

Vortrag für das Seminar  
"Theorie und Praxis Numerischer Modelle  
in der Bodenmechanik"

**GRUNDWASSERMODELL**

**MÜHLSPRUNGQUELLEN NASSEREITH**

Dipl.-Ing. Michael Lumassegger,  
ILF - Ingenieurgemeinschaft Lässer-Feizlmayr, Innsbruck

## **INHALTSVERZEICHNIS**

1.	<b>EINLEITUNG</b>	3
2.	<b>BESCHREIBUNG DES MODELLS</b>	4
2.1	<b>Modellberandung</b>	4
2.2	<b>Netzteilung</b>	4
2.3	<b>Aufschlüsse</b>	4
2.4	<b>Modellsohle (= Bottom)</b>	5
2.5	<b>Gespanntes Grundwasser</b>	6
2.6	<b>Materialkennwerte</b>	6
3.	<b>WASSERBILANZ BEI NIEDERWASSER</b>	6
4.	<b>MODELLEICHUNG</b>	7
5.	<b>LASTFALLBERECHNUNGEN</b>	9
5.1	<b>Lastfall 1: Grundwasserentnahme</b>	9
5.2	<b>Lastfall 2: Kontamination</b>	10
6.	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	10

## 1. EINLEITUNG

### Bild 1: Übersichtskarte

Im Auftrag des Landes Tirol wurde für das WasserverSORGUNGSKONZEPT Tirol von ILF in den Jahren 1991 bis 1993 eine umfassende hydrogeologische Untersuchung des Fernpaßgebietes zwischen Biberwier und Nassereith durchgeführt.

Das Gebiet wird von der Fernpaßstraße als stark frequenTierte Transitstrecke gequert und ist andererseits durch seine reizvolle Landschaft mit mehreren Seen ein beliebtes Erholungsgebiet und durch seine sonstige Unberührtheit ein Trinkwasserhoffnungsgebiet ersten Ranges.

Am Südrand des Gebietes treten östlich von Nassereith die Mühlprungquellen zutage. Diese stellen mit ihrer Gesamtschüttung von 500 - 800 l/s bei einwandfreier Trinkwasserbeschaffenheit eine der potentesten Wasserspender in der westlichen Landeshälfte für das WasserversORGUNGSKONZEPT Tirol dar. Für den Südteil des Gebietes stellen die Quellen zusammen mit der Niederwasserführung des Talbaches (= ca. 50 l/s) den Basisabfluß dar, während die Hochwasserspitzen hauptsächlich über den Talbach, der hier in einem gepflasterten Gerinne oberhalb des Grundwasserspiegels verläuft, abgeführt werden.

Im Zuge der Untersuchungen wurde auch ein Grundwassermodell auf Finite-Elemente-Basis unter Verwendung des Programmsystems FEJUX über den grundwasserdurchströmten Talbereich zwischen den Quellen und einer Engstelle ca. 4 km oberstrom erstellt. Insbesondere waren unter anderem folgende Punkte zu behandeln:

- Ergiebigkeit Grundwasserstrom

- Simulierung einer eventuellen auftretenden Schadstoffausbreitung
- Angabe und Bewertung möglicher Brunnenstandorte zur Trinkwasserentnahme

## **2. BESCHREIBUNG DES MODELLS**

### **2.1 Modellberandung**

#### **Bild K3: Modellgeometrie**

Ost- und Westrand werden von den seitlichen Felsflanken gebildet, welche teilweise durch mächtige Hangschutt-körper überdeckt sind. Der Südrand wurde am Übergang zu den wasserstauenden Seeablagerungen am Talausgang des oberen Gurgltales festgelegt. Der Nordrand liegt in einer 300 m breiten Talengstelle (ca. 500 m südlich Fernsteinsee). Es sind somit mögliche Standorte für Grundwassergewinnung im Schwemmfächer des Tegesbaches im Modell enthalten. Ungefähr in der Mitte des Modelles wird die Aquiferbreite durch den Felssporn von 700 auf ca. 400 m eingeengt.

### **2.2 Netzteilung**

Das Modellgebiet wird zur Berechnung in 517 "Finite Elemente" zerlegt. Den Hauptraster bilden 45 Teile in Längsrichtung und 10 Teile im Querprofil, im Nahbereich der Mühlspungquellen wird die Netzteilung wegen der dortigen hohen Strömungsgeschwindigkeiten verfeinert.

### **2.3 Aufschlüsse**

Da die Quellen von der derzeit in Bau befindlichen Um-fahrungsstraße Nassereith berührt werden, konnte ein um-fangreiches hydrogeologisches Aufschließungsprogramm,

wie Bohrungen, Pumpversuche an Probenahmepiegeln und Markierungsversuche zur Erkundung durchgeführt werden. Diese Aufschlüsse sind im südwestlichen Viertel des Modellgebietes konzentriert, dort sind die Untergrundverhältnisse somit gut bekannt. Die Ergebnisse wurden in das Modell eingearbeitet, sodaß in diesem Viertel sicherlich eine gute Modelleichung zur Übereinstimmung der gerechneten mit den gemessenen Werten möglich war.

Für die nördlich und östlich anschließenden Bereiche mußten Extrapolationen über Tiefenlage Aquifersohle und Durchlässigkeiten durchgeführt werden.

Ebenso konnte der vom Modell berechnete Grundwasserspiegel hier noch nicht mit gemessenen verglichen werden. In diesen Teilflächen des Modells sind bei detaillierteren Fragestellungen (wie z.B. Brunnenstandorte) sicherlich noch hydrogeologische Aufschlüsse durchzuführen, deren Ergebnisse selbstverständlich in das Modell eingearbeitet werden müßten.

#### 2.4 Modellsohle (= Bottom)

Die Modellsohle wird von der Oberkante des Grundwassersstauers (Seeablagerungen), im nördlichen Modellteil evtl. auch Grundmoränen gebildet. Hydrogeologisch wichtig ist die Vertiefung am westlichen Talrand.

Der überlagernde Aquifer hat eine Mächtigkeit von durchschnittlich ca. 20 m, die Überdeckung nimmt von Nord nach Süd ab.

## 2.5 Gespanntes Grundwasser

Über die Bohrungen wurden im südlichsten Teil des Modells Bereiche mit gespanntem Grundwasser angetroffen. Diese wurden in das Modell eingearbeitet.

## 2.6 Materialkennwerte

### Bild K4: Verteilung Materialkennwerte

In einem 2-dimensionalen Grundwassерmodell sind die horizontalen Durchlässigkeitsbeiwerte  $k_f$  [m/s] und die nutzbare Porosität  $n$  [%] anzugeben.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden in den Pegeln über Pumpversuche ermittelt, es ergaben sich Werte von  $7 \times 10^{-4}$  bis  $3 \times 10^{-3}$  m/s. Im Nahbereich der Mühlsprungquellen wurden bei den Markierungsversuchen Werte von  $2 - 5 \times 10^{-1}$  m/s festgestellt, welche reinen, ausgewaschenen Kiesen entsprechen. Zwischen diesen Wertegruppen sind sicherlich Übergangszonen mit Zwischenwerten vorhanden.

Im Modell sind die bestimmten Werte am Ort der Bestimmung (Pegel, Nahbereich Quellen) enthalten, der Übergang, die Größe und Form der Übergangszonen wurden über die in folgender genau beschriebenen Modelleichung ermittelt. Das Ergebnis in Form der Verteilung der Materialkennwerte im Modellgrundriß ist im Bild K4 dargestellt.

## 3. WASSERBILANZ BEI NIEDERWASSER

### Bild K5: Randbedingungen

Mit den durchgeföhrten Hydrologischen Untersuchungen konnte für das Grundwassermödell die qualitative Situa-

tion bei Niederwasser bestimmt und zur Eichung des Modelles herangezogen werden.

Abflüsse (= Output):

Oberirdisch: 620 l/s (direkt gemessen)

Unterirdisch: 30 l/s (Ergebnis Eichung)

Summe Output: 650 l/s

Dies entspricht einer Spende von 12 l/s km<sup>2</sup>  
95 % des Abflusses erfolgen oberirdisch.

Zuflüsse (= Input):

Bachversickerungen: 300 l/s (direkt meßbar)

Niederschläge im Modellgebiet: 0 (Niederwasser)

Unterirdische Zuflüsse: 350 l/s (Differenz zu Gesamtabfluß)

Es sind als 95 % des Abflusses und ca. 50 % des Zuflusses direkt meßbar, womit die quantitative Situation für das Modell bei Niederwasser sehr gut erfaßt wurde. Die unterirdischen Zuflüsse wurden entsprechend der Einzugsgebiete und geologischen Verhältnisse auf die Ränder aufgeteilt.

#### 4.

#### MODELLEICHUNG

Unter Modelleichung wird die Variation von Kennwerten zur Erreichung der Übereinstimmung von gerechneten zu gemessenen Kennwerten (Grundwasserspiegellage, Wassermengenoutput) bezeichnet. Die Variationen müssen im Rahmen der geologisch und hydrologisch plausiblen Möglichkeiten erfolgen, wobei insbesonders variiert werden kann:

- A) Materialkennwerte (Durchlässigkeitsbeiwert)  
Verteilung und Verlauf zwischen Aufschließungsstellen

B) Randbedingungen

Zuflußrandbedingungen (Verteilung)

C) Potentialverlauf zwischen Pegelstellen.

Die Modelleichung wurde für den Niederwasserfall durchgeführt.

Als Potentialrandbedingung wurde ein offener Rand mit Fixpotential am Südrand eingegeben, laut Rechnung treten hier insgesamt 22 l/s Grundwasser aus.

Im Bild K4 ist die Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte als Ergebnis der Modelleichung dargestellt, wobei die Farbbereiche hellblau ( $k_f = 7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ) und rot ( $k_f = 3 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ ) die über Pumpversuche an den Pegeln, der Farbbereich gelb den über Markierungsversuch ermittelten hohen Wert im Quellnahbereich ( $2 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ ) und die Farbbereiche grün ( $1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ ) und dunkelblau ( $6 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ ) Übergangszonen darstellen.

Damit sich die im Isohyppsenbild von der Talmitte schräg zum Talrand gerichtete Strömung ergibt, muß am Westrand oberhalb der Mühlprungquellen ein bevorzugter Wasserweg (langgestreckter blaugrüner Bereich) auftreten, welcher möglicherweise aus seitlich in die Talverfüllung einkeilendem Hangschutt o.ä. besteht und deshalb höhere Durchlässigkeit hat. In der Aquifersohle verläuft in diesem Bereich eine Tiefenrinne.

Grundwasserspiegel:

Bild K6: Vergleich Grundwasserspiegel

Im Bild K6 ist farbig der vom Modell berechnete Grundwasserspiegel und zum Vergleich der im Bereich des südwestlichen Viertels des Modells gemessene Spiegel strichliert (beide bei Niederwasser) eingetragen. Höhen-

lage und Richtung des Grundwasserstromes werden vom geeichten Modell gut wiedergegeben. Gemessener und gerechneter Wasserspiegel liegen max. ca. 40 cm auseinander, was in etwa 2 % der Aquiferfmächtigkeit (= 20 m) entspricht.

## 5. LASTFALLBERECHNUNGEN

Mit dem geeichten Modell (Niederwassersituation) wurden folgende Lastfälle gerechnet:

### 5.1 Lastfall 1: Grundwasserentnahme

Bild K7: Lastfall 1

Entnahmestelle: Waldbereich 250 m südlich des Tegesbaches

Entnahmemenge: 150 l/s

Das Ergebnis dieses Lastfalles ist in Form eines Grundwasserspiegelplanes im Bild K7 dargestellt, der sich ergebende Absenkungstrichter ist deutlich erkennbar. Im Grundwasserstrom unterhalb der Entnahmestelle ergibt sich durch die Verringerung der Menge eine Verflachung des Grundwasserspiegels. Laut Modell würde sich die Entnahme von 150 l/s auf die Schüttung der Mühlspurquelle bei Niederwasser in Form eines Rückganges von insgesamt 110 l/s auswirken, wobei hauptsächlich die höherliegende Quellgruppe 1 betroffen wäre.

Auch in der Natur sind bei Rückgang der Quellschüttungen infolge Trockenheit höherliegende Quellen eines Aquifers meist stärker betroffen.

## 5.2 Lastfall 2: Kontamination

In den nachfolgenden Bildern K8a und K8c ist als Anwendungsbeispiel ein Lastfall Kontamination mit konstanter Konzentration von 100 mg/l am Einspeiseort (= Kreuzung bei St. Wendelin) angeführt, wobei die Entwicklung der Kontaminationsfahne nach 3 und 7 Wochen aufgezeigt wird.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Es zeigt dieses Beispiel die erfolgreiche Anwendung des Programmsystems FEJUX zur Modellierung einer Grundwasserströmung in einem alpinen Talbereich. Die Besonderheiten dieses Beispiels sind zum einen die starken Quellen am Endpunkt, welche fast den gesamten Grundwasserstrom zum Austritt zwingen, weiters der aus den Isohypsenbild erkennbare und mit dem Modell nachvollziehbare bevorzugte Wasserweg entlang einer Talflanke. Die Anwendungsmöglichkeiten sind sehr vielfältig, als Beispiele wurden die Lastfälle Grundwasserentnahme oberhalb des Siedlungsbereiches und ein Kontaminationslastfall berechnet.

Zusammengestellt:

I - L - F

Ingenieurgemeinschaft

Lässer - Feizlmayr

  
Dipl.-Ing. M. Lumassegger

Anhang: Bilder 1, K3 bis K8a, K8c

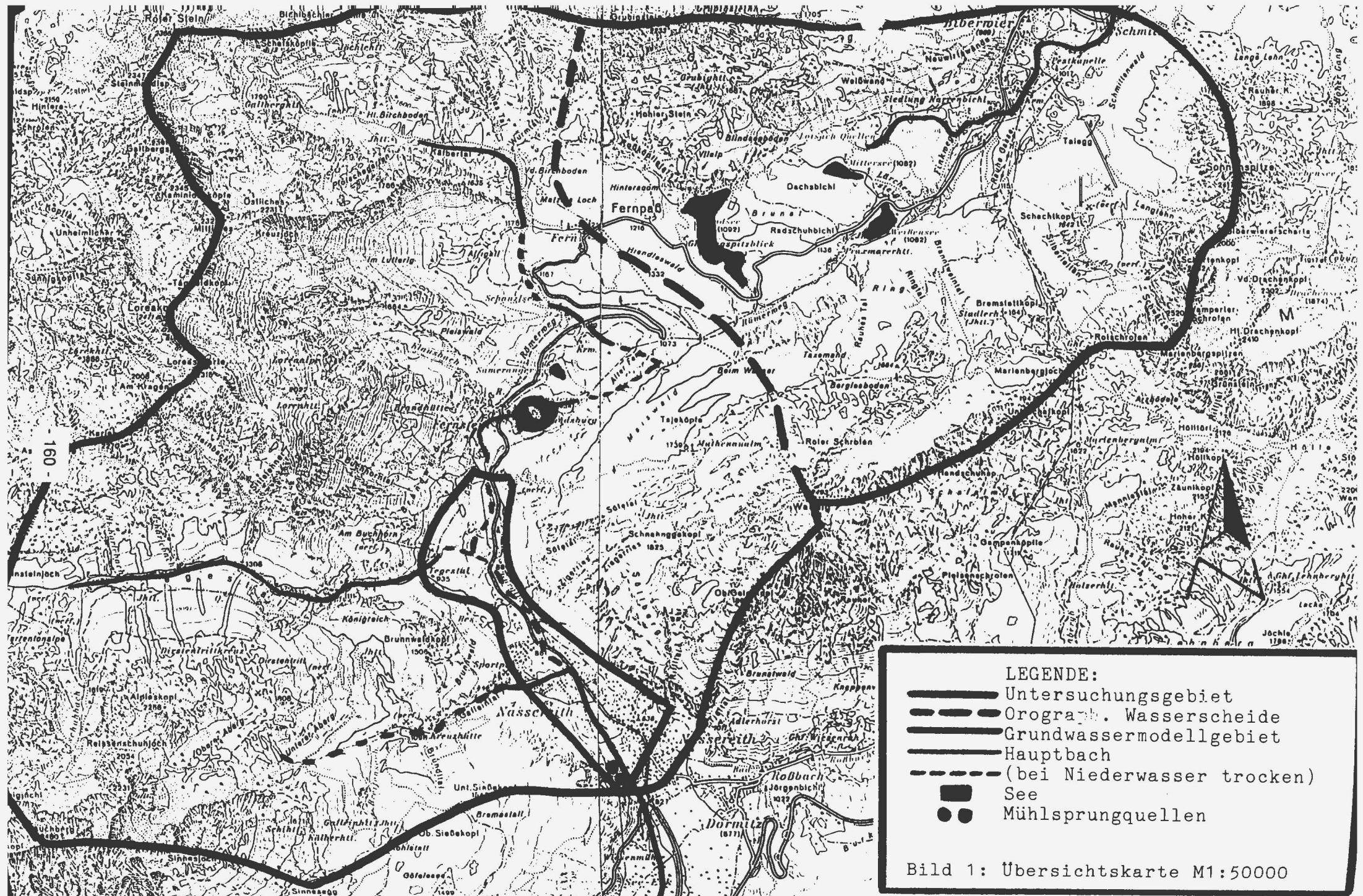
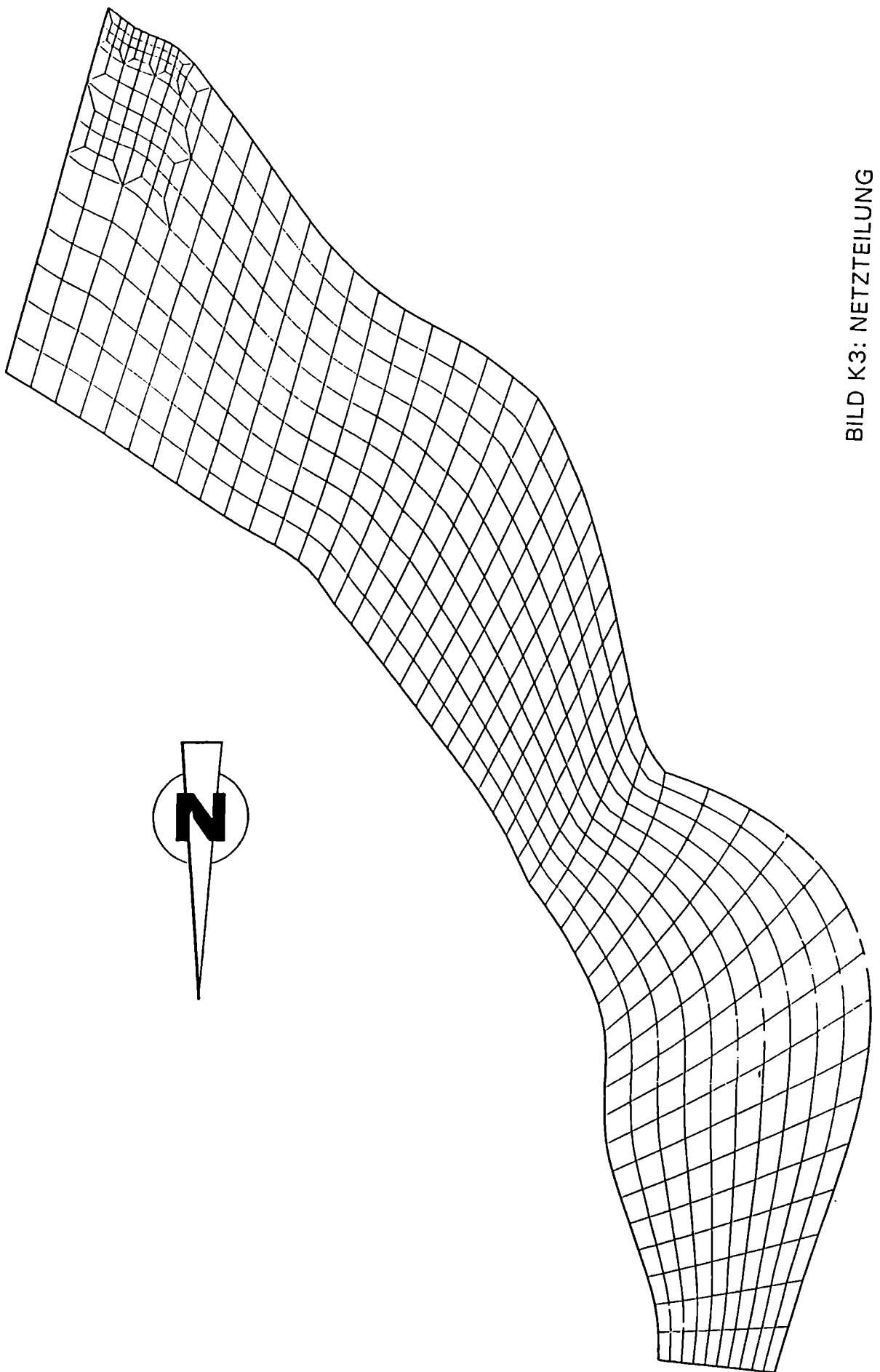


BILD K3: NETZTEILUNG



FEJUX

Wed Feb 3 09:07:31 1993 1075\_97.fei

SCALE 1:20000

0 100 200

Buchung Grundwassermodell

Nassereich

Bodentypen



BILD K4: VERTEILUNG DURCHLÄSSIGKEITSBEIWERTE

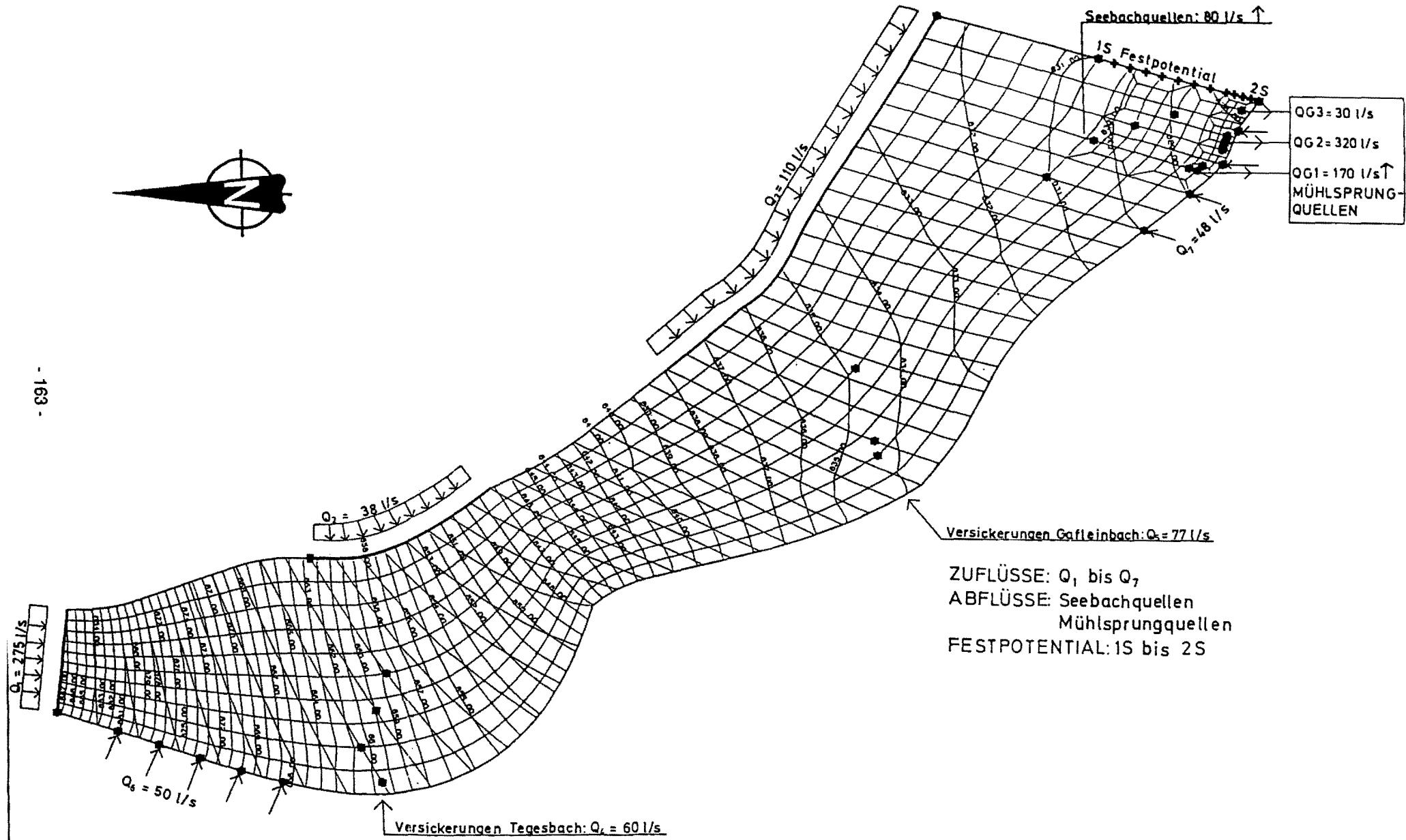
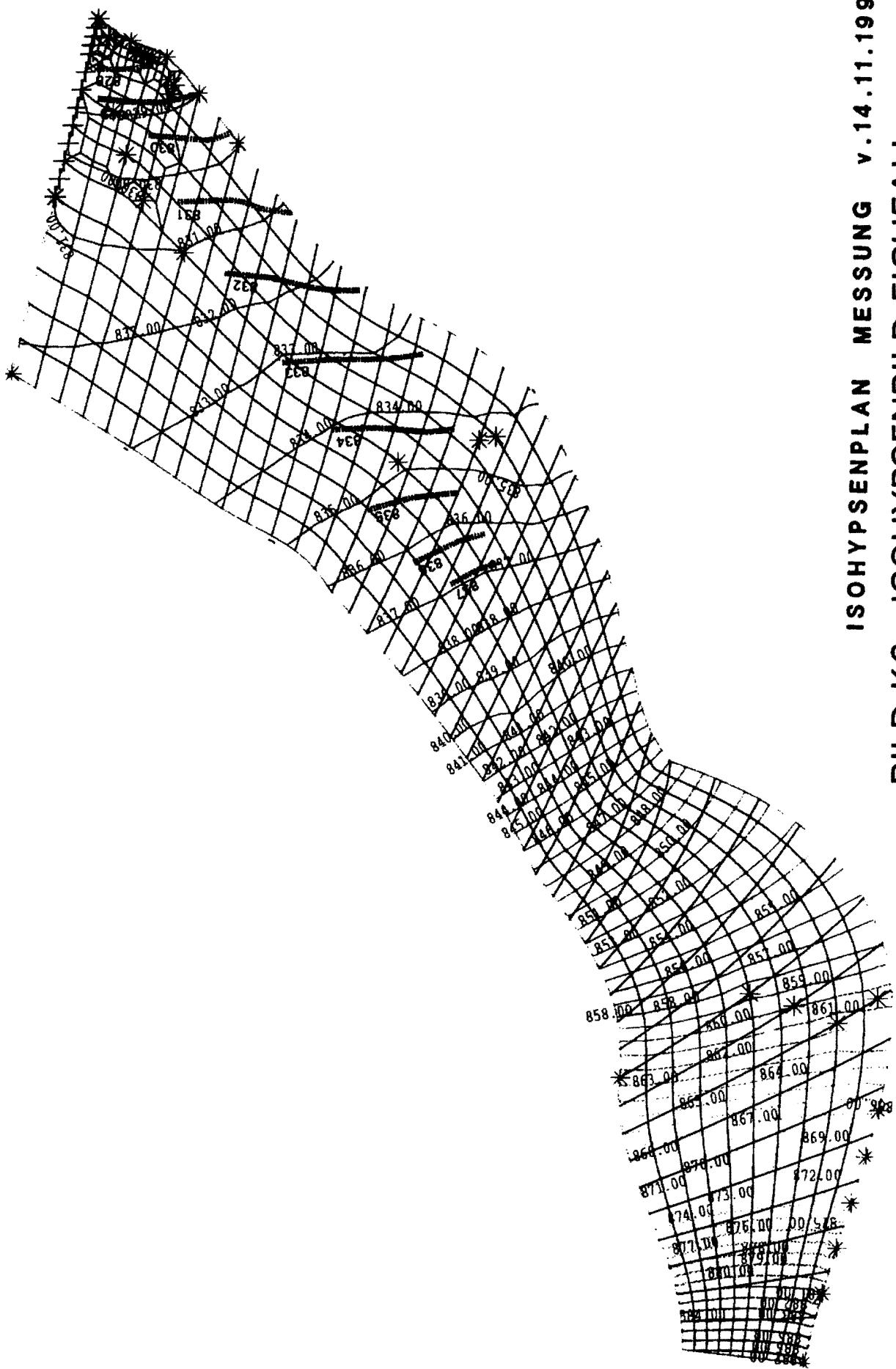
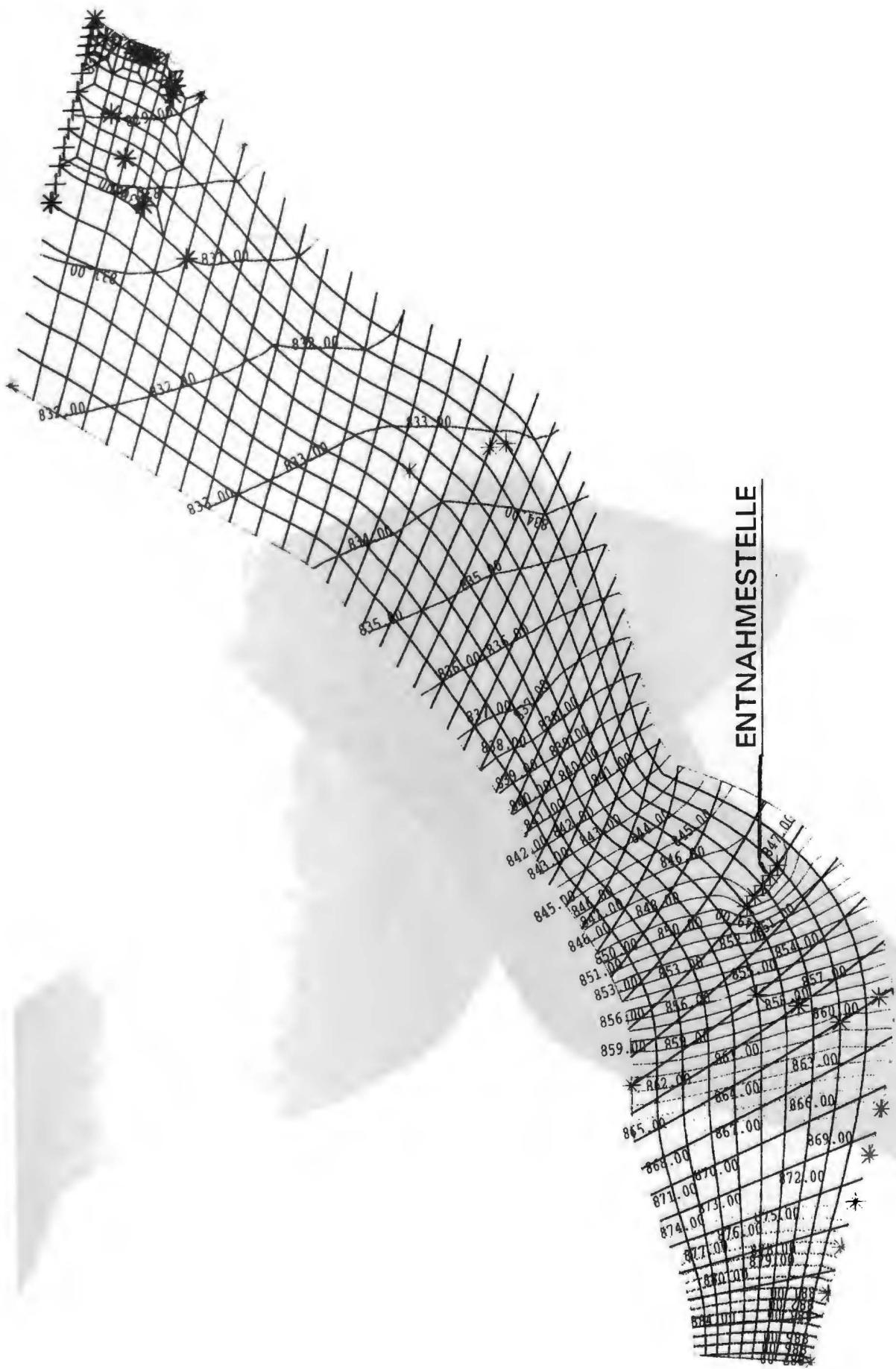


BILD K5: RANDBEDINGUNGEN

ISOHYPSENPLAN MESSUNG v.14.11.1992  
BILD K6: ISOHYPSENBLD EICHFALL  
VERGLEICH MIT MESSUNG v. 14.11.92



## **BILD K7: ISOHYPSEN BILD LASTFALL 1: GRUNDWASSERENTNAHME**



FEJUX

Wed Feb 3 10:38:05 1993 1875\_4\_tta\_1.fei

SCALE 1:12205.083

3

6:025 4:

Grundwassersimulation Nassereith  
Schadstoffeintrag 100mg/l  
nach 3 Wochen.

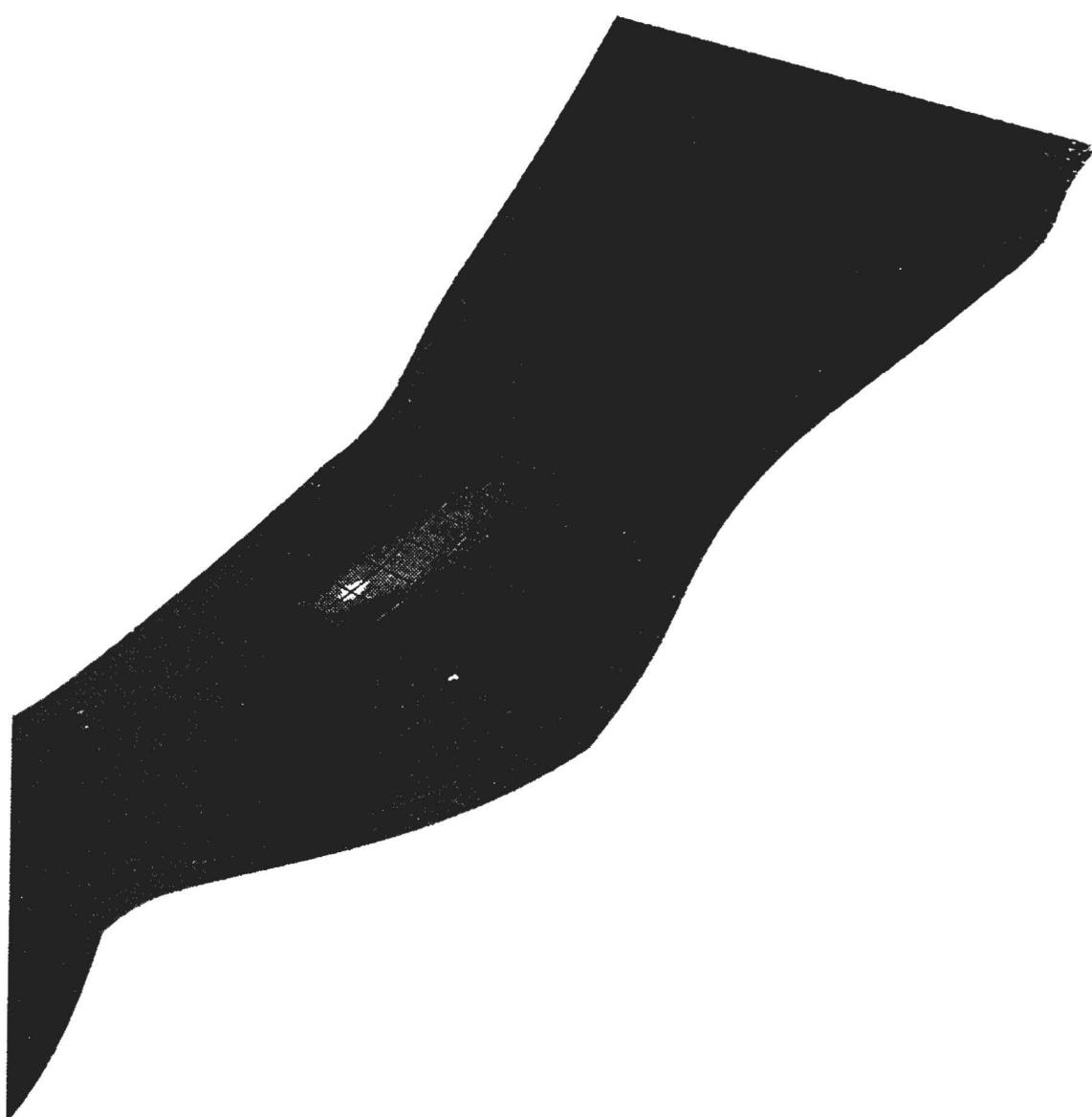


BILD K8a

FEJUX

Wed Feb 3 10:39:58 1993 [875.4 tra 1 fej]

SCALE 1:12205.083

0

61025 117

Grundwassersimulation Nassereich

Schadstoffbelastung 100mg/l

nach 7 Wochen



BILD K8c