


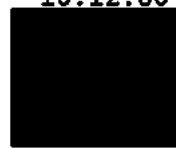


DECKBLATT

EU 086	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	NNNNNNNNNN	NNNNNN	X A A X X	A A	NNNN	NN
	9K	324.34	-	EG	RB	0006	00

Titel der Unterlage: Testrechnungen zur Übertragung der geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet Konrad in das Modell	Seite:
	I.
	Stand:
	Dez. 1986
Ersteller:	Textnummer:
GSF	

Stempelfeld:

PSP-Element TP.....: 9K/21285		zu Plan-Kapitel: 3.9	
		PL 16.12.86  Freigabe für Behörden	PL 16.12.86  Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung 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 086	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	324.34	-	EG	RB	0006	00

Titel der Unterlage:
 Testrechnungen zur Übertragung der geologischen Verhältnisse im
 Untersuchungsgebiet Konrad in das Modell

Seite:
 II.

Stand:
 Dez. 1986

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.

Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München
Institut für Tieflagerung

TESTRECHNUNGEN ZUR ÜBERTRAGUNG DER
GEOLOGISCHEN VERHÄLTNISSE IM UNTERSUCHUNGSGEBIET
KONRAD IN DAS MODELL

TA-Nr. 2242.03

Dezember 1986

Verfasser: 

Der Bericht wurde im Auftrag der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) erstellt. Die PTB behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung der PTB zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

1 EINFÜHRUNG

Die Größe des Untersuchungsgebiets KONRAD und die begrenzte Rechnerkapazität bedingen eine verhältnismäßig grobe Diskretisierung im Grundwassermodell. Angepaßt an den geologischen Schichtaufbau haben die einzelnen Elemente eine horizontale Ausdehnung zwischen $0,75 \cdot 1,0 \text{ km}^2$ und $1,5 \cdot 2,5 \text{ km}^2$. Die vertikalen Blockabmessungen betragen mit Ausnahme der obersten Schicht 100 m. In dieses Raster muß ein System von geringmächtigen Grundwasserleitern (zwischen ca. 5 m und 150 m Mächtigkeit) und bis zu mehreren 100 m mächtigen Ton- und Mergelsteinen übertragen werden, die im allgemeinen keine söhlige Lagerung haben.

Die Nachbildung einer geologischen Schichtfolge erfolgt im Programm SWIFT vor allem durch die Angabe von Durchlässigkeitsbeiwerten in allen drei Raumrichtungen in jedem Element. Zur Ermittlung dieser Eingabedaten wurde ein Verfahren entwickelt, daß in /1, Unterkapitel 5.3.3/ näher beschrieben ist. Es beinhaltet im wesentlichen die Erhaltung des hydraulischen Systems, also die Erhaltung der Verbindungen der Wasserleiter untereinander bzw. ihre Trennung durch wasserstauende Gesteine. Weiterhin sollen die hydraulischen Eigenschaften der verschiedenen Schichten insgesamt, d.h. Transmissivität und Strömungswiderstand so genau wie möglich wiedergegeben werden.

Zur Überprüfung des Verfahrens sind Testrechnungen durchgeführt worden, von denen die Wichtigsten nachfolgend beschrieben werden. Dabei handelt es sich um einfache zweidimensionale Modelle zu Teilaspekten bei der Übertragung der geologischen Verhältnisse. Es wurde Wert darauf gelegt, die Größenordnung des Grundwassermodells KONRAD beizubehalten. Dies gilt für die Elementabmessungen, die Ausdehnung, Mächtigkeit und Durchlässigkeit der Gesteine sowie das mögliche Druckgefälle. Die Ergebnisse der zweidimensionalen Modelle werden entweder durch analytische Berechnungen oder durch eine feinere Diskretisierung überprüft.

2 TESTRECHNUNGEN FALL 1

2.1 PROBLEMSTELLUNG

Ein geringmächtiger Wasserleiter mit muldenartiger Lage wird im Modell durch die treppenförmige Belegung von Elementen mit Wasserleitenden Eigenschaften wiedergegeben. Als Wasserleiter wird das Rhät mit einer konstanten Mächtigkeit von 60 m eingebettet in Tonsteine angenommen.

2.2 MODELL

Abbildung 1 zeigt die Anordnung im Modellraster. In diesem zweidimensionalen Modell werden Durchlässigkeiten in allen Elementen in horizontaler (x-) Richtung und in vertikaler (z-) Richtung benötigt. Die Berechnungen der Eingabedaten zur Durchlässigkeit wird entsprechend dem in /1, Unterkapitel 5.3.3/ geschilderten Verfahren vorgenommen. Abbildung 2 zeigt die dabei zu berücksichtigenden Gesteinsmächtigkeiten. In Tabelle 1 sind für den Wasserleiter die Modelldaten zur Durchlässigkeit angegeben. Zwischen den Rändern des Wasserleiters in Element $x=3, z=1$ und $x=20, z=4$ besteht ein Druckgefälle von 100 m WS. Es wird durch entsprechende Randbedingungen in diesen Elementen modelliert. Im übrigen sind die Modellränder geschlossen. Auf die genaue Wiedergabe der Tonmächtigkeiten wird deshalb verzichtet. Die mit Ton belegten Elemente erhalten einheitlich eine Durchlässigkeit von 10^{-10} m/s in x- und in z-Richtung.

Zur Berechnung der horizontalen Durchlässigkeit werden z.B. im Element $x=3, z=1$ (Abbildung 2) 440 m vertikal verlaufender Ton angesetzt. Die in diesem Element ebenfalls vorhandenen 60 m Rhät werden vernachlässigt. Die Erhaltung der Wasserwegsamkeit im Rhät erfolgt durch die Durchlässigkeit in z-Richtung. Diese Vorgehensweise ist sinnvoll, weil die große horizontale Ausdehnung der Wasserstauer im übrigen vereinfacht durch die Abmessung der Elemente wiedergegeben wird. Immer wenn

geringmächtige Wasserleiter vertikal verlaufend nachgebildet werden, ist die reale Ausdehnung der Barrieren vermindert. Da in den Tonschichten kaum eine horizontale Wasserbewegung erwartet werden kann, entsteht nur ein unwesentlicher Fehler, der dennoch so gering wie möglich gehalten werden sollte.

Die vertikale Mächtigkeit der Wasserstauer wird im Modell KONRAD in den Elementen, die sie repräsentieren, durch genauer berechnete Durchlässigkeiten modelliert.

2.3 ERGEBNISSE DES MODELLES

Als Wasserausstrom ergeben Berechnungen für dieses Modell mit dem Programm SWIFT $4.659 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$ am rechten Rand. Bei einer Modelldicke von 1 m und einer Mächtigkeit des Rhät von 60 m resultiert daraus eine Darcygeschwindigkeit von 7.765 E-9 m/s .

2.4 VERGLEICHSRECHNUNGEN

Für den dargestellten Fall lassen sich nach dem Gesetz von Darcy analytisch Geschwindigkeit und Durchflußrate berechnen.

$$u = k_f \cdot \Delta H/L \qquad q = u \cdot A$$

u	:	Darcygeschwindigkeit
k_f	:	Durchlässigkeit
ΔH	:	Wasserspiegelgefälle
L	:	Länge des Wasserleiters
q	:	Durchflußrate
A	:	Durchflußquerschnitt

Unbekannt ist lediglich die genaue Länge des betrachteten Wasserleiters. Sie beträgt zwischen 11 500 und 13 300 m.

$$L_1 = 800 \text{ m} + 12000 \text{ m} + 500 \text{ m} = 13300 \text{ m}$$

$$L_2 = ((11500 \text{ m})^2 + (300 \text{ m})^2)^{0.5} = 11500 \text{ m}$$

Damit ergeben sich folgende Geschwindigkeiten und Durchflußraten:

$$u_1 = u_{\min} = 1. \quad \text{E-6 m/s} \cdot 100 \text{ m} / 13300 \text{ m} = 7.519 \text{ E-9 m /s}$$

$$u_2 = u_{\max} = 1. \quad \text{E-6 m/s} \cdot 100 \text{ m} / 11500 \text{ m} = 8.696 \text{ E-9 m /s}$$

$$q_1 = q_{\min} = 7.519\text{E-9 m/s} \cdot 60 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 4.511 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$$

$$q_2 = q_{\max} = 8.696\text{E-9 m/s} \cdot 60 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 5.217 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$$

2.5 TESTERGEBNIS

Die Ergebnisse der Modellrechnung mit dem Programm SWIFT für die Darcygeschwindigkeiten und Durchflußraten weichen um 3,2 % von den Minimalwerten und um 12 % von den Maximalwerten der analytischen Abschätzung ab. Der Grund ist in der ungenauen Wiedergabe der Länge des Wasserleiters sowohl im Modell als auch bei den Abschätzungen zu sehen.

ELEMENT		GESTEINSMÄCHTIGKEIT in m		GLEICHUNG		DURCHLÄSSIGKEIT in m/s	
X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
3	1	T 440 s	R 60 p	2a	1b	1.1E-10	1.2E-7
3	2	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
4	2	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
4	3	T 440 s	R 60 p	2a	1b	1.1E-10	1.2E-7
4	4	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
5	4	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
5	5	T 440 s	R 60 p	2a	1b	1.1E-10	1.2E-7
5	6	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
6	6	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
6	7	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
7	7	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
8	7	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
9	7	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	6.0E-8
9	8	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	6.0E-8
10	8	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
11	8	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
12	7	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	6.0E-8
12	8	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	6.0E-8
13	7	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
14	6	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
14	7	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
15	6	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
16	6	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
17	5	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
17	6	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
18	5	R 60 p	R 60 s	1a	2b	6.0E-7	1.7E-6
19	4	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
19	5	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7
20	4	R 60 p	R 60 p	1a	1b	6.0E-7	1.2E-7

R: Rhät $K_{fg} = 1.E-6$ m/s

T: Ton $K_{fg} = 1. E-10$ m/s

Gleichung 1a parallel X-Richtung $K_f = K_{fg} \cdot m/z$
 Gleichung 1b parallel Z-Richtung $K_f = K_{fg} \cdot m/x$
 Gleichung 2a senkrecht X-Richtung $K_f = K_{fg} \cdot x/m$
 Gleichung 2b senkrecht Z-Richtung $K_f = K_{fg} \cdot z/m$

Tab. 1: Modelldaten zur Durchlässigkeit für den Wasserleiter

3 TESTRECHNUNGEN FALL 2

3.1 PROBLEMSTELLUNG

Ein geringmächtiger Wasserleiter liegt in einer Weise im Untersuchungsgebiet, daß die Übertragung in das Modell sowohl in x-z-Richtung als auch in y-z-Richtung eine treppenförmige Belegung von Elementen erfordert. Betrachtet man nur eine vertikale Modellebene, kann sich die in Abbildung 3 dargestellte Anordnung ergeben. Als Wasserleiter ist hier der 30 m mächtige Cornbrash mit Tonsteinen im Hangenden und Liegenden angenommen worden.

3.2 MODELL

Abbildung 3 zeigt die Lage des angenommenen Wasserleiters in einem zweidimensionalen Modell und die Elemente, in denen er modelliert wird. Im Bereich von $x=7$ bis $x=10$ belegt der Wasserleiter mehr Elemente als in diesem Schnitt erforderlich. Eine derartige Anordnung könnte aber aufgrund des Verlaufs des Wasserleiters in der hier nicht betrachteten Raumrichtung (y-Richtung) notwendig sein. Ohne weitere Kenntnis über den Wasserleiter außerhalb der betrachteten Schnittebene wären die Gesteinsmächtigkeiten zur Berechnung der Durchlässigkeiten in der in Abbildung 4 dargestellten Weise anzusetzen. Dabei liegt die Vorstellung zu Grunde, daß der Wasserleiter im wesentlichen parallel zur x-Richtung verläuft. Kann sich das Wasser parallel in mehreren Elementen übereinander bewegen, wird für die Berechnung der Durchlässigkeit in z-Richtung die Schichtmächtigkeit auf die Anzahl der Elemente verteilt und senkrecht zur vertikalen Ebene betrachtet.

Zur Berechnung der Geschwindigkeit an der Kante eines Elements wird im Programm SWIFT die Durchlässigkeit aus den beiden angrenzenden Blöcken gemittelt /2, Teil 1, Kapitel 3.1/. Um also den Durchfluß zwischen den

Elementen $x=6, z=4$ und $x=7, z=4$ nicht zu unterschätzen, wird dort die gleiche Gesteinsmächtigkeit in x -Richtung angesetzt. Nur die in $x=7, z=3$ angesetzte Mächtigkeit in x -Richtung entspricht der Aufteilung des 30 m mächtigen Wasserleiters in zwei parallel angeordnete Elemente. Diese Vorgehensweise gewährleistet, daß die Verarbeitung der Eingabedaten im Programm SWIFT nicht zu einer Unterschätzung der Durchlässigkeiten der geringmächtigen Wasserleiter führt. Tabelle 2 zeigt die Modelldaten zur Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Elementbelegung.

Als Randbedingung wird bei $x=1, z=6$ und $x=12, z=2$ ein Druckunterschied von 100 m WS mit einer Strömung von links nach rechts simuliert. Alle übrigen Ränder sind geschlossen, so daß wieder auf die genaue Nachbildung der Tonmächtigkeiten verzichtet werden kann.

3.3 MODELLVARIANTEN

Die in Abbildung 3 angegebene Belegung der Elemente im Bereich von $x=7$ bis $x=10$ kann wegen der Lage des Wasserleiters in der y - z -Ebene, also außerhalb des dargestellten Schnittes, erforderlich sein. Für den Fall, daß der Wasserleiter dann parallel zur z -Richtung, d.h. vertikal verläuft, sind andere Durchlässigkeiten in z -Richtung anzusetzen. Zwei mögliche Fälle dafür zeigt Abbildung 5. Der Wert von $3 \cdot 10^{-8}$ m/s ergibt sich z.B. bei der Elementlänge von 1000 m in y -Richtung und der Mächtigkeit des Cornbrash von 30 m parallel zur x -Richtung. Untersucht werden soll der Einfluß dieser Eingabedaten auf die Grundwasserbewegung in der dargestellten Modellebene x - z .

GESTEINSMÄCHTIGKEITEN in m		DURCHLÄSSIGKEITEN in m/s	
x-Richtung	z-Richtung	x-Richtung	z-Richtung
C 30 p		3.0 E- 7	
C 15 p		1.5 E- 7	
C 10 p		1.0 E- 7	
	C 30 s		3.3 E- 6
	C 15 s		6.6 E- 6
	C 10 s		1.0 E- 5
	C 30 p		3.0 E- 8
T 100 p	T 100 s	1.0 E-10	1.0 E-10

C: Cornbrash $K_{fg} = 1.E- 6$ m/s

T: Ton $K_{fg} = 1.E-10$ m/s

Tab. 2: Modelldaten zur Durchlässigkeit in Abhängigkeit von der Elementbelegung

3.4 ERGEBNIS DER MODELLE

Folgende Ausstromraten am rechten Ende des Wasserleiters resultieren aus den Modellrechnungen:

$$\text{Fall 2 : } 2.572 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$$

$$\text{Fall 2A: } 2.557 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$$

$$\text{Fall 2B: } 2.568 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$$

3.5 VERGLEICHSRECHNUNG

Für den in Abbildung 3 dargestellten Wasserleiter und eine Druckdifferenz von 100 m WS läßt sich analytisch folgende Durchflußrate berechnen:

$$L = (12000^2 + 400^2)^{0.5} = 1.2 \text{ E4 m}$$

$$q = u \cdot A = k_f \cdot \Delta H / L \cdot A$$

$$q = 1. \text{E-6} \cdot (100 / 1.2 \text{E4}) \cdot 30 \cdot 1$$

$$q = 2.5 \text{ E-7 m}^3/\text{s}$$

3.6 ERGEBNIS DER TESTRECHNUNGEN

Folgende Abweichungen der Modellergebnisse von der analytisch berechneten Durchflußrate lassen sich feststellen:

$$\text{Fall 2 : } 3.1 \%$$

$$\text{Fall 2A: } 2.3 \%$$

$$\text{Fall 2B: } 2.8 \%$$

Die Verlängerung des Fließweges durch die treppenförmige Anordnung der Elemente um ca. 3 % müßte eine entsprechende Verringerung der Durchflußrate zur Folge haben. Das wird jedoch mehr als kompensiert durch die Überschätzung der Durchlässigkeiten in x-Richtung bei der Aufweitung des Wasserleiters von einem Element in mehrere parallel durchgeflossene. Die Änderung der Durchlässigkeiten in z-Richtung hat dagegen weniger Einfluß. Insgesamt sind die Abweichungen der mit den Modellen berechneten Durchflußraten von der analytisch berechneten gering.

4 TESTRECHNUNGEN FALL 3

4.1 PROBLEMSTELLUNG

Ein tiefliegender Wasserleiter wird weitgehend von sehr viel mächtigeren Tonschichten abgedeckt. Eine entsprechende Anordnung ist in Abbildung 6 dargestellt. Diese Abbildung zeigt auch ein Modellraster mit dem die geologische Situation dargestellt werden kann. Nach der Übertragung der Wasserleiter in das vorgegebene Raster für das Grundwassermodell KONRAD ist oft gemessen an ihrer realen Mächtigkeit ein größerer Anteil von Elementen belegt. Es kann also vorkommen, daß zur Wiedergabe einer Tonschicht weniger Elemente zur Verfügung stehen. Für die Verhältnisse von KONRAD ist mit Fall 3 ein extremes Beispiel gewählt worden. Zur Nachbildung von 900 m Ton sollten im Modellraster nur 100 m zur Verfügung stehen. Die Durchlässigkeit im Modell wird daran angepaßt.

4.2 MODELL

Abbildung 7 zeigt oben die Lage von Wasserleitern und Ton im Modell für die Testrechnungen zum Fall 3. Unterhalb eines 100 m mächtigen Wasserleiters liegt die Tonschicht. Der Wasserleiter unterhalb des Tons

~~hat am linken und rechten Modellrand Verbindung zum oberflächennahen Wasserleiter. Die Mächtigkeit beträgt durchgängig 100 m. Folgende Diskretisierung wurde gewählt:~~

horizontal 3 • 100 m, 700 m, 18 • 2000 m, 700 m, 3 • 100 m
vertikal 3 • 100 m, 20 m, 80 m

Für die Berechnung der Eingabedaten zur Durchlässigkeit im Modell sind im wesentlichen zwei Fälle denkbar, die sich bei den Elementen $x=2$, $z=2$ und $x=25$, $z=2$ unterscheiden. Hier wird die Verbindung der Wasserleiter hergestellt. Im Fall 3A soll der Wasserleiter mit 100 m Mächtigkeit senkrecht zur x - und parallel zur z -Richtung betrachtet werden. Daraus ergibt sich jeweils die Durchlässigkeit von 10^{-6} m/s. Es ist auch möglich sich den Wasserleiter hier mit 900 m Mächtigkeit parallel zur x - und senkrecht zur z -Richtung vorzustellen. Daraus resultieren veränderte Durchlässigkeiten.

Als Randbedingung wurde für dieses Modell ein Wasseraustausch über die Oberfläche angesetzt. Entsprechend einem Grundwasserstand der von 150 m am linken Rand auf 0 m am rechten Rand fällt wurden für jedes Element an der Oberfläche Druckrandbedingungen berechnet. Alle übrigen Modellränder sind geschlossen.

4.3 ERGEBNISSE DES MODELLS

Aus den Ergebnissen des Modells für die Fälle 3A und 3B sollen hier exemplarisch die Darcygeschwindigkeiten in horizontaler Richtung an zwei Punkten genannt werden. Gewählt wurde das Element $x=25$, $z=3$ für die Geschwindigkeit des Wassers im tiefen Wasserleiter. Die Geschwindigkeit des Wassers im Ton wird für das Element $x=14$, $z=2$ in der Mitte des Modells angegeben.

Horizontale Darcygeschwindigkeit im tiefen Wasserleiter (x=25, z=3)

Fall 3A $u_x = 3.8800 \text{ E- } 9 \text{ m/s}$

Fall 3B $u_x = 3.6305 \text{ E- } 9 \text{ m/s}$

Horizontale Darcygeschwindigkeit im Ton (x=14, z=2)

Fall 3A $u_x = 3.5177 \text{ E- } 13 \text{ m/s}$

Fall 3B $u_x = 3.3876 \text{ E- } 13 \text{ m/s}$

4.4 VERGLEICHSRECHNUNG

Zum Vergleich mit den oben genannten Ergebnissen wurde das in Abbildung 6 dargestellte Modell gerechnet. Um eine größere Genauigkeit für den Übergang von Wasser zwischen tiefen Wasserleiter und dem Ton zu erhalten, haben die dem Wasserleiter benachbarten Elemente kleinere Abmessungen. (n.b. Zur Berechnung der Geschwindigkeit an der Kante eines Elements wird die Durchlässigkeit der beiden angrenzenden Blöcke gemittelt. Dabei gehen auch die Blockabmessungen in der jeweiligen Raumrichtung ein. Je feiner die Abmessungen abgestuft sind, um so besser ist die numerische Genauigkeit.)

Diskretisierung:

horizontal 3 • 100 m, 700 m, 18 • 2000 m, 700 m, 3 • 100 m

vertikal 9 • 100 m, 80 m, 20 m, 100 m, 20 m, 80 m

Als Randbedingung wurde wie bisher ein Grundwassergefälle von 150 m auf 0 m an der Oberfläche nachgebildet. Dieses Modell hat in den Elementen, deren Lage den bei Fall 3A und 3B gewählten entspricht, folgende Geschwindigkeiten:

~~Horizontale Darcygeschwindigkeit im tiefen Wasserleiter (x=25, z=12)~~

Fall 3 $u_x = 3.7044 \text{ E-} 9 \text{ m/s}$

Horizontale Darcygeschwindigkeit im Ton (x=14, z=6)

Fall 3 $u_x = 3.8415 \text{ E-}13 \text{ m/s}$

4.5 ERGEBNIS DER TESTRECHNUNGEN

Die Abweichungen der Geschwindigkeiten im Ton von dem Ergebnis der Vergleichsrechnung betragen:

Fall 3A: 8,4 %

Fall 3B: 11,8 %

Für die Geschwindigkeit im tiefen Wasserleiter liegen folgende Abweichungen vor:

Fall 3A: 4,7 %

Fall 3B: 2,0 %

Diese Abweichungen sind zum Teil durch die veränderte Tiefenlage der Schichten zu begründen. Von der Tiefe des Wasserleiters im Modell hängt auch die Länge des Fließweges ab. Für die Grundwasserbewegung im Tiefenwasserleiter ergibt Fall 3B die genaueren Ergebnisse. Indem die Verbindung des Wasserleiters (x=2, z=2 und x=25, z=2) zum oberflächennahen Bereich als 900 m mächtiges senkrecht durchströmtes Gestein aufgefaßt werden, geben die dafür berechneten Durchlässigkeiten die Weglänge besser wieder.

~~Für die bereits erwähnte programminterne Mittelung der Durchlässigkeiten an der vertikalen Grenze zwischen dem Wasserleiter und dem Ton führt jedoch die größere Differenz der Durchlässigkeiten zu ungenaueren Ergebnissen für die Geschwindigkeiten im Ton im Fall 3B. Da die Abweichung der Geschwindigkeiten im Ton insgesamt größer sind als beim Wasserleiter liegt an der Diskretisierung. Die Nachbildung einer Gesteinsschicht durch mehr Elemente im Modell erbringt eine größere numerische Genauigkeit.~~

5 ZUSAMMENFASSUNG

In den Testrechnungen wurden einzelne Teile des Verfahrens zur Übertragung der geologischen Verhältnisse in ein Grundwassermodell für das Untersuchungsgebiet KONRAD überprüft. Jeder Fall isoliert betrachtet ergibt nur einige Prozent Abweichung der Modellergebnisse von den Vergleichsrechnungen. Diese Abweichungen sind unbedeutend im Vergleich zu der sehr viel größeren möglichen Streubreite der Ausgangsdaten, vor allem zur Gesteinsdurchlässigkeit. Für die relative Größe der Abweichungen im Vergleich miteinander und ihre Richtung können Erklärungen gefunden werden. Es ist jedoch nicht möglich, das Verfahren zur Übertragung der Geologie so auszurichten, daß immer konservative Ergebnisse, z.B. große Geschwindigkeiten, erzielt werden. Vor allem ist nicht vorherzusagen, wie sich einzelne Ungenauigkeiten bei der Übertragung des ganzen komplexen geologischen Systems im Untersuchungsgebiet KONRAD gegenseitig beeinflussen. Da die Nachbildung der geologischen Verhältnisse die Ermittlung von Modelleingabedaten zur Durchlässigkeit und Porosität erfordert, besteht hier dieselbe Unsicherheit wie für die Streuung der gesteinspezifischen Kennwerte um den gewählten Wert.

LITERATURANGABE

/1/ Langzeitsicherheitsanalyse des Endlagers KONRAD: Radionuklidausbreitung in der Nachbetriebsphase, LV-Nr. 2242.03, Juni 1986, Verfasser: R. Storck, E. Bütow, L. Heredia, S. Hossain, T. Kühle, S. Lütke-meier-Hosseini-pour, A. Nies, G. Pröhl, S. Struck

/2/ Intercomp: A Model for Calculating Effects of Liquid Waste Disposal in Deep Saline Aquifers, U.S. Geological Survey, Water Resources, Investigations 76-61, 1976

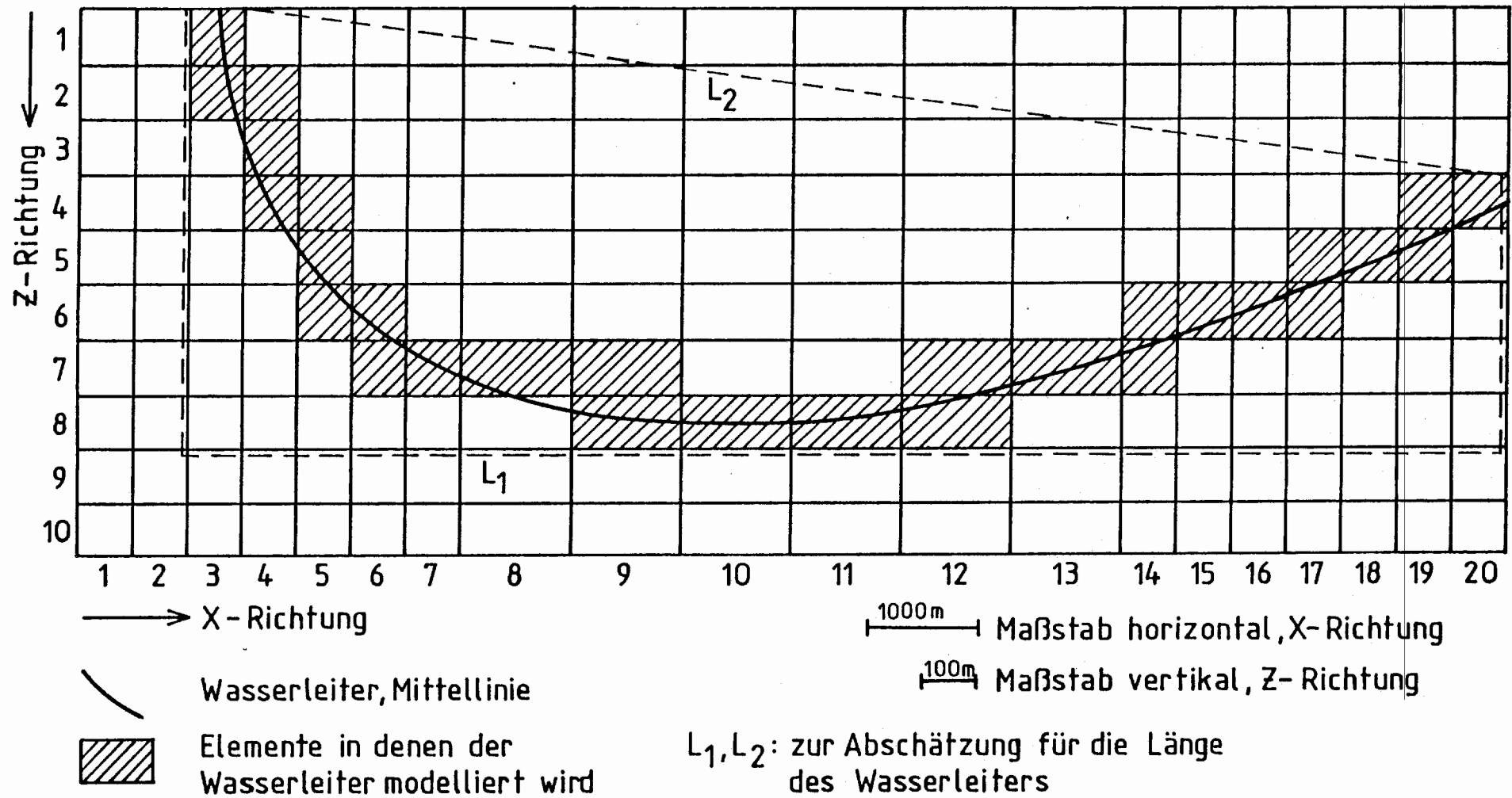
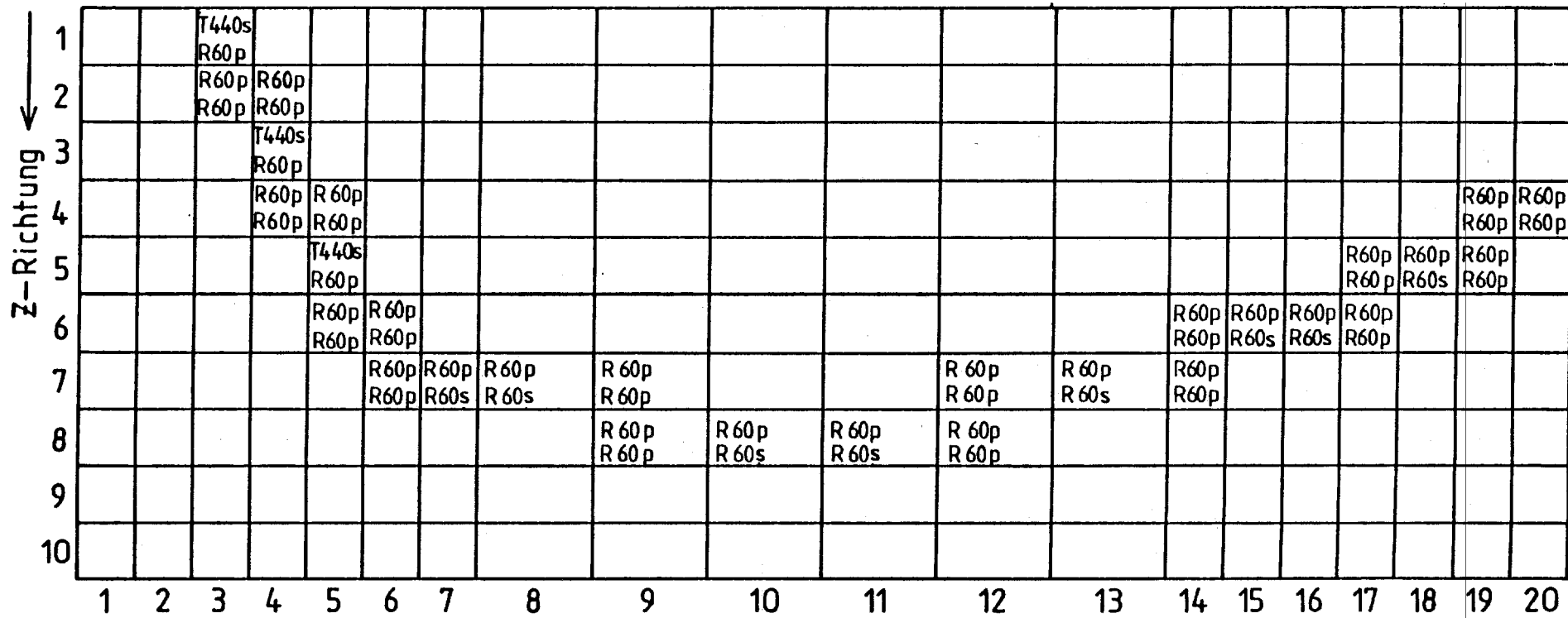


Abb. 1 : Lage des Wasserleiters und Elemente, in denen er modelliert wird
 Testrechnungen, Fall 1



1000m Maßstab horizontal, X-Richtung
 100m Maßstab vertikal, Z-Richtung

- T440s 440m Ton liegen in diesem Element senkrecht zur X-Richtung
- R60p 60m Rhät liegen in diesem Element parallel zur Z-Richtung
- R60p
R60p 60m Rhät sind in diesem Element sowohl parallel zur X-Richtung, als auch parallel zur Z-Richtung zu betrachten
- 100m Ton parallel zur X-Richtung und senkrecht zur Z-Richtung

Abb. 2 : Gesteinsmächtigkeiten zur Berechnung der Durchlässigkeiten Testrechnungen, Fall 1

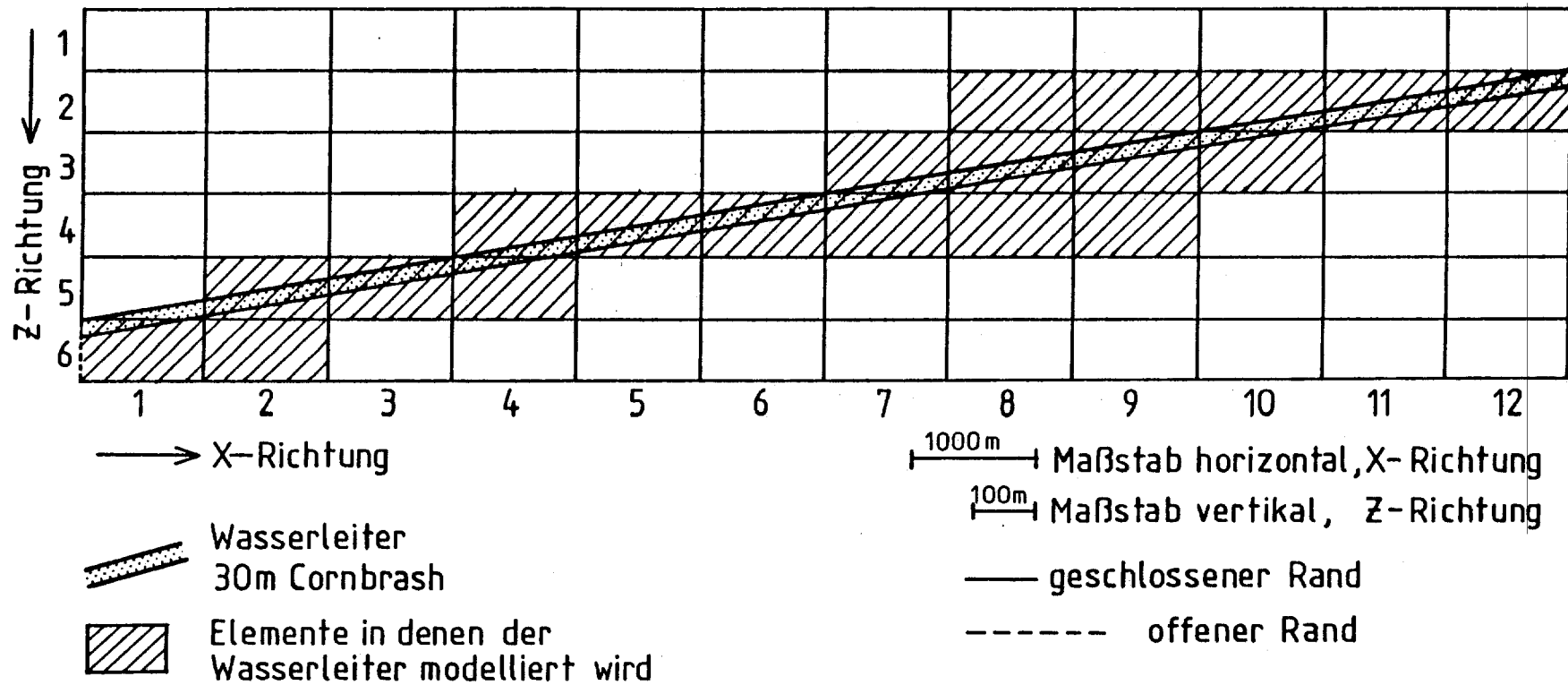


Abb. 3 : Lage des Wasserleiters und Elemente, in denen er modelliert wird
 Testrechnungen, Fall 2

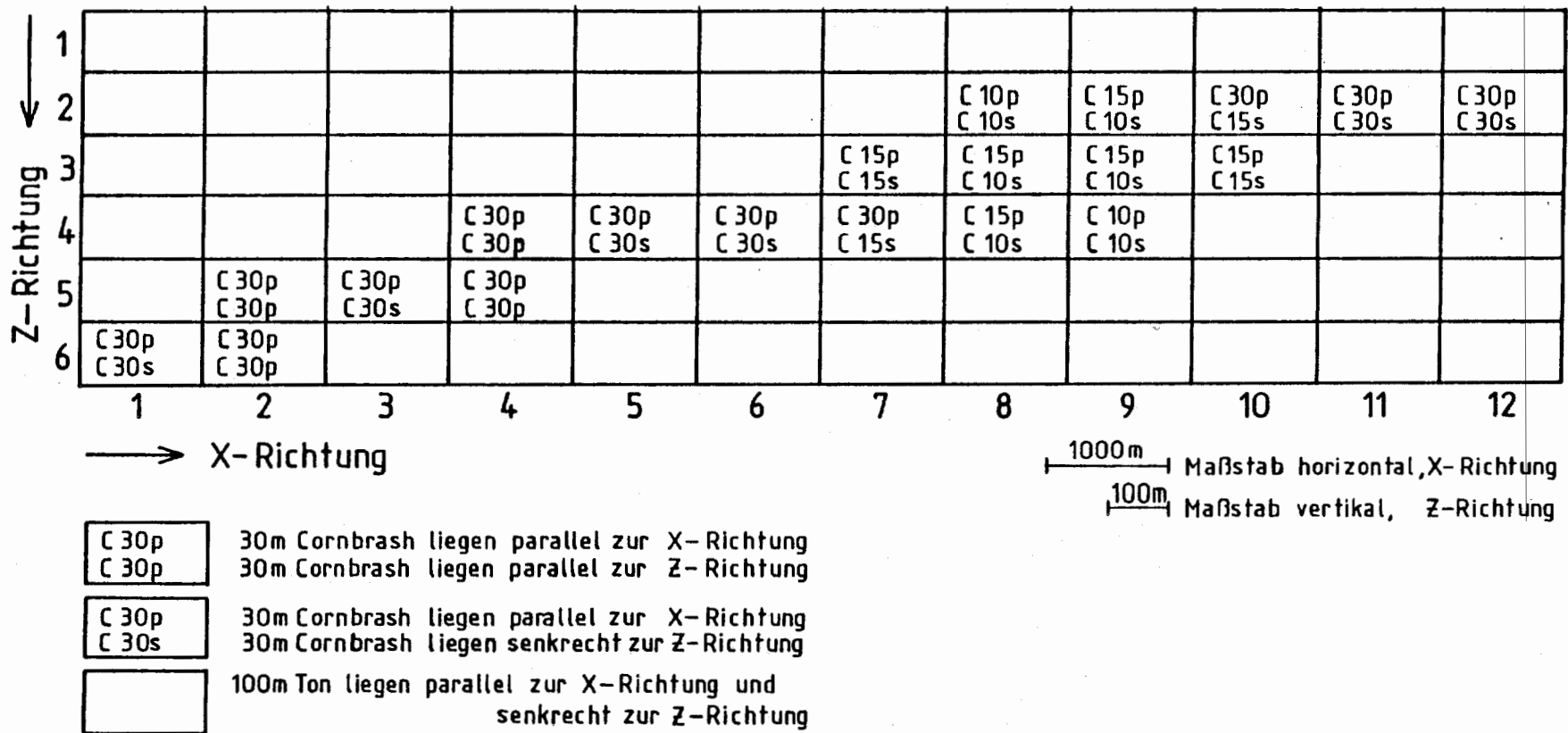


Abb. 4 : Gesteinsmächtigkeiten zur Berechnung der Durchlässigkeiten
Testrechnungen, Fall 2

Z-Richt. ↓	2		3. E-8	3. E-8	3. E-8
	3	3. E-8	3. E-8	3. E-8	3. E-8
	4	3. E-8	3. E-8	3. E-8	
		7	8	9	10
	→ X-Richtung				

Fall 2A

Z-Richt. ↓	2		3. E-8		
	3		3. E-8		
	4		3. E-8		
		7	8	9	10
	→ X-Richtung				

Fall 2B

Abb. 5 : Durchlässigkeit in m/s in Z-Richtung,
Varianten zur Testrechnung Fall 2,
alle übrigen Elemente wie in Abb. 4

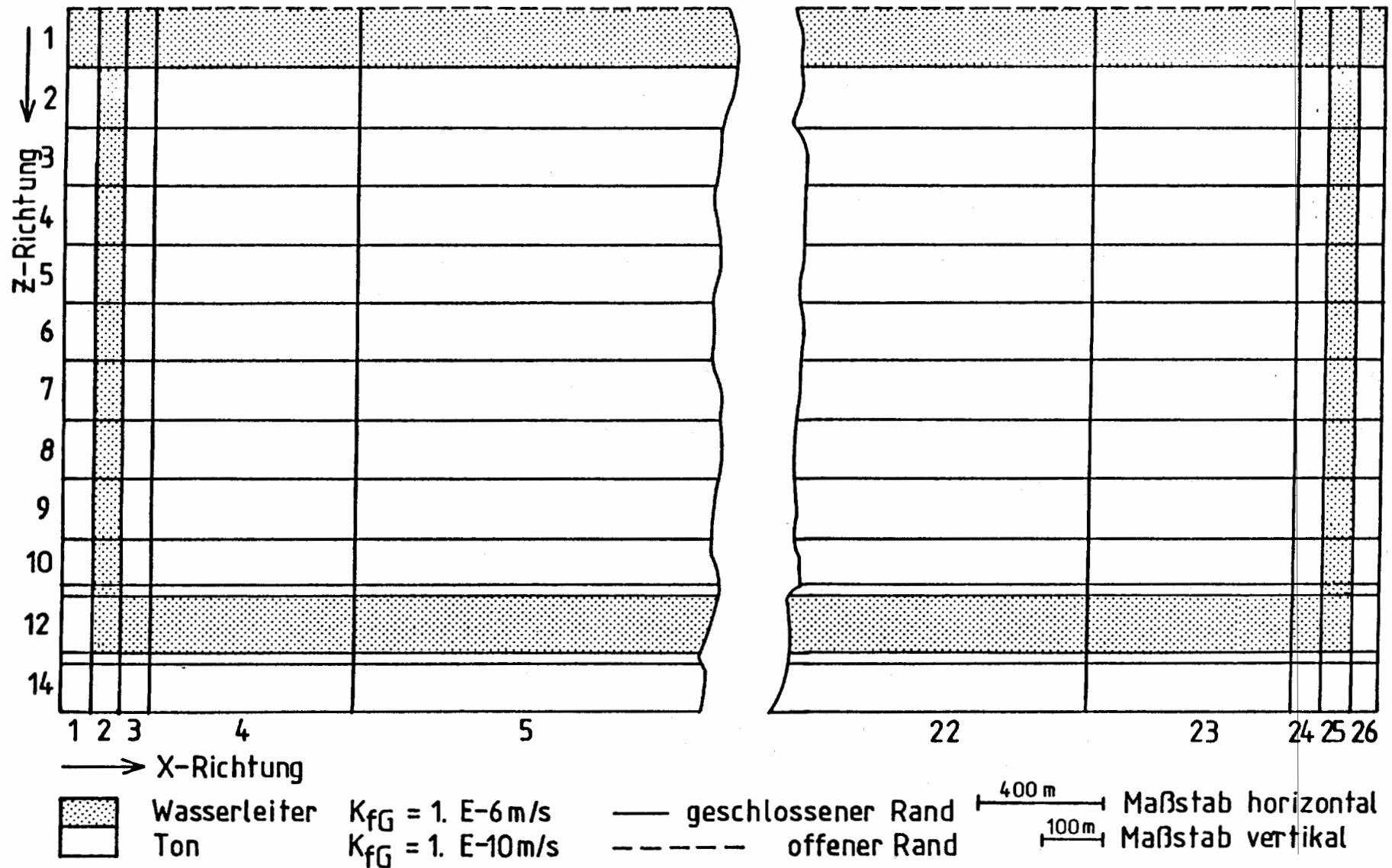
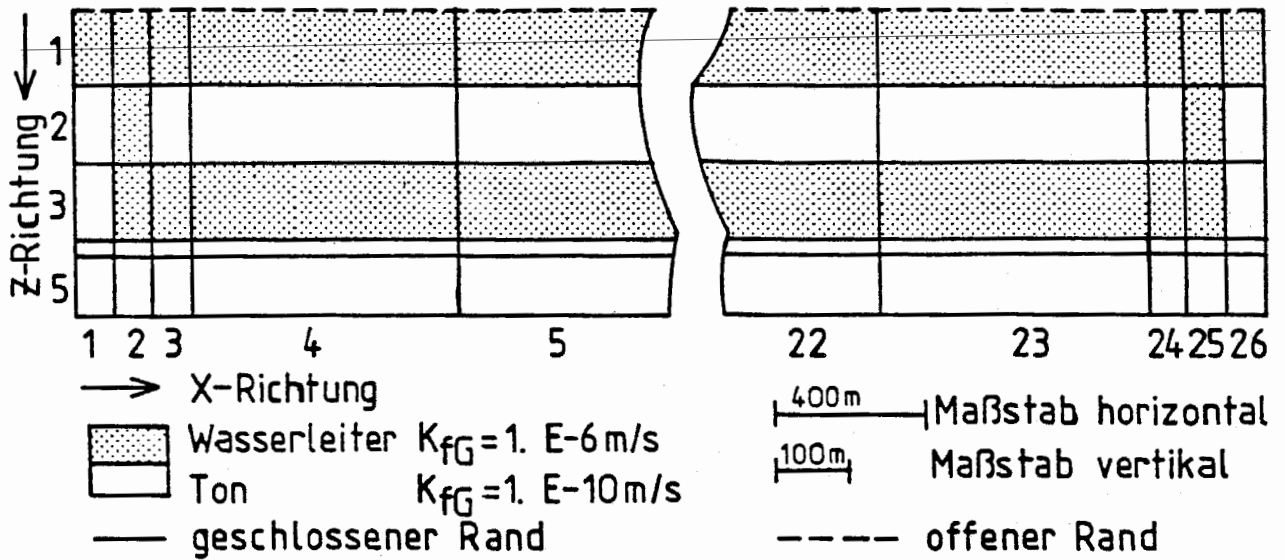


Abb. 6: Lage der Wasserleiter und Modellraster, Testrechnungen Fall 3

Modell für Fall 3A und 3B



Element		Gesteinsmächtigkeit in m		Durchlässigkeit in m/s	
X	Z	X	Z	X	Z
1-26	1	W 100p	W 100s	1. E-6	1. E-6
1, 26	2	T 900p	T 900s	9. E-10	1.1 E-11
2, 25	2	W 100s	W 100p	1. E-6	1. E-6
3-24	2	T 900p	T 900s	9. E-10	1.1 E-11
1, 26	3	T 100p	T 100p	1. E-10	1. E-10
2-25	3	W 100p	W 100s	1. E-6	1. E-6
1-26	4	T 20p	T 20s	1. E-10	1. E-10
1-26	5	T 80p	T 80s	1. E-10	1. E-10

Elementbelegung Fall 3A

Element		Gesteinsmächtigkeit in m		Durchlässigkeit in m/s	
X	Z	X	Z	X	Z
2, 25	2	W 900p	W 900s	9. E-6	1.1 E-7
alle übrigen Elemente wie Fall 3A					

Elementbelegung Fall 3B

Abb. 7 : Modelle und Elementbelegung, Testrechnungen
Fall 3A und Fall 3B