgegebene hydraulische Höhe	[m]
h) Länge des betrachteten Systems	[m]
i) Breite des betrachteten Systems	[m]

3. Datenkarte (I2)

Anzahl der zu berechnenden Punkte $NP \geq 0$

4. Datenkarte

a) NP = 0 (2E7.0)

 $\alpha)$ Abstand x_1 eines Startwertes von $x_1 = 0 : x \geq 0$ [m] $\beta)$ Abstand Δx zu jedem weiteren Punkt $x_i = x_1 + \sum^i \Delta x$ [m]

oder

b) NP > 0 ((10E7.0))

Abstand der zu berechneten Punkte von $x = 0$ [m]Berechnung anschließend über R USER02:[B322SCHELKES]AN2SCHAusgabe auf AN2SCHAUS.DAT

Bem.: Bei der Eingabe der Daten in die Datei AN2SCHIN.DAT
ist darauf zu achten, daß die Daten konsistent sind im
CGS-System.