

**Untersuchungen zur Langzeitsicherheit
der Grube Konrad
Hydrologische Modellrechnung
mit dem Rechenprogramm CFEST**

Zwischenbericht
für den
Technischen Überwachungsverein Hannover



Battelle-Institut e.V., Frankfurt am Main
Hauptabteilung Energie- und Verfahrenstechnik

Bericht BF-V-66.571-2
April 1988

I n h a l t

	Seite
1 Zielsetzung.....	1
2 Modellaufbau.....	2
3 Durchgeführte Rechnungen.....	5
4 Ergebnisse.....	6
5 Diskussion der Diskrepanzen zwischen CFEST- und SWIFT-Rechnungen.....	13
6 Schlußfolgerungen.....	15
7 Literatur.....	16
8 Anhang: Programmeingabe	

1 Zielsetzung

Der vorliegende Zwischenbericht beschreibt ein Modell zur Simulation der Grundwasserströmung in der Umgebung des geplanten Endlagers Grube Konrad. Der Antragsteller hat diese Strömung mit dem Finite-Differenzen-Modell SWIFT berechnet; in der vorliegenden Arbeit werden dieselben Basisdaten (geologische Struktur, hydrologische Randbedingungen) benutzt, um ein Finite-Element-Modell mit dem Rechenprogramm CFEST zu erstellen. Dies ermöglicht es, einen Vergleich der Antragsteller-Rechnungen mit den Resultaten einer vollkommen unabhängigen Analyse mit einem anderen Verfahren durchzuführen. Im Vergleich der Rechenergebnisse beider Modelle zeigt sich der Einfluß der unterschiedlichen Rechenverfahren. Insbesondere bietet das Finite-Element-Modell die Möglichkeit einer sehr einfachen Beschreibung der Schichtenstruktur. Damit lassen sich die Auswirkungen der beim Finite-Differenzenverfahren unabdingbaren Interpretation der komplizierten Schichtenstruktur in einem rechteckigen Gitternetz beurteilen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die im Plan getroffenen Aussagen zur Konservativität der SWIFT-Rechnungen im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers zu überprüfen.

2 Modellaufbau

Zur Analyse der Grundwasserströmung im Untersuchungsgebiet wurde ein 3-dimensionales Finite-Element-Modell mit dem Rechenprogramm CFEST erstellt. Analog zu den SWIFT-Untersuchungen orientieren sich Lage und Größe des Untersuchungsgebietes am geologischen Aufbau sowie an den hydrogeologischen und geologischen Gegebenheiten. Bild 1 zeigt das für das vorliegende Problem erstellte Oberflächengitternetz zusammen mit dem SWIFT-Modellgitternetz. Die Modellberandung wurde entsprechend den Fließbarrieren, Wasserscheiden und Vorflutern diskretisiert. Dies sind im vorliegenden Fall die Wasserscheide des Salzgitterhöhenzuges im Süden, die Allerniederung im Norden sowie die Salzstöcke Broistedt, Vechelde, Wendeburg, Rolfsbüttel und Gifhorn als westliche und die Salzstöcke Flachstökheim, Thiede, Bechtsbüttel und Calberlah als östliche Modellbegrenzung.

Zur Beschreibung der Abfolge der geologischen Schichten wird an jedem dieser Oberflächengitterpunkte die vertikale Schichtfolge eingegeben. Das Modell besteht aus insgesamt 14 unterschiedlichen Schichten mit dem oberen Muschelkalk als tiefste berücksichtigte geologische Formation. Die Unterkreidetonsteine werden im Modell aus zwei unterschiedlichen Schichten bestehend modelliert, damit der im südlichen Modellgebiet eingelagerte Hilssandstein berücksichtigt werden kann. Im Modell unberücksichtigt bleiben die verschiedenen Verwerfungen im Untersuchungsgebiet. Ein Modell mit durchgehenden nicht unterbrochenen Wasserleitern ist wegen der besseren Wegsamkeiten bezüglich des Ausbreitungsverhaltens konservativ. Bilder 2 bis 16 zeigen für alle modellierten Schichten die Tiefenlinienpläne in einer Konturlinien-Darstellung. Bilder 18 bis 22 zeigen einen Vergleich von aus /1/ entnommenen unterschiedlichen vertikalen Schnitten durch das Gebiet mit der CFEST-Modellgeometrie; die Lage der Schnitte ist in Bild 17 angegeben. (Aus programmtechnischen Gründen lassen sich mit CFEST nur Darstellungen erzeugen, bei denen die Schnittführung näherungsweise mit derjenigen aus /1/ übereinstimmt.) Es wird deutlich, daß mit dem in CFEST angewandten Finite-Element-Verfahren

außerordentlich flexibel sich auch sehr komplexe Problemgeometrien beschreiben lassen. Insbesondere zeigt sich dies bei der Modellierung von kompliziert berandeten Gebieten und Schichten, die im Untersuchungsgebiet ausstreichen.

Das entwickelte Modell besitzt 108 Oberflächenknoten. Es besteht aus insgesamt 1180 Knoten und 889 Elementen. Es erstreckt sich über ca. 45 km in Nord-Süd-Richtung und ca. 25 km in Ost-West-Richtung. Der obere Muschelkalk als tiefste modellierte Schicht reicht im Bereich Gifhorn bis auf eine Tiefe von ca. 3000 m.

Bei den Randbedingungen des Modells wurden die seitlichen vertikalen Begrenzungsflächen mit Ausnahme derjenigen am Salzgitterhöhenzug (Druckrandbedingung) und die Modellbasis als geschlossen angesetzt. Am Salzgitterhöhenzug wurde an den Randgitterpunkten ein hydraulisches Potential entsprechend der Ausstrichhöhe der einzelnen geologischen Schichten vorgegeben. Auf diese Weise läßt sich die charakteristische Druckverteilung mit einem höheren Druck in den tieferen Grundwasserleitern realisieren. Diese etwas vereinfachte Beschreibung ist naheliegend, weil eine exakte Modellierung der Geometrie in diesem Bereich mit den steil gestellten geologischen Schichten einen unverträglich hohen Diskretisierungsaufwand erfordern würde. Hinsichtlich der Problemstellung ist dieses Vorgehen unerheblich, weil das Strömungsverhalten des Grundwassers nur von der globalen Druckverteilung bestimmt wird.

An der Modelloberfläche wurde das hydraulische Potential entsprechend den jeweiligen Grundwasserhöhengleichungen vorgegeben (Bild 23; Bild 23a zum Vergleich mit SWIFT-Rechnungen /2/). Alle Randbedingungen sind stationär, d.h. es wird angenommen, daß die hydrogeologischen Verhältnisse über lange Zeit konstant bleiben.

Neben den Randbedingungen sind auch die Materialdaten für die einzelnen Schichten zu definieren. Bei dem verwendeten Finite-Element-Verfahren geschieht dies einfach, indem jeder Schicht bzw. jedem Element hydraulische Leitfähigkeit und Porosität nach Tab. 1 zugeordnet werden.

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwerte und effektive Porositäten der modellierten Schichtglieder

Schichteinheit	Durchlässigkeitsbeiwerte m/s	Effektive Porositäten in %
Quartär + Tertiär	10 ⁻⁵	25
Emscher-Mergel	10 ⁻⁸	20
Plänerkalke	10 ⁻⁷	5
Unterkreide außer Hilssandstein	10 ⁻¹⁰ bzw. 10 ⁻¹²	10
Hilssandstein	10 ⁻⁵	25
Wealden, Kimmeridge und Münder-Mergel	10 ⁻⁸	10
Oxford	10 ⁻⁷	2
Cornbrash-Sandstein	10 ⁻⁶	5
Dogger, Lias und Keuper Ton- und Mergelsteine	10 ⁻¹⁰	10
Rhät	10 ⁻⁶	20
Oberer Muschelkalk	10 ⁻⁶	2

3 Durchgeführte Rechnungen

Insgesamt wurden drei Rechnungen durchgeführt, die sich hinsichtlich der verwendeten Materialdaten und Randbedingungen unterscheiden:

Variante 1: Referenzrechnung

Variante 2: Rechnung mit vermindelter Leitfähigkeit für die Unterkreideschicht

Variante 3: Rechnung mit konstanter Druckrandbedingung am Salzgitterhöhenzug

Bei der Referenzrechnung wurden die Materialdaten nach Tabelle 1 und die Randbedingungen am Salzgitterhöhenzug entsprechend den unterschiedlichen Ausstrichshöhen der einzelnen Schichten zugrundegelegt. Variante 2 unterscheidet sich von der Referenzrechnung dadurch, daß der Durchlässigkeitsbeiwert der Unterkreide um 2 Größenordnungen kleiner als bei der Referenzrechnung ist. Damit lassen sich die Auswirkungen unterschiedlicher Deckgebirgsdurchlässigkeiten auf die Grundwasserströmung untersuchen. Bei Variante 3 wurde am Salzgitterhöhenzug ein konstantes Potential von 160 m vorgegeben. Dies erlaubt, durch Vergleich mit der Referenzrechnung die Auswirkungen der für den Standort typischen Druckrandbedingungen mit höheren Drücken in den tiefen Grundwasserleitern zu beurteilen.

4 Ergebnisse

CFEST liefert für das Modell die Druckverteilung, die Darcy-geschwindigkeiten, Ein- und Ausströmraten an den offenen Modellrändern sowie den Verlauf der Bahnlinien mit zugehörigen Transportzeiten. Das Programm bietet eine Vielzahl von Möglichkeiten, um diese Resultate in grafischer Form darzustellen. Dazu gehören Schnittdarstellungen durch das Modell mit Druckverteilungen sowie die Darstellung der Druckverteilung an der Kontaktfläche zweier Schichten in Form eines Konturlinien-Plots. Weiterhin können die Bahnlinien in verschiedener Projektion dargestellt werden.

4.1 Druckverteilung

Die Druckverteilung im System wird durch die globale Druckdifferenz zwischen Salzgitterhöhenzug im Süden und Allerniederung im Norden geprägt. Die maximale Potentialdifferenz zwischen diesen beiden Punkten beträgt ca. 140 m. Sie ist die treibende Kraft für die Grundwasserbewegung im Untersuchungsgebiet, die von Süd nach Nord erfolgt.

In Bild 25 bis 27 ist die Potentialverteilung für Variante 1 in 3 Schnitten durch das Untersuchungsgebiet entsprechend Bild 24 dargestellt. Die vertikale Koordinate ist in allen Fällen um ca. den Faktor 7.5 erhöht. Schnitt A und Schnitt B folgen der Hauptströmungsrichtung im Untersuchungsgebiet, Schnitt C geht in Ost-West-Richtung durch den Lagerbereich. Bilder 25 und 26 machen die charakteristische Druckverteilung im System deutlich. Die tiefen Grundwasserleiter Oberer Muschelkalk und Rhät stehen im Südwesten am Salzgitterhöhenzug über Tage an und beziehen von dort ihr Potential. Dies ist die Ursache für die Druckverteilung mit einem hohen Potential in der Tiefe. Das Abknicken der einzelnen Potentiallinien erfolgt an den Kontaktflächen der einzelnen Schichten, d.h. an den Unstetigkeitsstellen der Materialdaten (Bild 25).

In Bild 25a ist die mit SWIFT berechnete Potentialverteilung angegeben /2/. Der Vergleich mit Bild 25 zeigt als wesentlichen Unterschied im unteren Modellbereich bei CFEST höhere Potentialwerte als bei SWIFT; dagegen sind die Ergebnisse im mittleren und oberen Modellbereich vergleichbar.

Bilder 28 bis 30 und Bilder 31 bis 33 zeigen entsprechende Resultate für Variante 2 und 3. Vergleicht man Variante 1 mit Variante 2, so ergibt sich, daß eine verminderte Durchlässigkeit des Deckgebirges (Variante 2) dazu führt, daß die Potentiallinien nach Norden verschoben werden, weil sich der aufgeprägte Druck nicht so schnell abbauen kann. Der Vergleich von Variante 3 mit der Referenzrechnung (Variante 1) zeigt, daß sich eine detaillierte Modellierung der Druckrandbedingung am Salzgitterhöhenzug nur im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes auf den Druckverlauf auswirkt. Bei Variante 3 wurde eine konstante Potentialrandbedingung am Salzgitterhöhenzug ($h = 160$ m) vorgegeben, im nördlichen Gebiet stimmt die Druckverteilung trotzdem mit der Referenzrechnung nahezu überein.

Bilder 34 bis 36 zeigen die Druckverteilung an der Oberfläche von Oxford, Rhät und Oberem Muschelkalk. Diese Abbildungen verdeutlichen sehr anschaulich das Potentialgefälle vom Salzgitterhöhenzug bis zur Allerniederung. Die Druckverteilung von Rhät und Oberem Muschelkalk (Bild 35 und 36) machen deutlich, daß die durch die komplexen Druckrandbedingungen am Salzgitterhöhenzug aufgeprägten großen Potentialgradienten sehr rasch in Richtung Norden abklingen. Die großräumige Druckverteilung ist von Details dieser Randbedingungen unabhängig, sie wird nur von der aufgeprägten globalen Druckdifferenz bestimmt.

Bilder 37 und 38 zeigen die entsprechende Potentialverteilung für das Oxford bei Variante 2 und Variante 3. Bei Variante 2 (Bild 37) erkennt man die bereits erwähnte Verschiebung der Potentiallinien nach Norden, während sich Variante 3 (Bild 38) nur im südlichen Teil etwas von der Referenzrechnung unterscheidet.

CFEST bietet nicht die Möglichkeit, die Darcygeschwindigkeiten in derselben Projektion wie die Druckverteilungen darzustellen. Da es sich um ein Potentialproblem handelt, stehen die Geschwindigkeitsvektoren in den Schnitten jedoch senkrecht auf den gezeigten Potentialisolines. Eine anschauliche Darstellung des Geschwindigkeitsfeldes wird im folgenden im Rahmen der Diskussion der Ausbreitungswege mit den Bahnlinien gegeben.

4.2 Ausbreitungswege und Geschwindigkeitsverlauf

Bild 39 zeigt für die Referenzrechnung die Projektion von Bahnlinien, die im Lagerbereich im Oxford beginnen, auf die vertikale Nord-Süd-Ebene. Die vertikale Achse ist wieder um ca. den Faktor 7.5 gestreckt. Bild 40 zeigt die entsprechende Projektion auf die Modelloberfläche. Die Bahnlinien beschreiben den Weg, den einzelne Wasserpartikel zurücklegen. Sie verlaufen zunächst ein Stück im Oxford nach Norden, um dann im Kimmeridge nach oben abzuzweigen. Im Kimmeridge besitzen die Geschwindigkeitsvektoren noch eine deutlich sichtbare Komponente nach Norden. In der vertikalen Projektion verlaufen die Stromlinien daher schräg nach oben. Anschließend verlaufen die Stromlinien in der Unterkreide senkrecht nach oben. Nach Eintritt in die Oberkreideschicht besitzen sie wieder eine Komponente in Richtung Norden. Ein Teil der Stromlinien geht anschließend durch die Schichten des Emscher Mergel. Dieser wird ebenfalls nahezu senkrecht durchströmt. Im Bereich südlich von Groß-Gleidingen erreichen die Stromlinien die oberste grundwasserführende Schicht, das Quartär. Dort knicken sie nach Nordwesten ab, um im Bereich Wierthe am Rand des Salzstocks Vechelde an die Oberfläche zu treten.

Allerdings sind bezüglich dieses Ausbreitungsweges im Quartär Zweifel angebracht, weil das Quartär im Modell wegen seiner geringen Mächtigkeit nur relativ vereinfacht beschrieben werden kann, d.h. eine exakte Modellierung der Ausbreitung im Quartär mit Berücksichtigung aller lokalen Einflüsse würde ein wesentlich verfeinertes Modell erfordern. Auffallend ist die direkte Korrelation der Strömungsrichtung mit den hydraulischen Eigenschaften der einzelnen Schichten. Mit abnehmender Durchlässigkeit werden die Schichten zunehmend senkrecht durchströmt.

Tab. 2 gibt einen Überblick über die berechneten Bahnlinien aus dem Lagerbereich mit den Laufzeiten für die einzelnen Schichten. Die berechneten Gesamtlaufzeiten vom Lagerbereich bis zur Oberfläche liegen zwischen minimal ca. 300000 und maximal ca. 700000 Jahren. Sie hängen vom jeweiligen Strömungsweg ab. Die kürzesten Transportzeiten werden für die Bahnlinien berechnet, die im östlichen Teil des Lagerbereiches beginnen (Startelemente 80016, 80020; Tab. 2). Einige der Bahnlinien laufen bei ihrem Weg an die Oberfläche zunächst durch die Doggertonsteine. Beim Transport überwiegen die Zeiten, die zum Durchströmen von Kimmeridge und Unterkreide notwendig sind. Die Transportzeiten durch die gut leitenden Schichten (Oxford, Oberkreide) spielen im Vergleich hierzu eine untergeordnete Rolle.

Zur Darstellung der Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind in Bild 41 bis 45 Bahnlinien gezeigt, die an verschiedenen Stellen im Untersuchungsgebiet in den Wasserleitern Oxford, Cornbrash, Rhät und Oberer Muschelkalk beginnen. Die Bahnlinien besitzen eine charakteristische Treppenform. Dies läßt sich dadurch erklären, daß der Transport in den Wasserleitern vorwiegend in Süd-Nord-Richtung erfolgt, während die dazwischen lagernden schwach durchlässigen Tongesteine vorwiegend von unten nach oben durchströmt werden.

Tab. 2: Laufzeiten von Bahnlinien aus dem Lagerbereich (Variante 1)

Startelement	80013	80015	80015	80015	80016	80016	80020
Dogger	-	40000	-	90000	-	-	-
Oxford	6600	2800	6100	13000	7900	4700	1600
Kimmeridge	300000	187000	161000	189200	126000	121000	66700
Unterkreide	250000	233000	266000	429000	248000	245000	222000
Plänerkalke	13800	5900	9100	1900	13500	14600	9200
Emscher-Mergel	-	-	-	-	-	-	17800
Quartär	1000	38	900	800	900	1100	1100
Gesamtlaufzeit	572000	469000	442000	724000	396000	386000	318000

Tab. 3: Laufzeiten von Bahnlinien aus dem Lagerbereich (Variante 2)

Startelement	80013	80013	80013	80015	80015	80015	80016	80016	80016	80020
Dogger	-	-	-	-	-	1.09E6	-	-	-	-
Oxford	300	900	50000	25000	46000	62000	24000	21000	71000	22000
Kimmeridge	1.70E6	1.72E6	3.45E6	4.30E6	3.35E6	2.55E6	3.23E6	3.01E6	2.33E6	2.64E6
Unterkreide	1.38E7	1.41E7	1.75E7	1.13E7	1.26E7	1.14E7	8.90E7	1.92E7	1.50E7	8.90E7
Plänerkalke	21400	19500	-	-	-	-	-	-	-	-
Quartär	700	800	900	1100	900	800	1800	900	500	1800
Gesamtlaufzeit	1.55E7	1.58E7	2.1E7	1.56E7	1.6E7	1.51E7	9.23E7	2.22E7	1.74E7	9.17E7

Bild 39a zeigt mit SWIFT berechnete Strömungswege aus dem Lagerbereich an die Oberfläche /2/. Die Lage der Strömungswege und die zugehörigen Laufzeiten sind mit den CFEST-Ergebnissen vergleichbar. Allerdings werden in /2/ nur Bahnlinien angegeben, die im östlichen Lagerbereich starten. Dieser Bereich ist nur von einer gering mächtigen Kimmeridge-Schicht überdeckt. Damit erklären sich die in Tab. 2 angegebenen in Vergleich zu den SWIFT-Analysen teilweise sehr langen Laufzeiten durch das Kimmeridge. Unterschiede zeigen sich bei Strömungswegen im unteren Modellbereich: Während CFEST nur geringe horizontale Strömungswege berechnet, zeigt die SWIFT-Rechnung weitreichende Strömungswege im unteren Modellbereich. Entsprechende Unterschiede wurden bereits bei den Potentialverteilungen festgestellt; offenbar führt die stärker ausgeprägte Modellierung von durchgängigen Wasserleitern im unteren Modellbereich bei SWIFT zu diesen Abweichungen.

Bilder 46 bis 49 zeigen für Variante 2 entsprechende Projektionen von Bahnlinien. Es ist zu erkennen, daß neben dem von der Referenzrechnung bekannten direkten Ausbreitungsweg vom Lager an die Oberfläche ein weiterer existiert. Bei diesem Ausbreitungsweg verbleiben die Bahnlinien zunächst in Oxford und Kimmeridge und steigen erst ganz im Nordwesten des Untersuchungsgebietes in der Umgebung von Vollbüttel senkrecht durch die Unterkreideschicht zum quartären Grundwasserstockwerk auf. Zum Teil ist der Verlauf dieser Bahnlinien dadurch gekennzeichnet, daß sie zwischen Oxford und Kimmeridge hin und her wechseln, bevor sie senkrecht aufsteigen. Bezüglich der anschließenden Ausbreitung im Quartär gilt das oben Gesagte.

Die berechneten Transportzeiten (Tab. 3) sind in diesem Fall wesentlich größer als bei der Referenzrechnung. Sie liegen zwischen ca. 15 Millionen und ca. 90 Millionen Jahren. Der wesentliche Anteil wird ebenso wie bei Variante 1 für das Durchströmen der Unterkreideschichten benötigt, während die Zeiten zum Durchströmen von Oxford und Kimmeridge deutlich kürzer sind. Dieses Verhalten erklärt sich mit der niedrigeren Durchlässigkeit der

Unterkreide. Da keine Bahnlinien existieren, die die Unterkreide umgehen (z.B. beim direkten Kontakt von Oxford und Quartär bei Calberlah), müssen die Transportzeiten um ca. 2 Größenordnungen länger sein als bei der Referenzrechnung. Dies verdeutlicht den dominanten Anteil der Unterkreideschicht am Rückhaltevermögen des geologischen Systems.

Bild 46a zeigt zum Vergleich die mit SWIFT berechneten Strömungswege für Variante 2. Bei dieser Rechnung verlaufen alle Strömungswege über weite Strecken horizontal entsprechend dem zweiten Fall bei CFEST; die angegebenen Laufzeiten sind jedoch 1 bis 2 Größenordnungen geringer. Bei diesem Vergleich erscheinen die SWIFT-Ergebnisse konservativ. Ursache hierfür sind die unterschiedlichen Strömungswege: Während SWIFT eine Strömung aus dem Oxford direkt in den quartären Grundwasserleiter berechnet, erfolgt bei CFEST die Freisetzung in jedem Fall durch die Unterkreide. Mögliche Ursachen für diesen gravierenden Unterschied werden in Kapitel 5 diskutiert.

Für Variante 3 wurden keine Transportzeiten und -wege untersucht, weil zu erwarten ist, daß diese mit der Referenzrechnung übereinstimmen, da die Druckverteilung nur in der Höhe des Salzgitterhöhenzuges von der Referenzrechnung abweicht.

Bei der zusammenfassenden Bewertung der berechneten Ausbreitungswege und Fließzeiten ist zu beachten, daß die hier ermittelten Austrittsorte an der Oberfläche nicht notwendigerweise die Orte maximaler Radionuklidfreisetzung in die Biosphäre darstellen müssen. Die Radionuklidausbreitung wird auch vom Retentionsvermögen der einzelnen geologischen Formationen beeinflusst, so daß der Verlauf der maximalen Radionuklidkonzentrationen nicht den hier dargestellten Wegen der Grundwasserbewegung folgen muß. Dem Verlauf der Grundwasserbewegung würde lediglich ein idealer Tracer ohne Retention folgen.

5 Diskussion der Diskrepanzen zwischen CFEST- und SWIFT-Rechnungen

Wie in Kap. 4 dargestellt wurde, gibt es bei der Rechnung mit niedriger hydraulischer Leitfähigkeit der Unterkreide (Variante 2) deutliche Unterschiede zwischen den CFEST- und SWIFT-Ergebnissen. Der mit SWIFT ermittelte Freisetzungspfad vom Oxford direkt in das Quartär in der Nähe von Calberlah mit einer Transportzeit von ca. 300.000 Jahren konnte mit CFEST nicht gefunden werden. CFEST berechnet hier wie bei der Referenzrechnung lediglich Freisetzungspfade durch die Unterkreideschicht mit wegen der geringen hydraulischen Leitfähigkeit sehr langen Freisetzungsdauern von bis zu 90 Millionen Jahren.

Als eine Ursache für diese Diskrepanzen kommt die Vernachlässigung der Südwest-Nordost Orientierung im nördlichen Untersuchungsgebiet beim Finite-Differenzen-Gitternetz des SWIFT-Modells in Frage. Bei den SWIFT-Rechnungen wird das in nordöstlicher Richtung abknickende nördliche Untersuchungsgebiet so behandelt, als ob es auch in Nord-Süd-Richtung orientiert wäre, d.h. der Knick bleibt unberücksichtigt. Wie sich an einfachen Überlegungen zeigen läßt, ist dieses Vorgehen nur dann richtig, wenn man die berechneten Geschwindigkeiten entsprechend transformiert. Bild 50 macht dies an einer einfachen ebenen Potentialströmung deutlich:

Die obere Hälfte zeigt die im rautenförmigen Untersuchungsgebiet angenommene reale Strömungsrichtung in nordöstlicher Richtung normal zu den durch die Druckrandbedingungen aufgeprägten Potentiallinien. Die untere Hälfte zeigt den Verlauf der Potentiallinien und die Strömungsrichtung in diesem Gebiet, wenn man sich, wie bei den SWIFT-Rechnungen angenommen, dieses Gebiet durch eine Verdrehung des Gitters in Nord-Süd-Richtung orientiert denkt. Bei identischen Potentialrandbedingungen führt diese Verdrehung des Gitters dazu, daß die Strömungsrichtung im verzerrten Netz relativ zum Uhrzeigersinn verdreht wird. Um die korrekte Strömungsrichtung zu erhalten, müssen die ermittelten Geschwindigkeits-

vektoren entsprechend transformiert werden. Offenbar ist das bei den SWIFT-Rechnungen nicht geschehen.

Diese Vermutung läßt sich durch eine CFEST-Rechnung bekräftigen, bei der entsprechend den SWIFT-Rechnungen der Knick im Modellgebiet vernachlässigt wurde. Bild 51 zeigt die mit diesem Modell berechneten Freisetzungspfade in einer Projektion auf die Modelloberfläche. Ein Vergleich mit Bild 47 zeigt die relative Verdrehung der Geschwindigkeitsvektoren im Uhrzeigersinn im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes. Das Geschwindigkeitsfeld bei diesem Modell macht die Möglichkeit einer direkten Strömung vom Oxford in das Quartär bei Calberlah plausibel. Allerdings bleibt noch der Unterschied, daß die mit CFEST berechneten Bahnlinien noch vor Erreichen der Gegend von Calberlah durch die Unterkreide an die Oberfläche aufsteigen. Mögliche Ursache hierfür kann die bereits in Kap. 4 erwähnte ausgeprägte Modellierung der Wasserleiter im SWIFT-Modell sein, die eine durchgängige Strömung in den Wasserleitern ermöglicht. Auch eine weitere Rechnung mit einer angenommenen hydraulischen Leitfähigkeit von 10^{-15} m/s für die Unterkreide lieferte nur entsprechend erhöhte Laufzeiten aber keine anderen Freisetzungswegen. Letztlich konnten diese verbleibenden Unterschiede nicht geklärt werden. Mit Sicherheit lassen sich hier auch Effekte aufgrund der numerischen Algorithmen zur Berechnung der Bahnlinien nicht ausschließen, da diese Algorithmen sowohl bei CFEST als auch bei SWIFT numerisch sehr empfindlich reagieren.

6 Schlußfolgerungen

Die Berechnung der Grundwasser-Strömungsverteilung in der Umgebung des geplanten Endlagers Grube Konrad mit dem Finite-Rechenprogramm CFEST führt zu Ergebnissen, die mit entsprechenden SWIFT-Resultaten weitgehend vergleichbar sind. Wesentliche Unterschiede zeigen sich im unteren Modellbereich: hier wurde offenbar von den SWIFT-Anwendern eine größere hydraulische Wegsamkeit angenommen als diejenige, die sich aufgrund der direkteren Modellierung der Schichtenstruktur mit CFEST ergibt. Im Vergleich zu den CFEST-Laufzeiten sind die SWIFT-Laufzeiten teils gleichwertig, teils konservativ unterschätzt. Die Ursachen für die aufgetretenen Diskrepanzen konnten diskutiert werden.

Der hier durchgeführte Vergleich von zwei unterschiedlichen Rechenverfahren basiert auf der Anwendung derselben Basisdaten. Diese Basisdaten bestehen aus Angaben über die geologische Schichtenstruktur des Bodens, über die hydraulische Potentialverteilung an der Oberfläche, sowie über mittlere Porositäten und Durchlässigkeiten der einzelnen Schichten. Die Umsetzung dieser Basisdaten in ein Rechenmodell erfordert in beiden Fällen unterschiedliche Approximationen, die durch die jeweiligen Rechenverfahren und die zugehörige räumliche Diskretisierung bedingt sind. Die Auswahl von Rechenverfahren und Diskretisierung sowie die Umsetzung der Basisdaten sind in einem begrenzten Umfang vom Anwender wählbar oder interpretierbar. Der hier dargestellte Vergleich zeigt, daß dieser anwenderspezifische Freiheitsraum nur begrenzte Auswirkungen auf die Ergebnisse zuläßt.

Zusätzlich zu den genannten Basisdaten sind auch einige Annahmen über hydraulische Randbedingungen notwendig, im vorliegenden Fall die Annahme von geschlossenen seitlichen und unteren Rändern. Diese Annahmen wurden bei der CFEST-Modellierung ebenfalls entsprechend der Vorgehensweise bei der SWIFT-Anwendung getroffen. Die Annahmen sind, ebenso wie die Basisdaten, mit gewissen Unsicherheiten behaftet, deren Auswirkungen auf die Ergebnisse durch Variationsrechnungen abgeschätzt werden können.

7 Literatur

- /1/ Dr. M. Hüser, Dr. Chr. Neumann-Redlin: Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad, Grundlagen der Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover April 1986, Archiv-Nr. 99 131

- /2/ R. Storck et al.: Langzeitsicherheitsanalyse des Endlagers Konrad: Radionuklid ausbreitung in der Nachbetriebsphase, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München, Institut für Tieflagerung, TA-Nr. 2242.03, Nov. 86

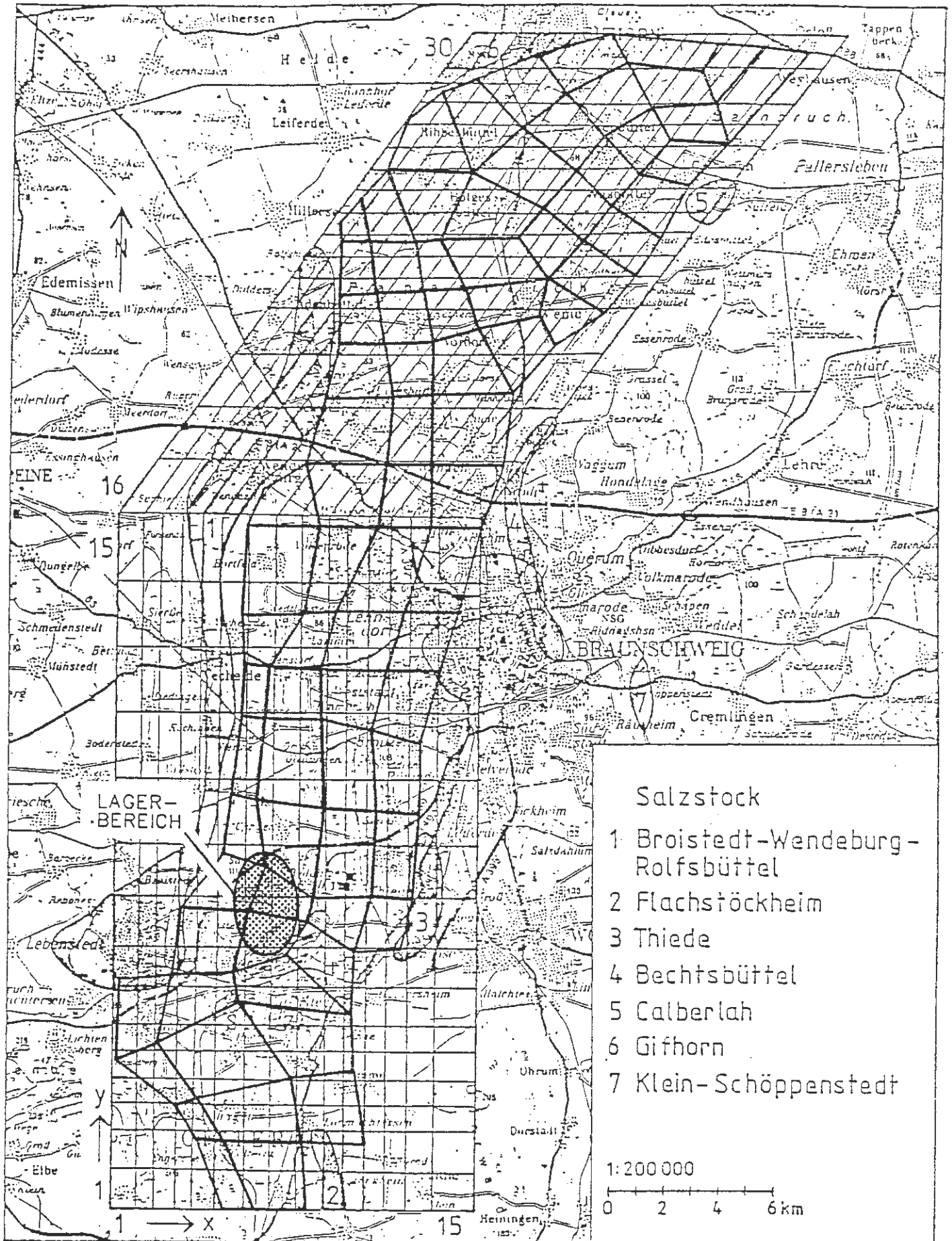


BILD 1: Lage und horizontale Unterteilung des Modellgebiets und Erstreckung der Salzstöcke

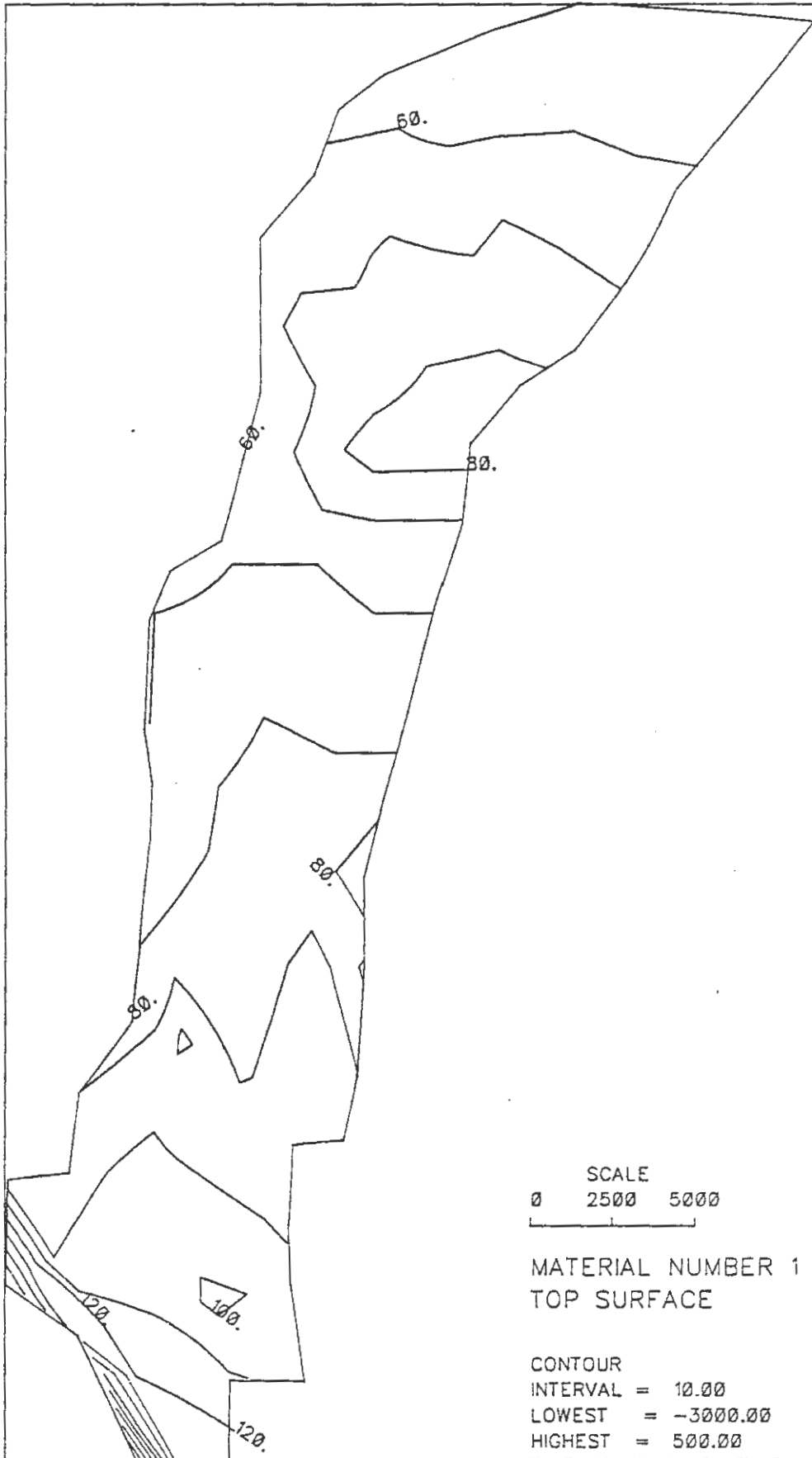


BILD 2: MODELLOBERFLAECHE

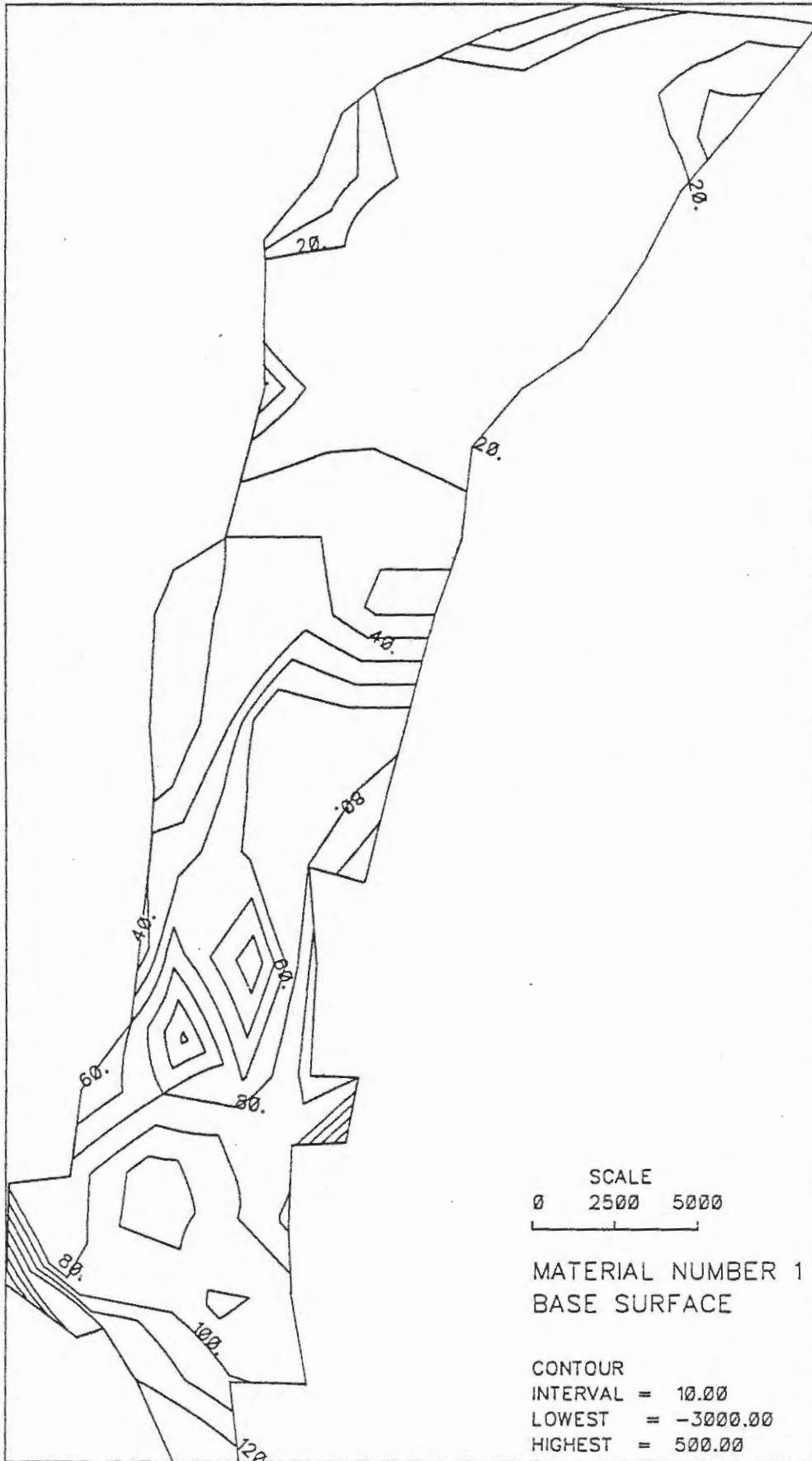


BILD 3: BASIS QUARTAER

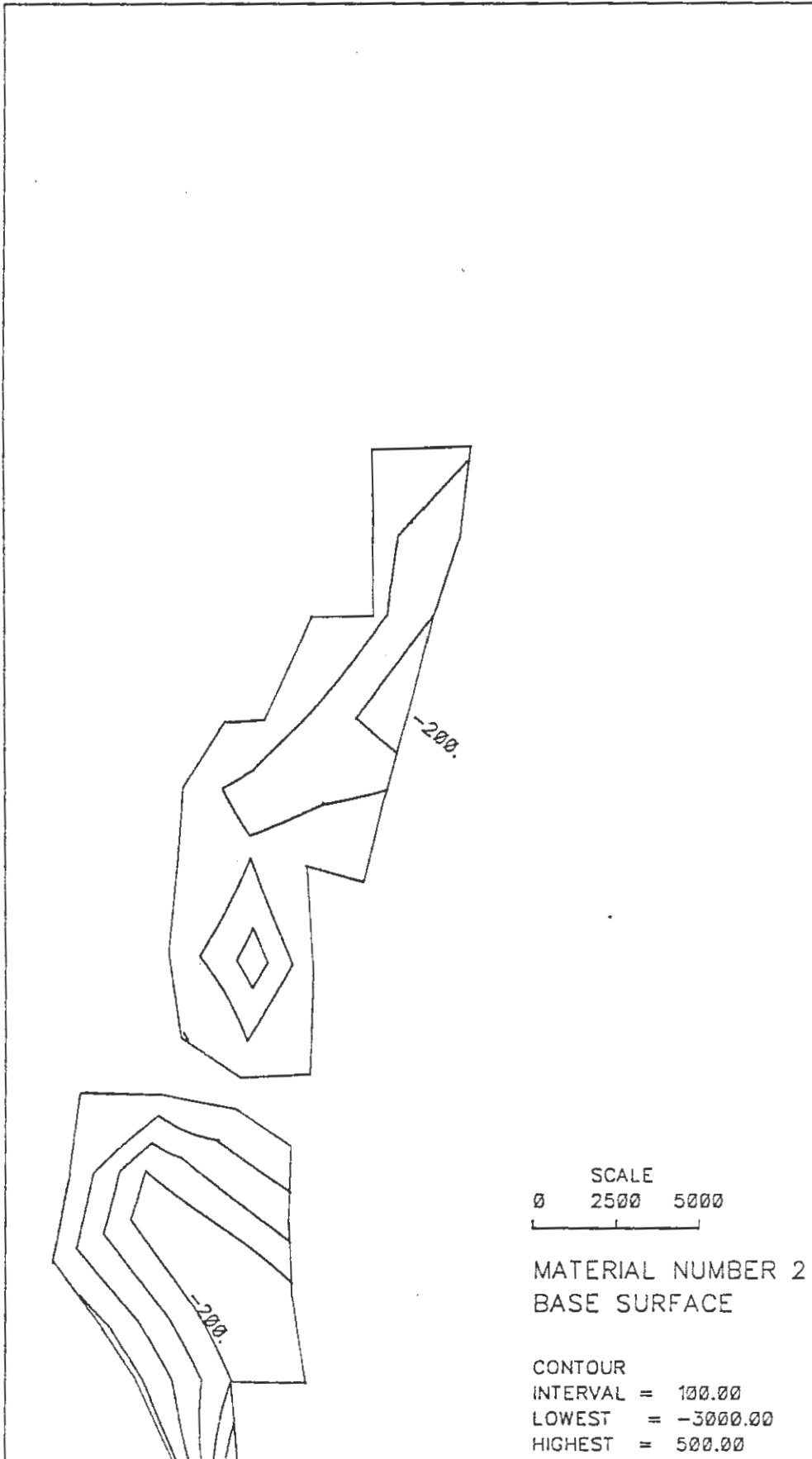


BILD 4: BASIS EMSCHER MERGEL

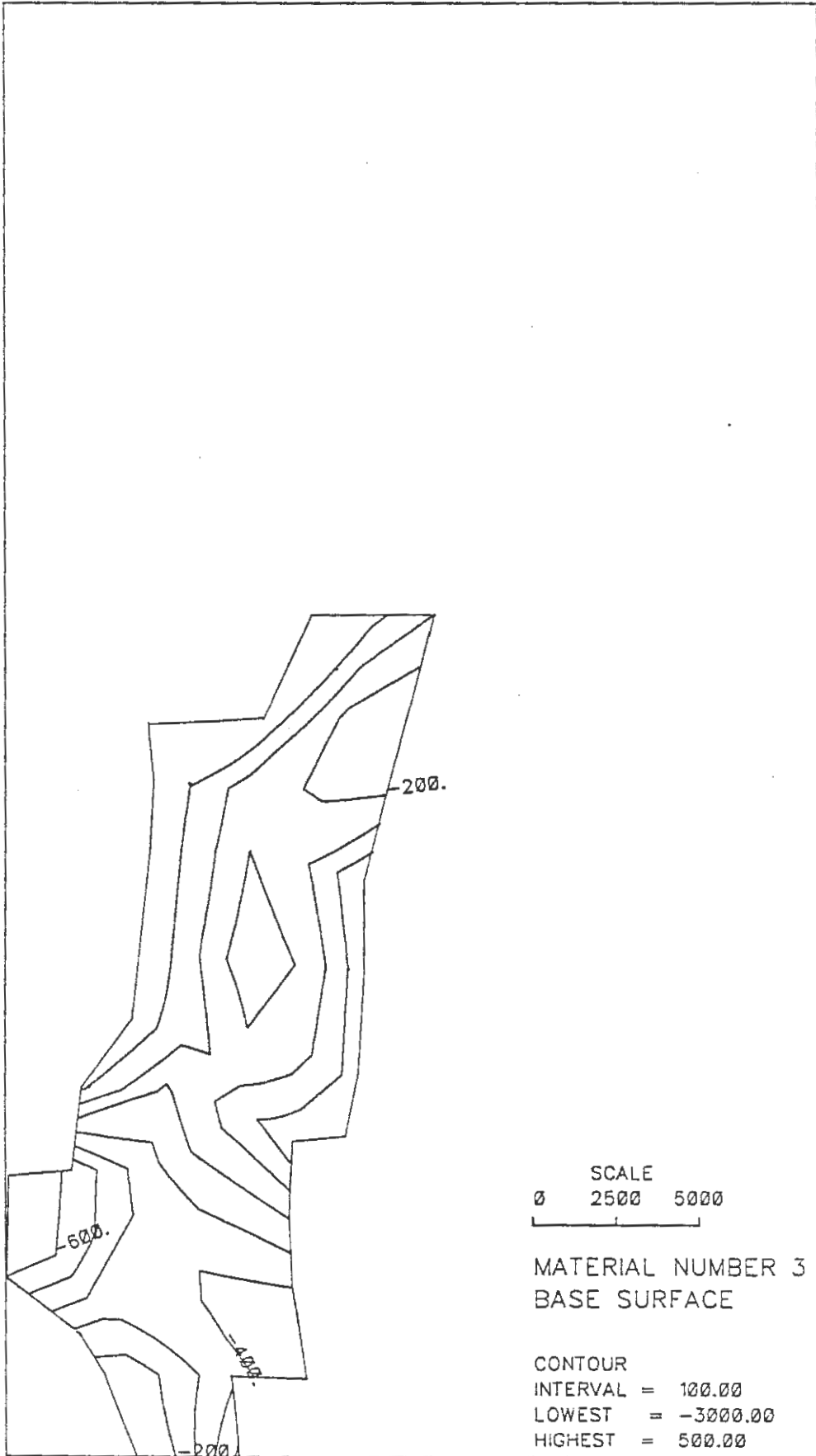


BILD 5: BASIS OBERKREIDE

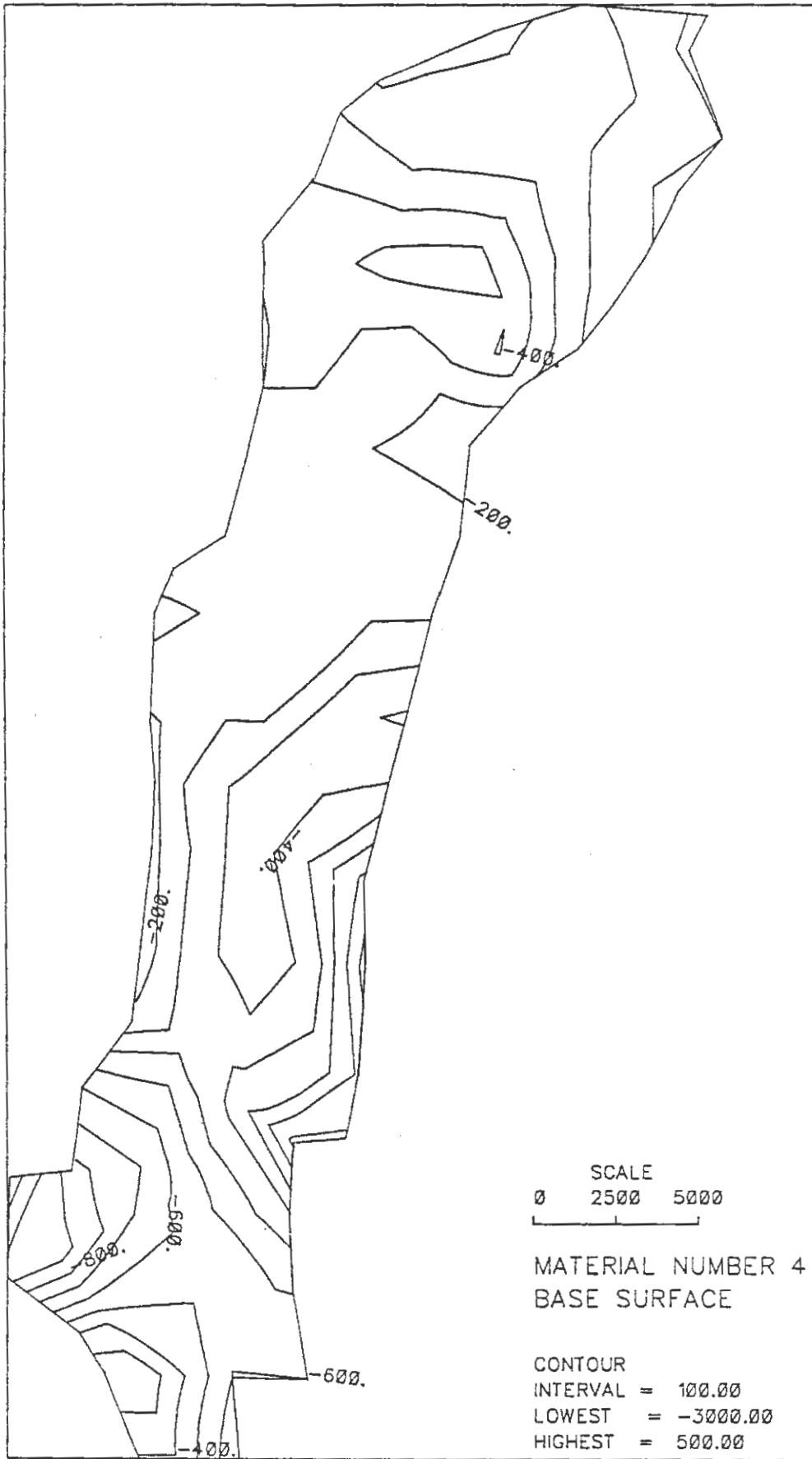


BILD 6: BASIS UNTERKREIDETONSTEINE II

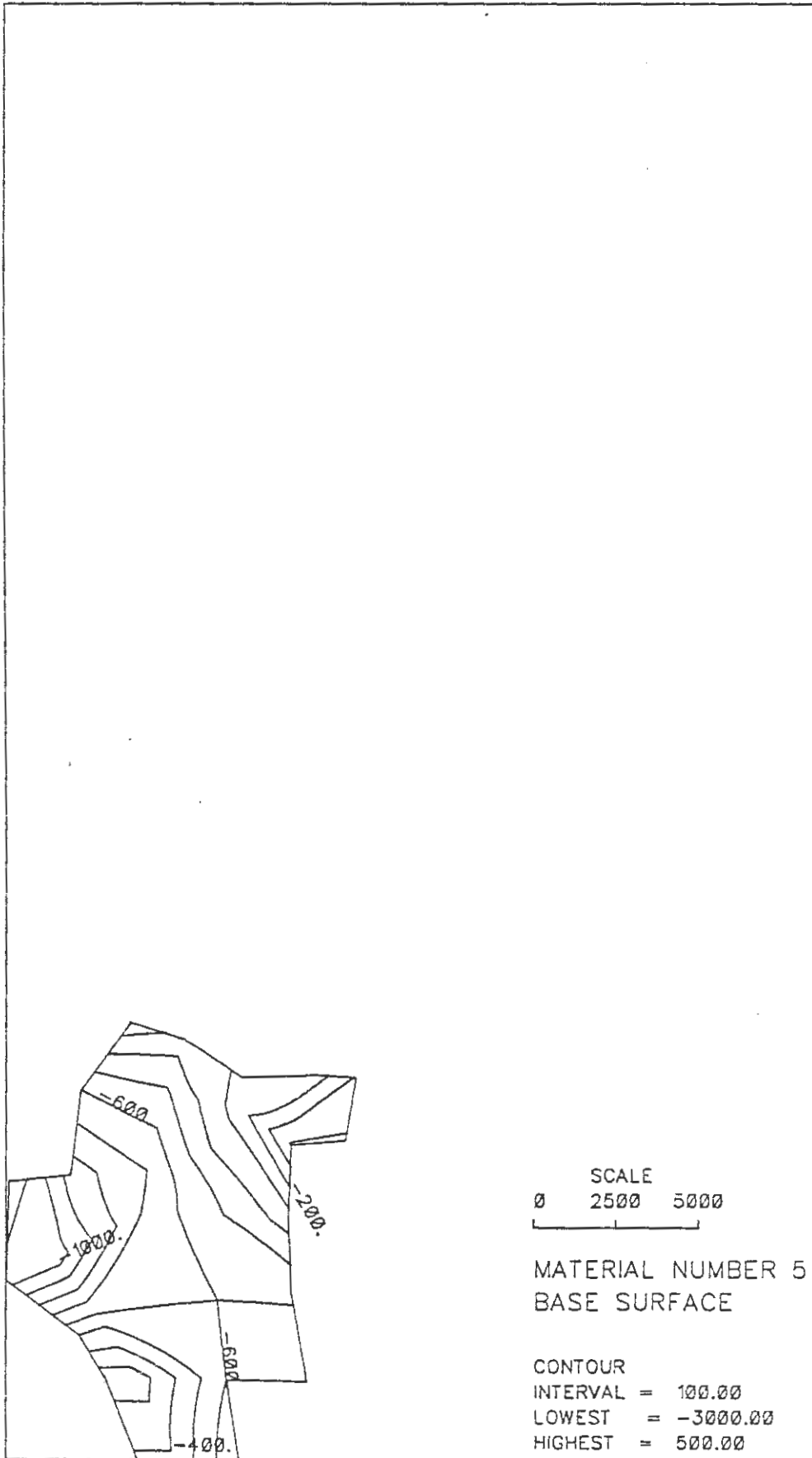


BILD 7: BASIS HILSSANDSTEIN

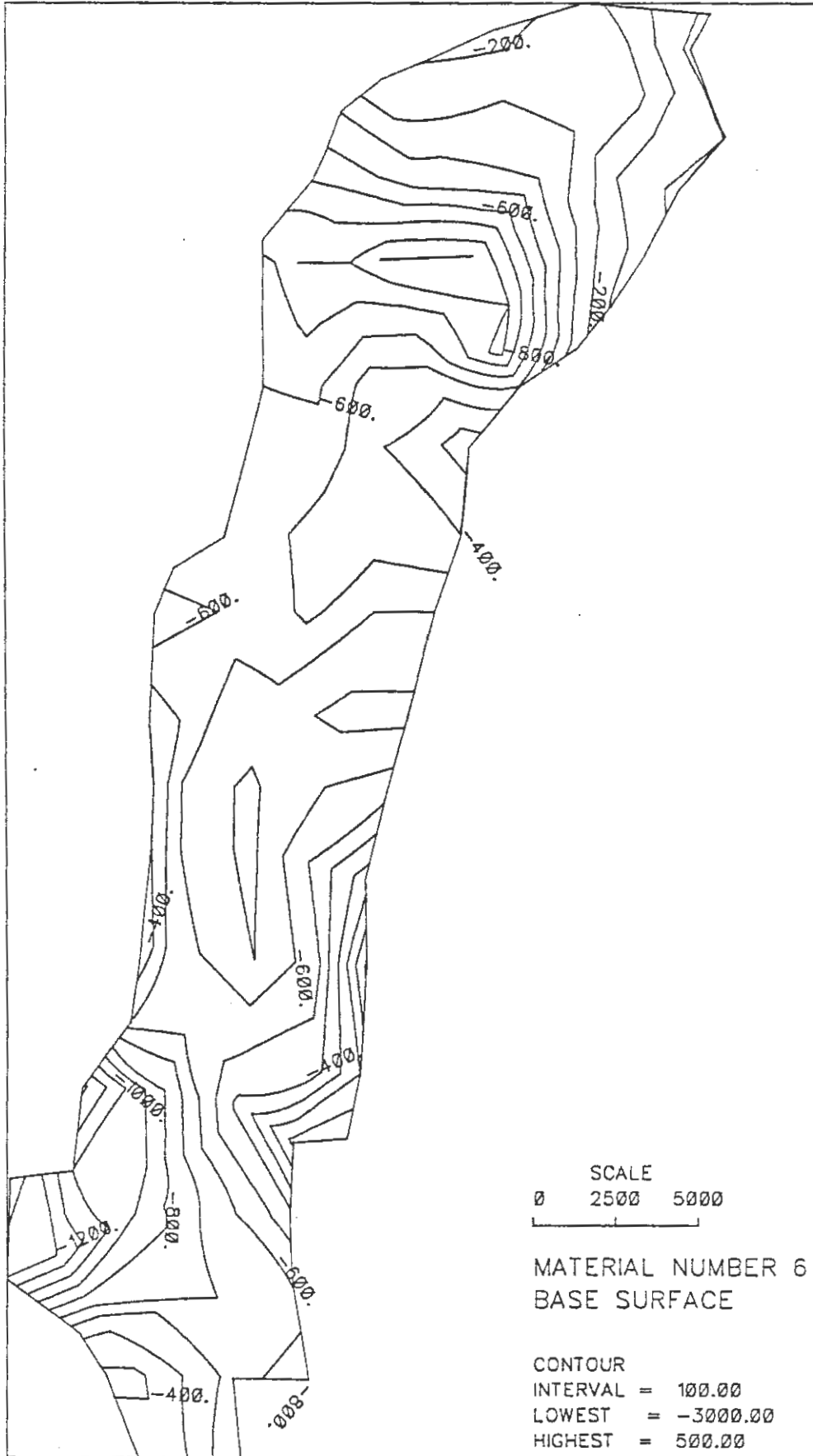


BILD 8: BASIS UNTERKREIDETONSTEINE I

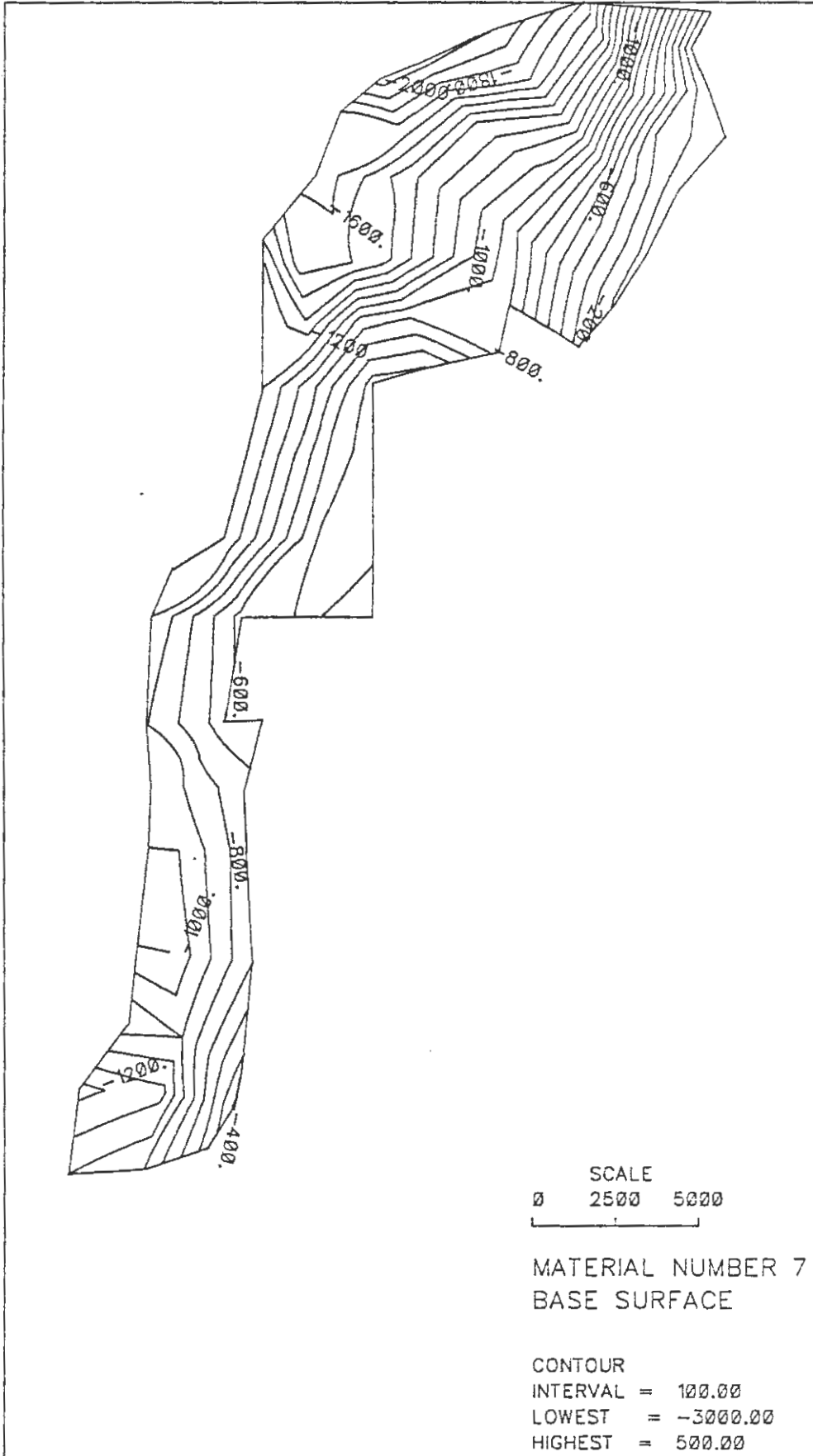


BILD 9: BASIS KIMMERIDGE + PORTLAND

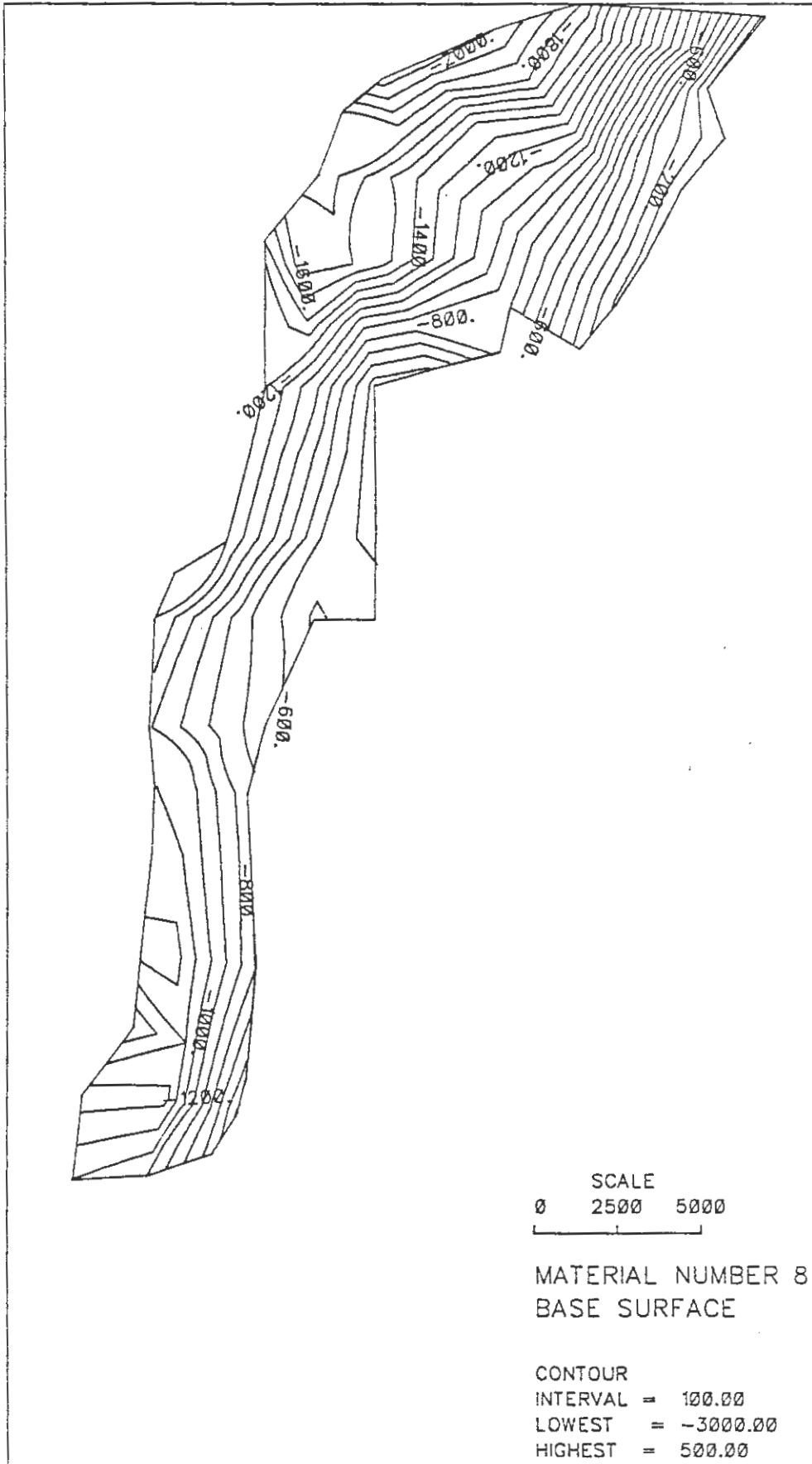


BILD 10: BASIS OXFORD

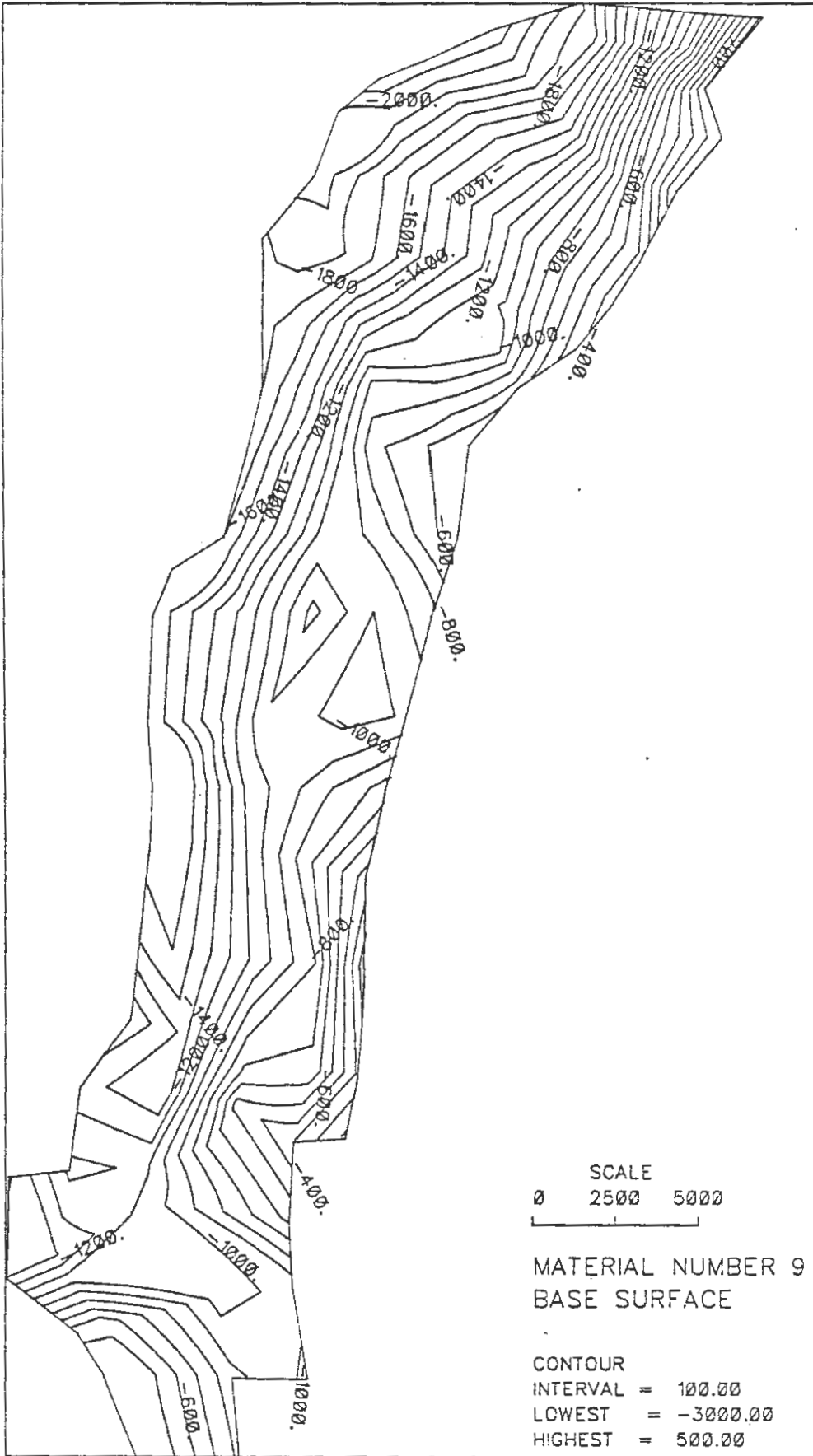


BILD 11: BASIS DOGGERTONSTEINE

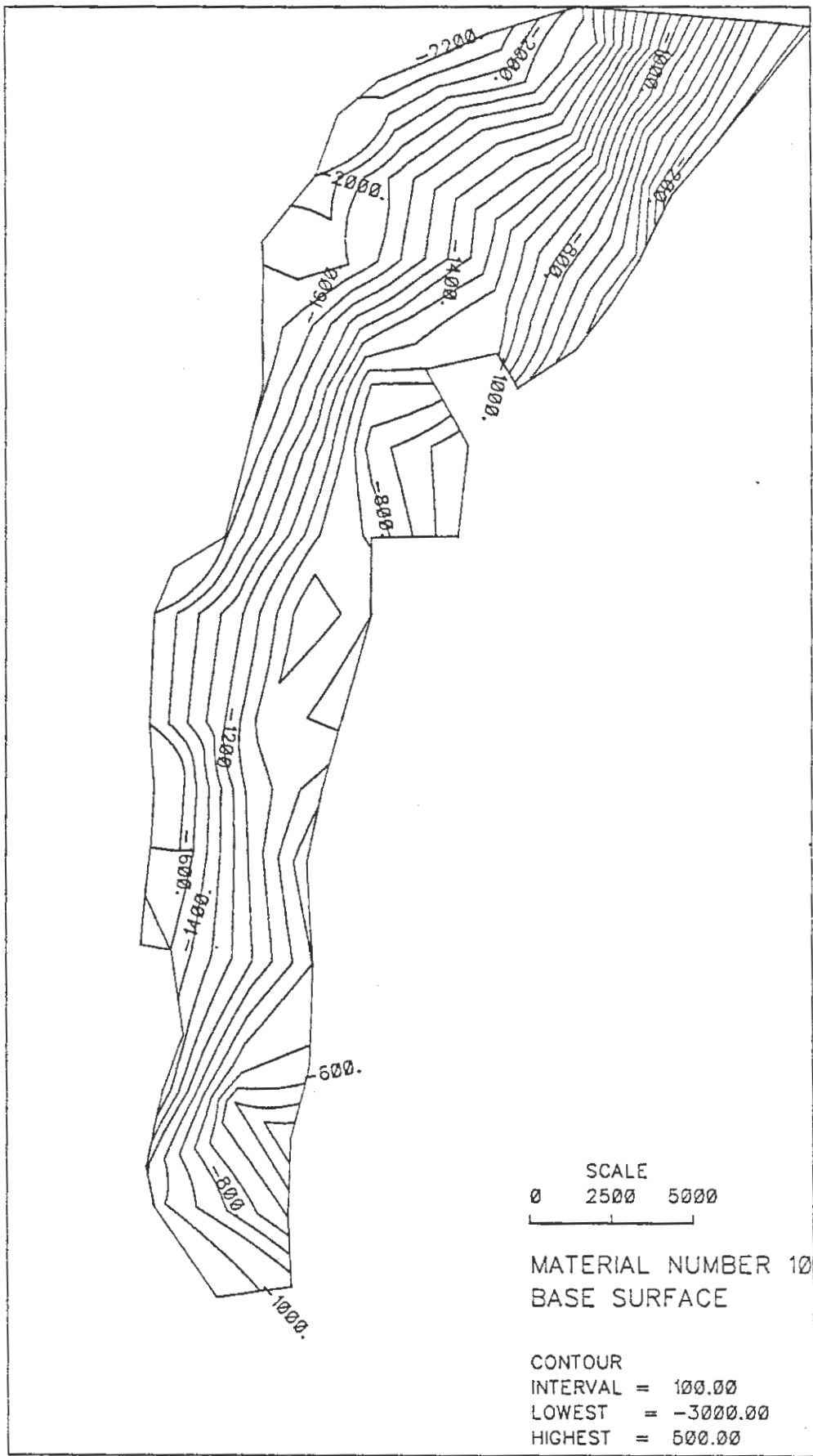


BILD 12: BASIS CORNBRASH

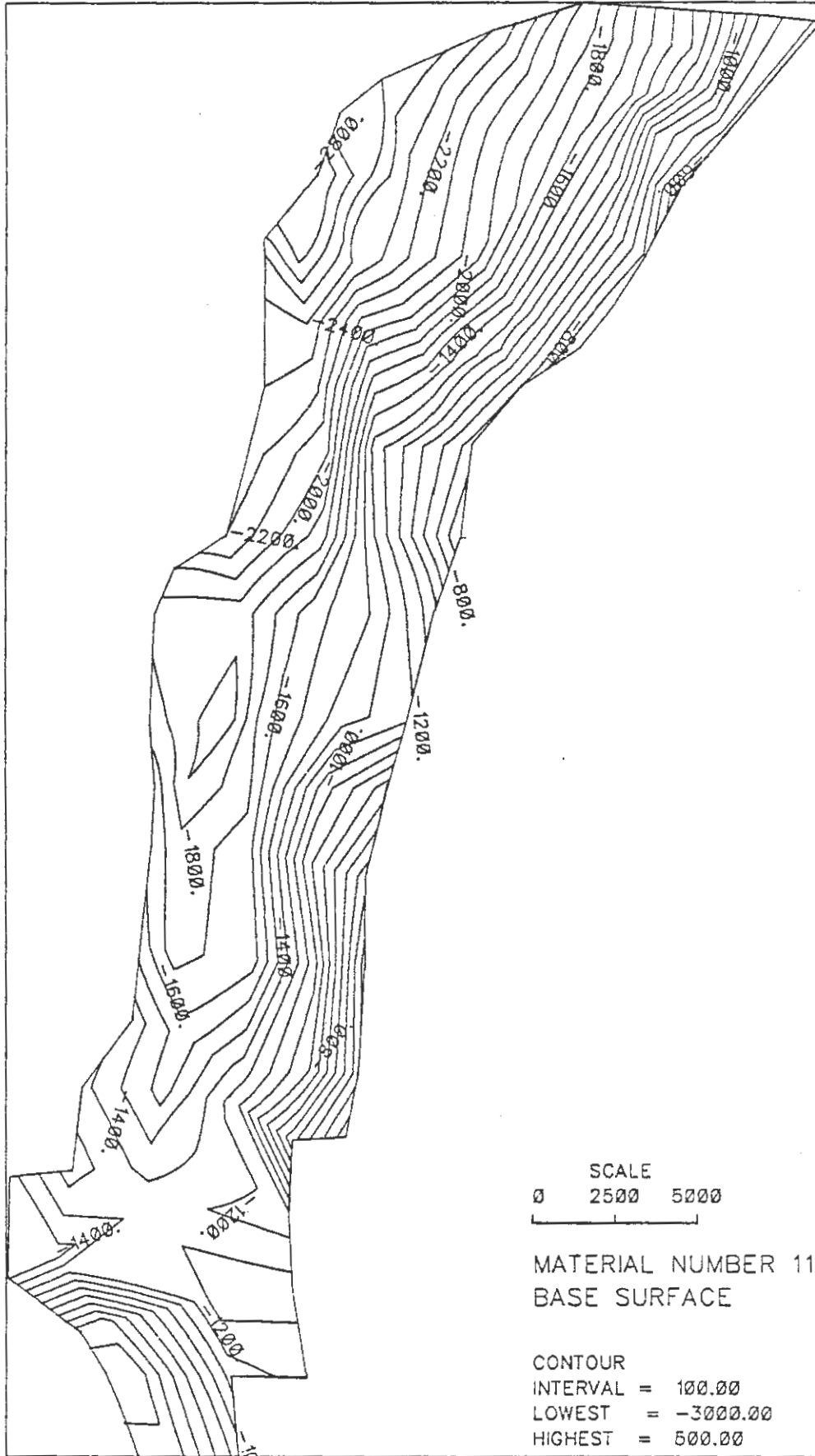


BILD 13: BASIS LIAS

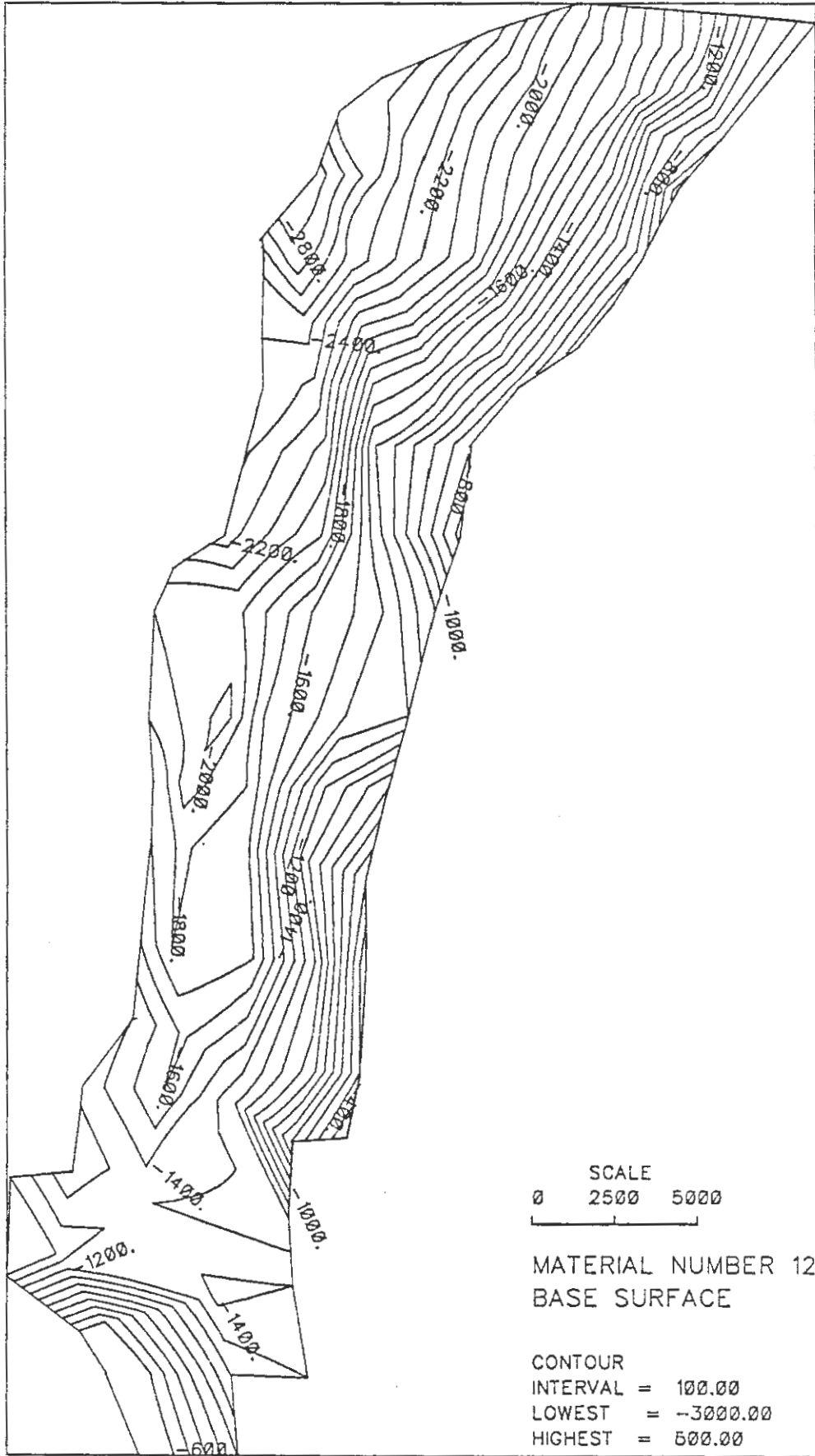


BILD 14: BASIS RHAET

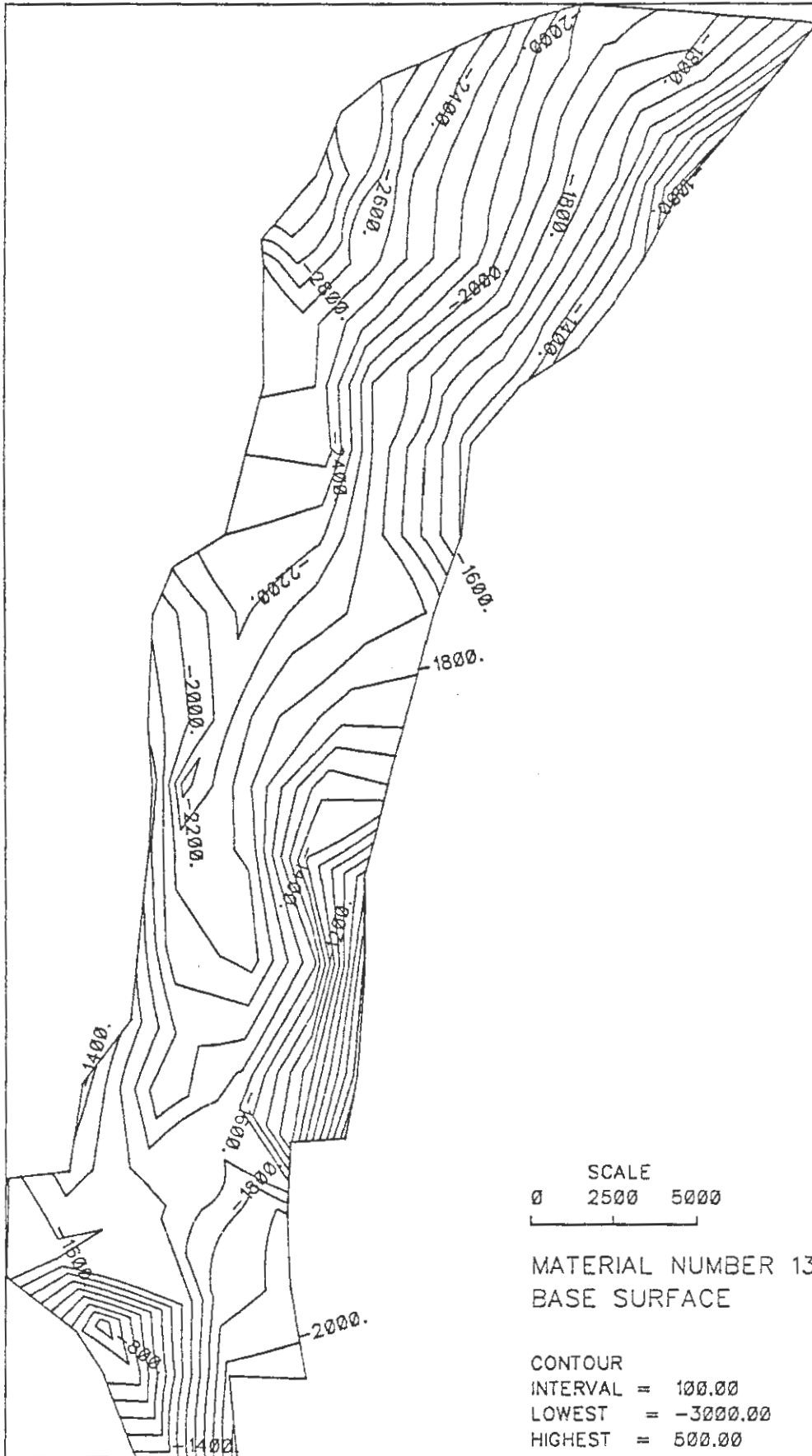


BILD 15: BASIS KEUPERTONSTEINE

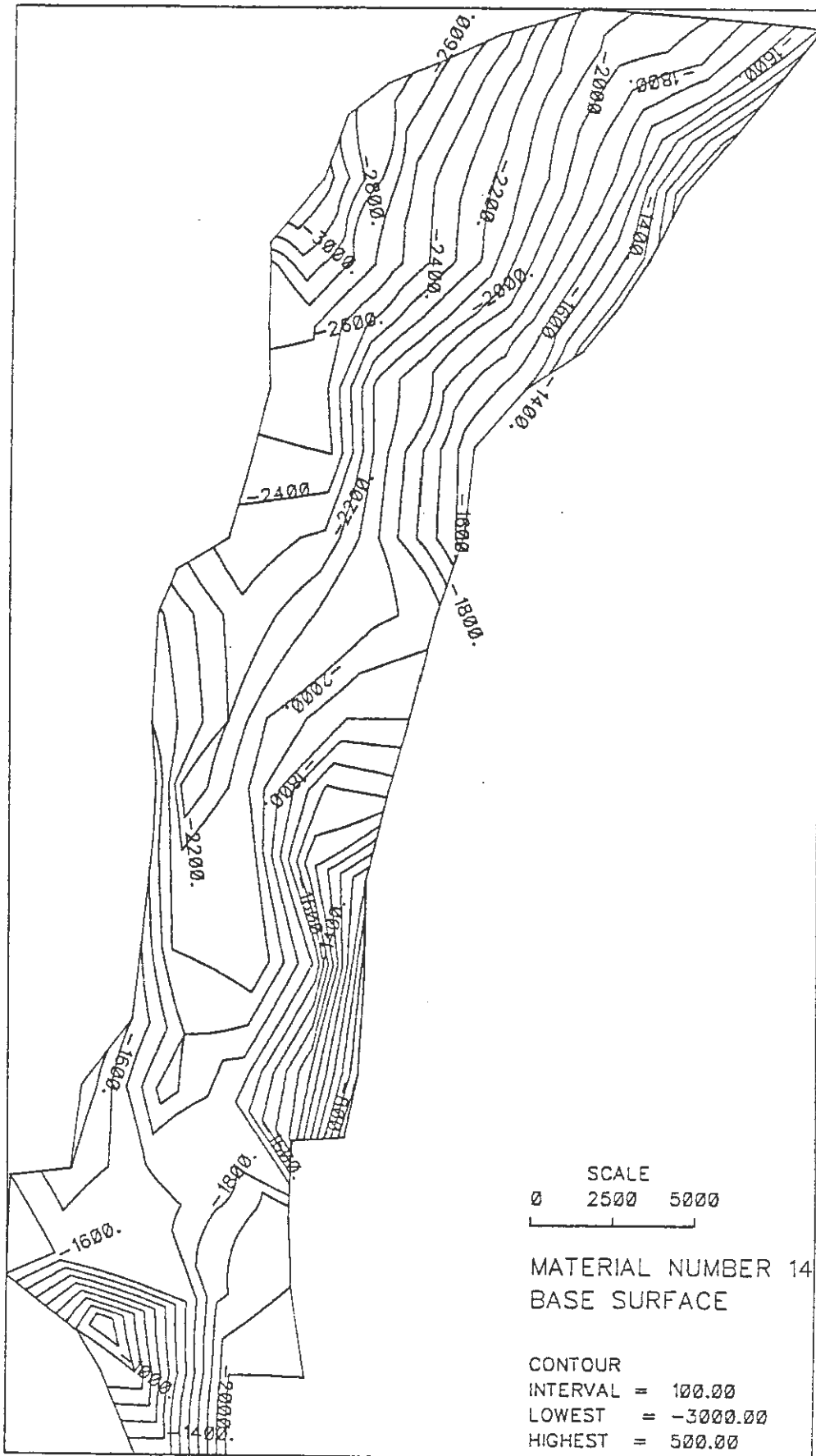


BILD 16: BASIS OBERER MUSCHELKALK

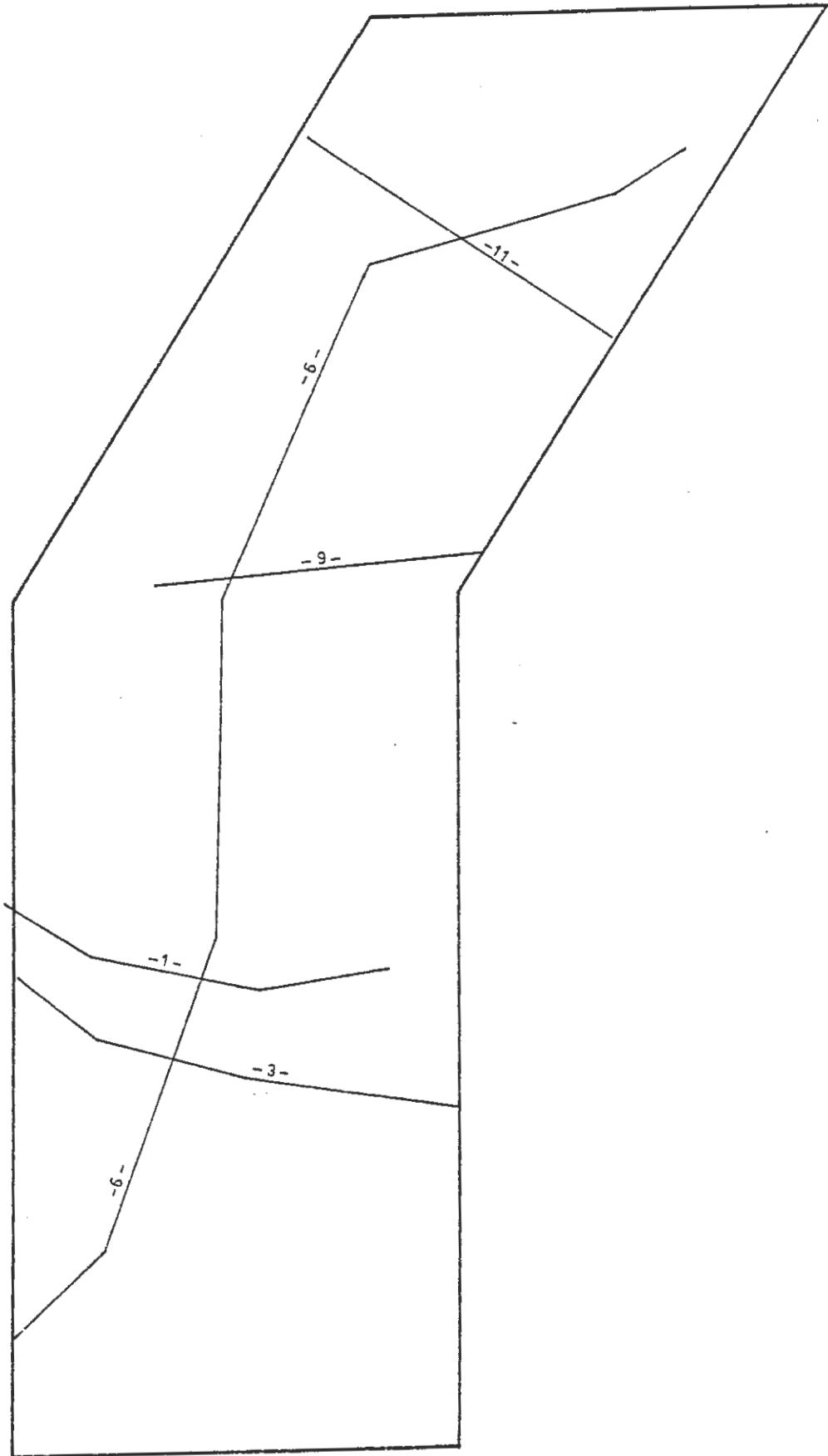


BILD 17: LAGE DER HYDROGEOLOGISCHEN PROFILE

Schnitt 1

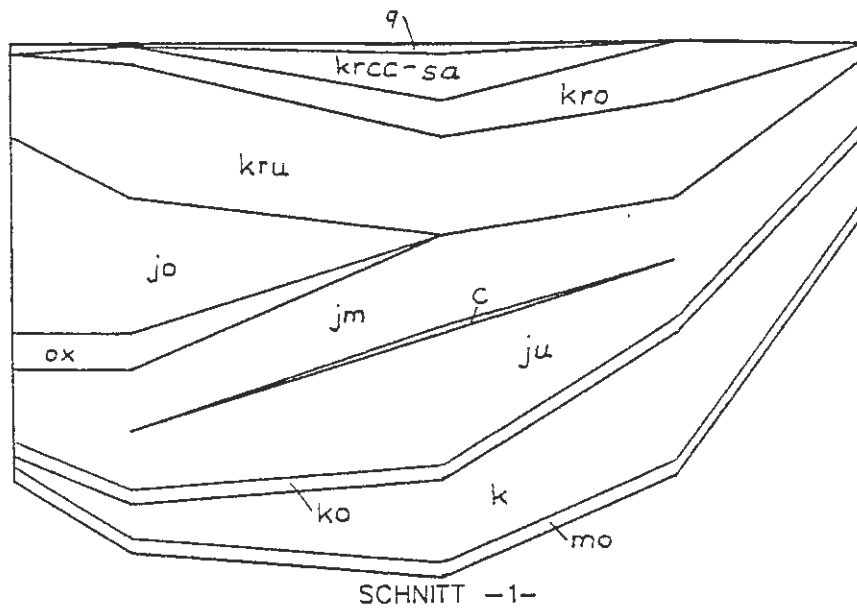
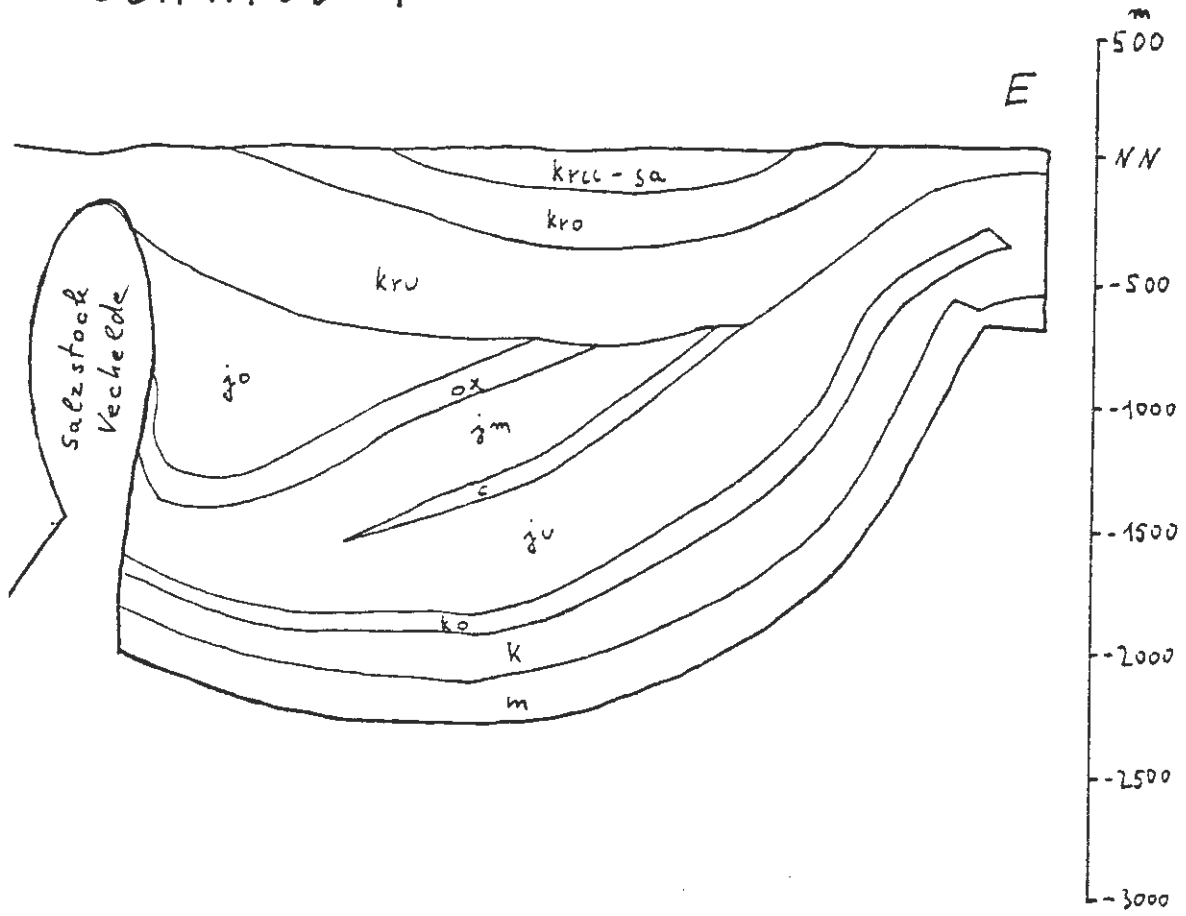
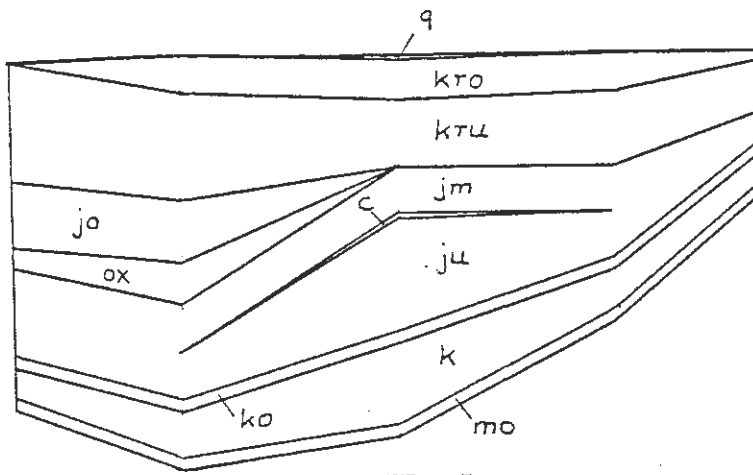
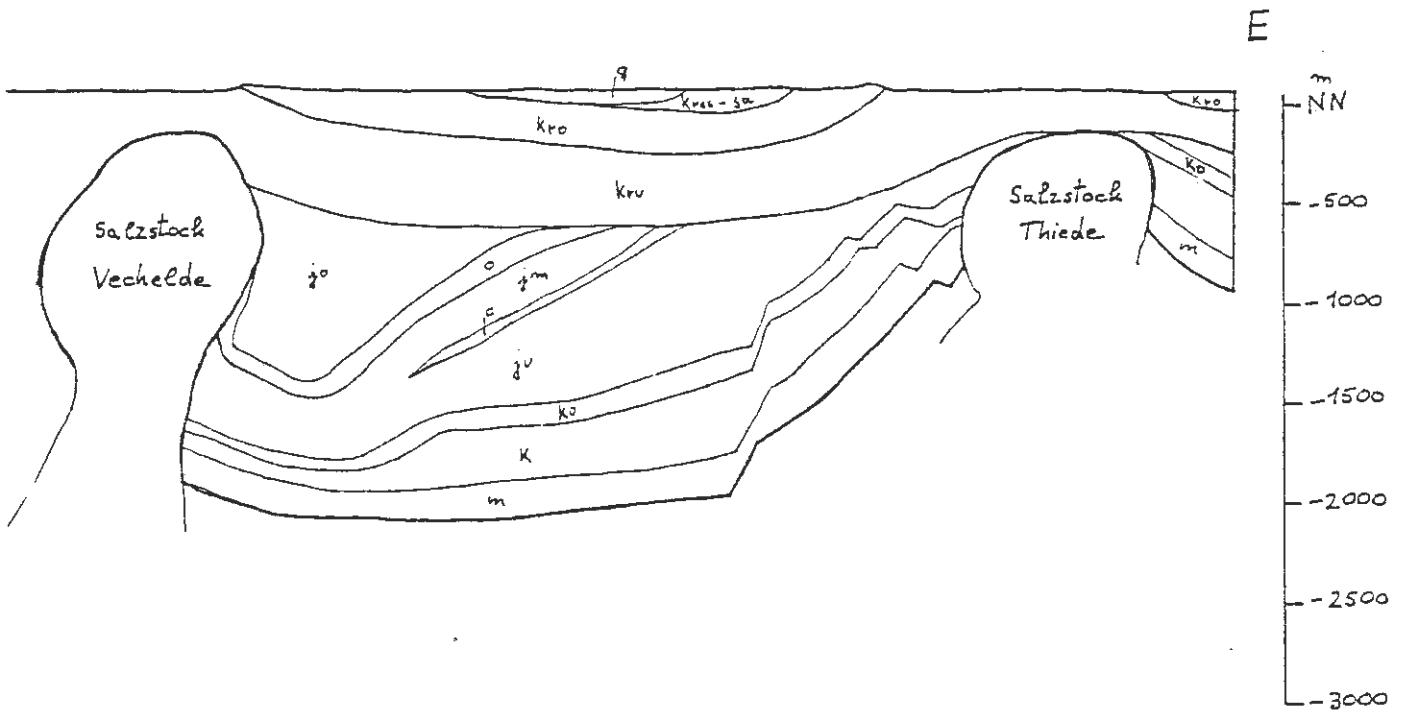


BILD 18: VERGLEICH HYDROGEOLOGISCHES PROFIL – CFEST-GEOMETRIE

Schnitt 3



SCHNITT -3-

BILD 19: VERGLEICH HYDROGEOLOGISCHES PROFIL - CFEST-GEOMETRIE

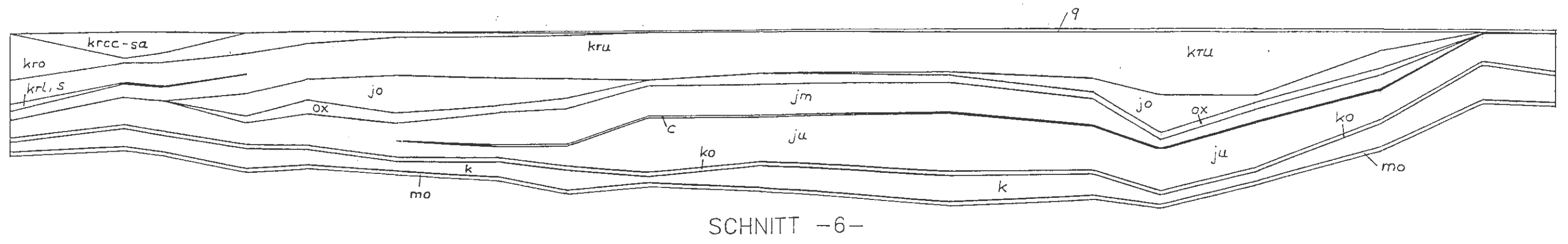
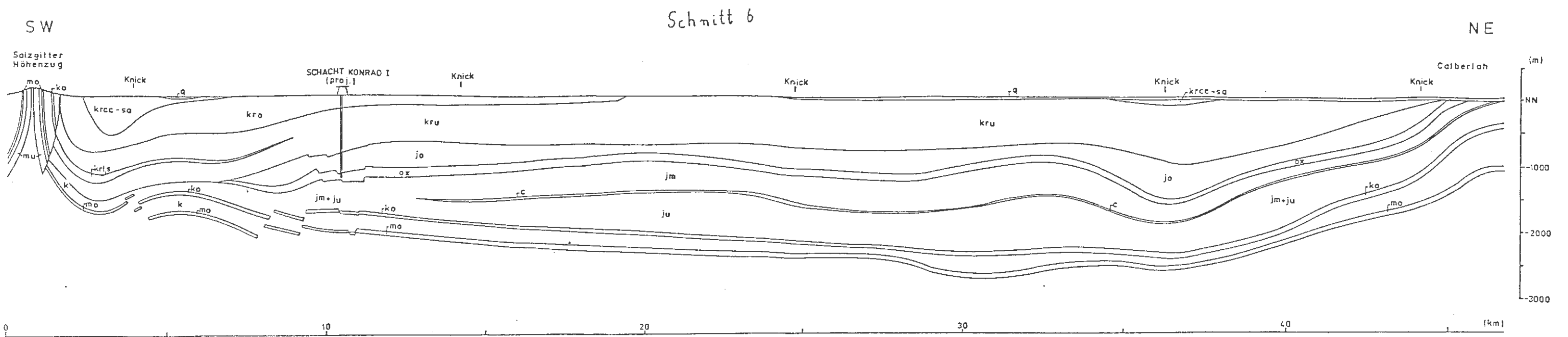
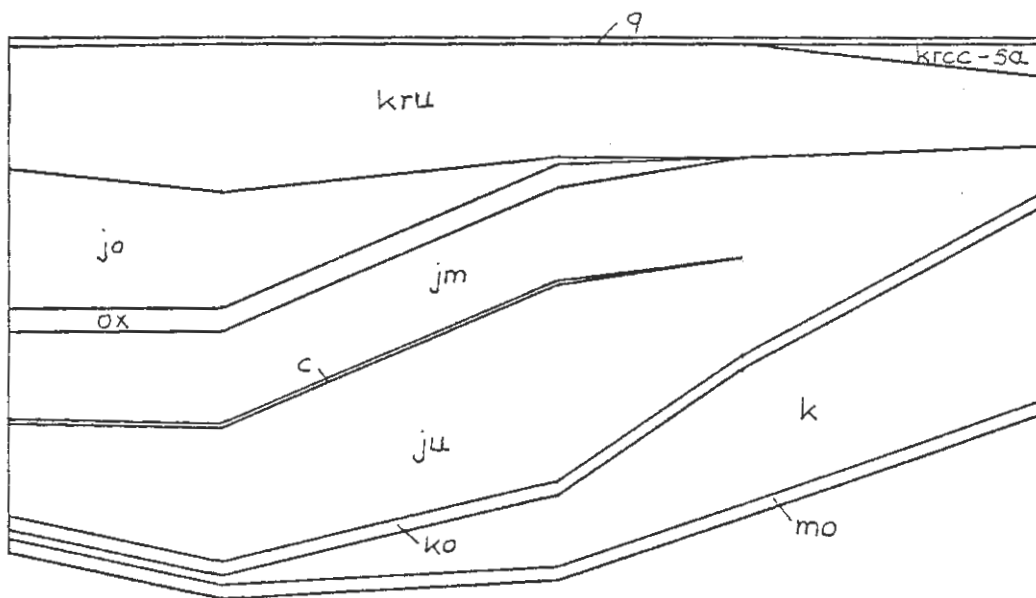
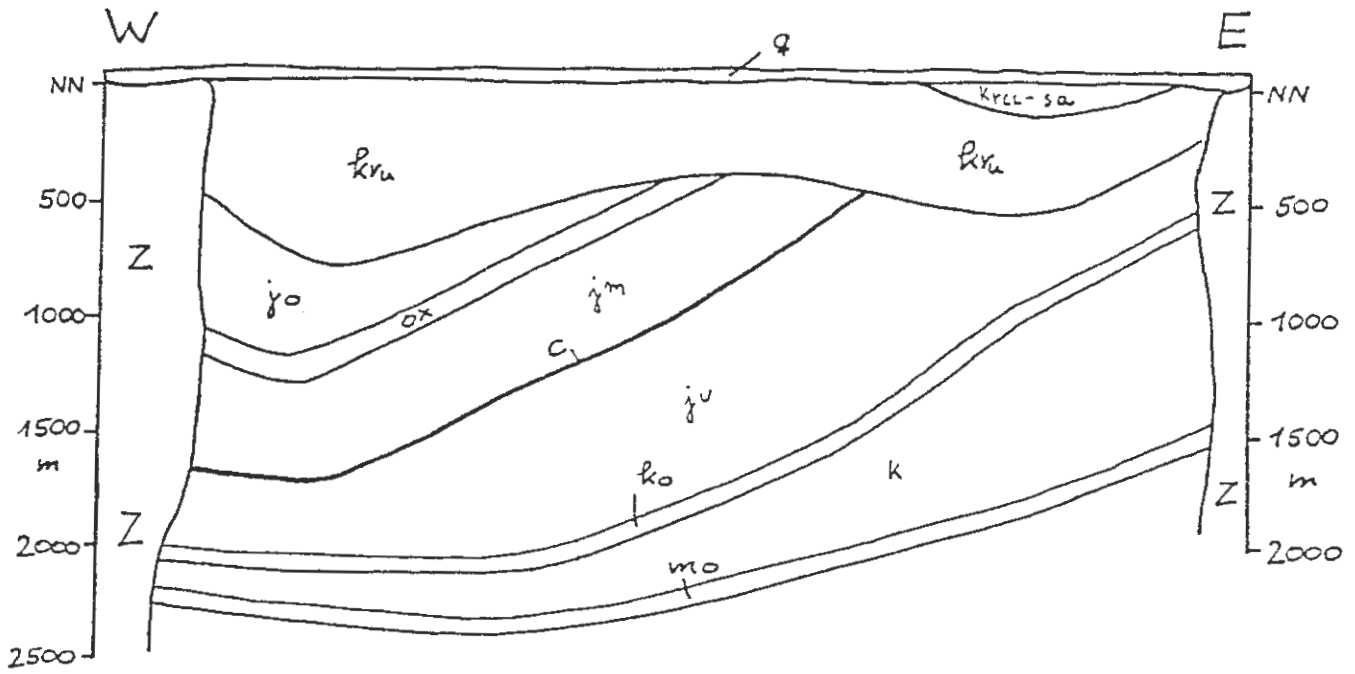


BILD 20: VERGLEICH · HYDROGEOLOGISCHES PROFIL — CFEST—GEOMETRIE

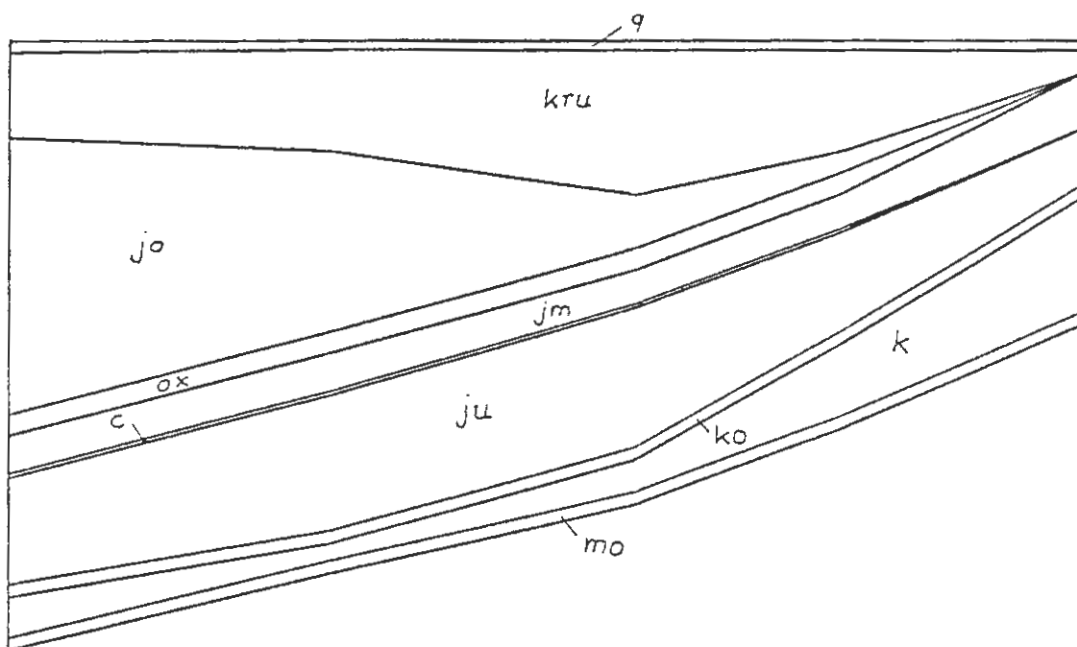
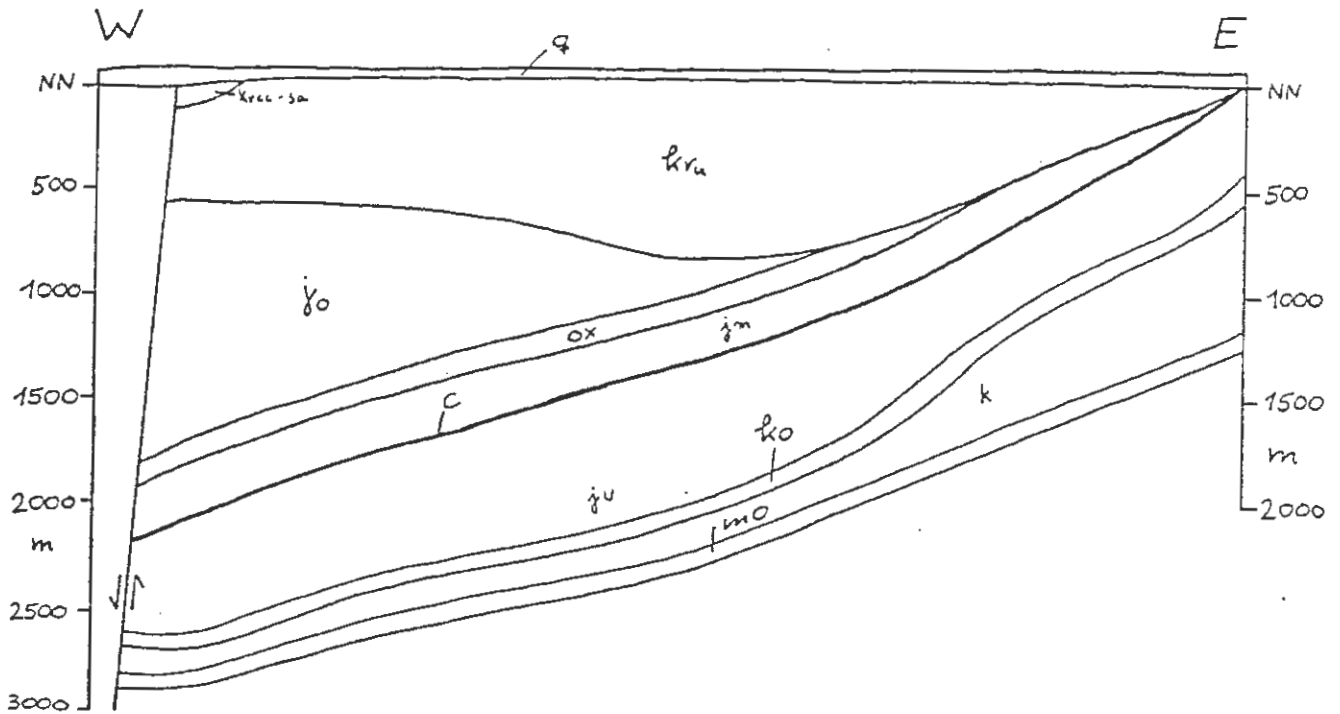
Schnitt 9



SCHNITT -9-

BILD 21: VERGLEICH HYDROGEOLOGISCHES PROFIL - CFEST-GEOMETRIE

Schnitt 11



SCHNITT -11-

BILD 22: VERGLEICH HYDROGEOLOGISCHES PROFIL - CFEST-GEOMETRIE

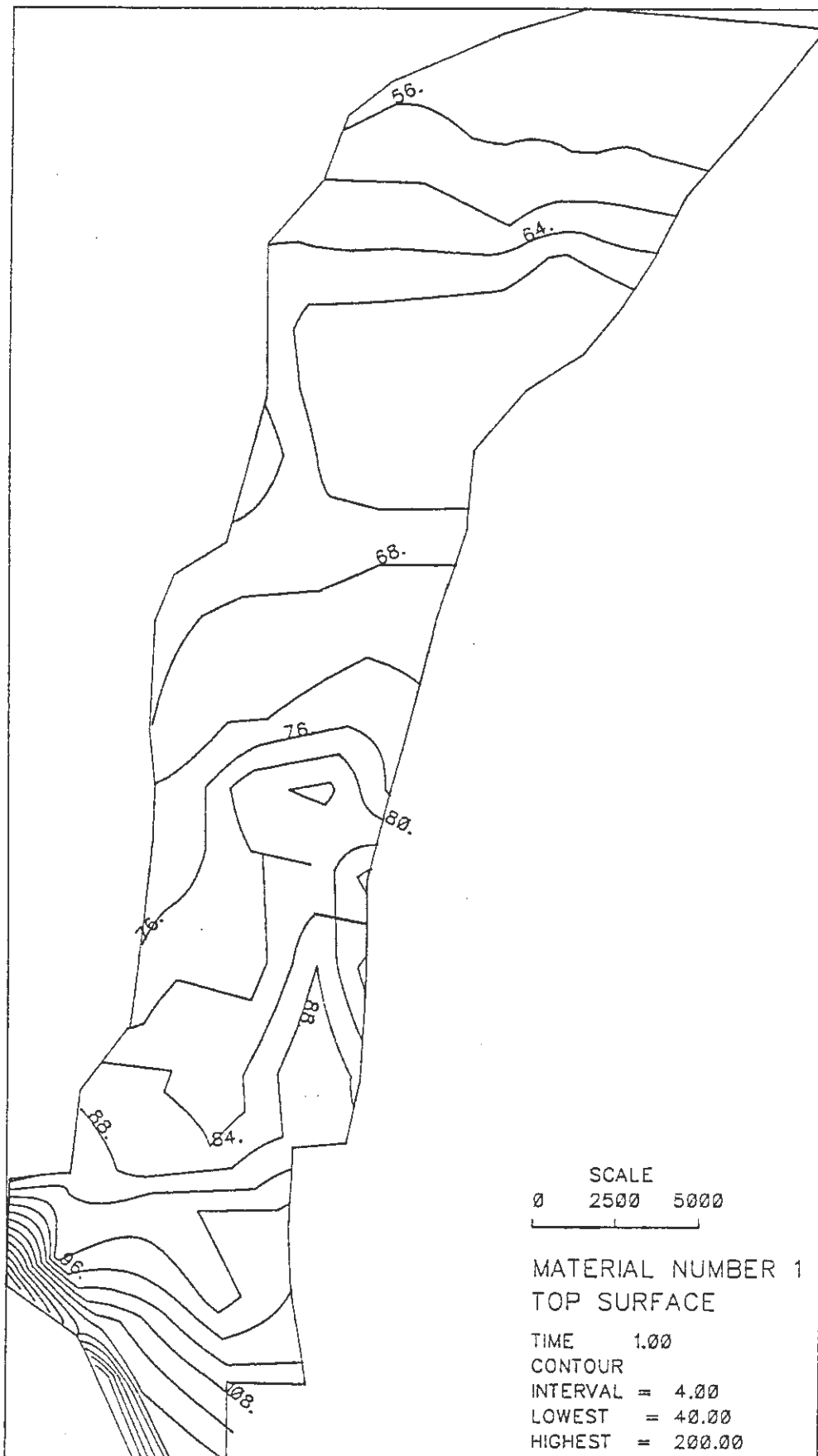
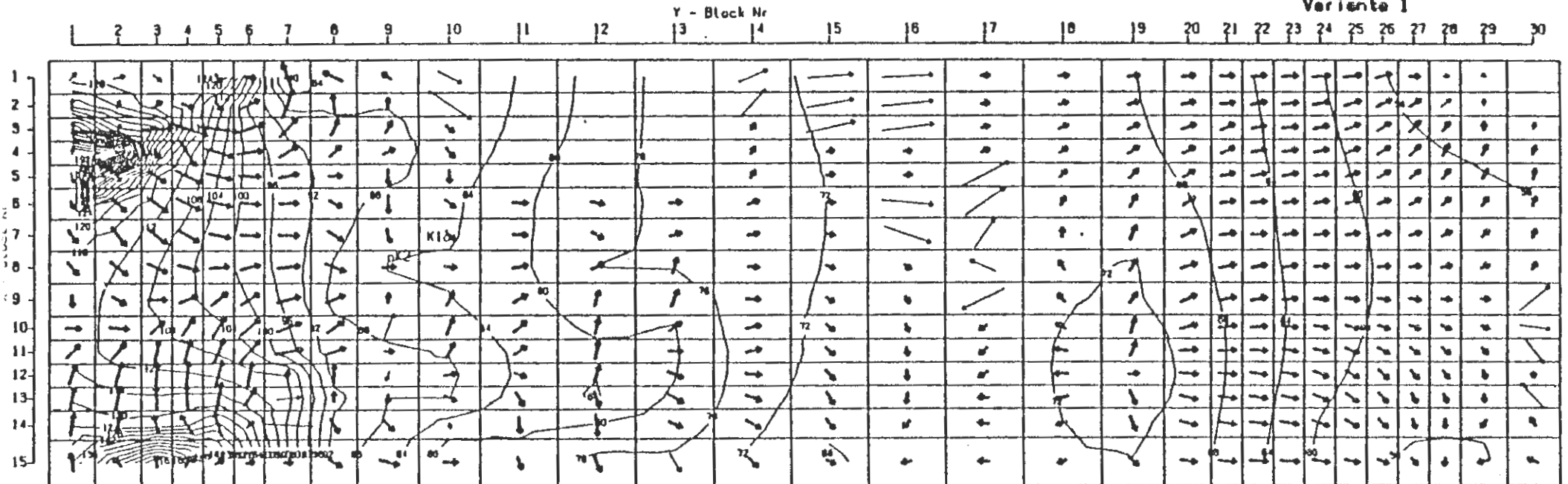


BILD 23: HYDRAULISCHES POTENTIAL OBERFLAECHE

Schnitt 1 -200. bis 0. m unter NN

Übersichtsmodell Konrad

Variante 1



1.5 1.0 0.5 m Maßstab horizontal

1.0 0.25 m Maßstab vertikal

Darcygeschwindigkeiten ($\mu=0.51$)

- Maßstab
- Y-Richtung \rightarrow 1.2730 m/s
 - Y-Richtung \rightarrow 0.0127 m/s
 - X-Richtung \uparrow 0.7106 m/s
 - X-Richtung \uparrow 0.0072 m/s

— 10 — = Druck in mVS bezogen auf NN

BILD 23a: HYDRAULISCHES POTENTIAL OBERFLAECHE (SWIFT-RECHNUNG)

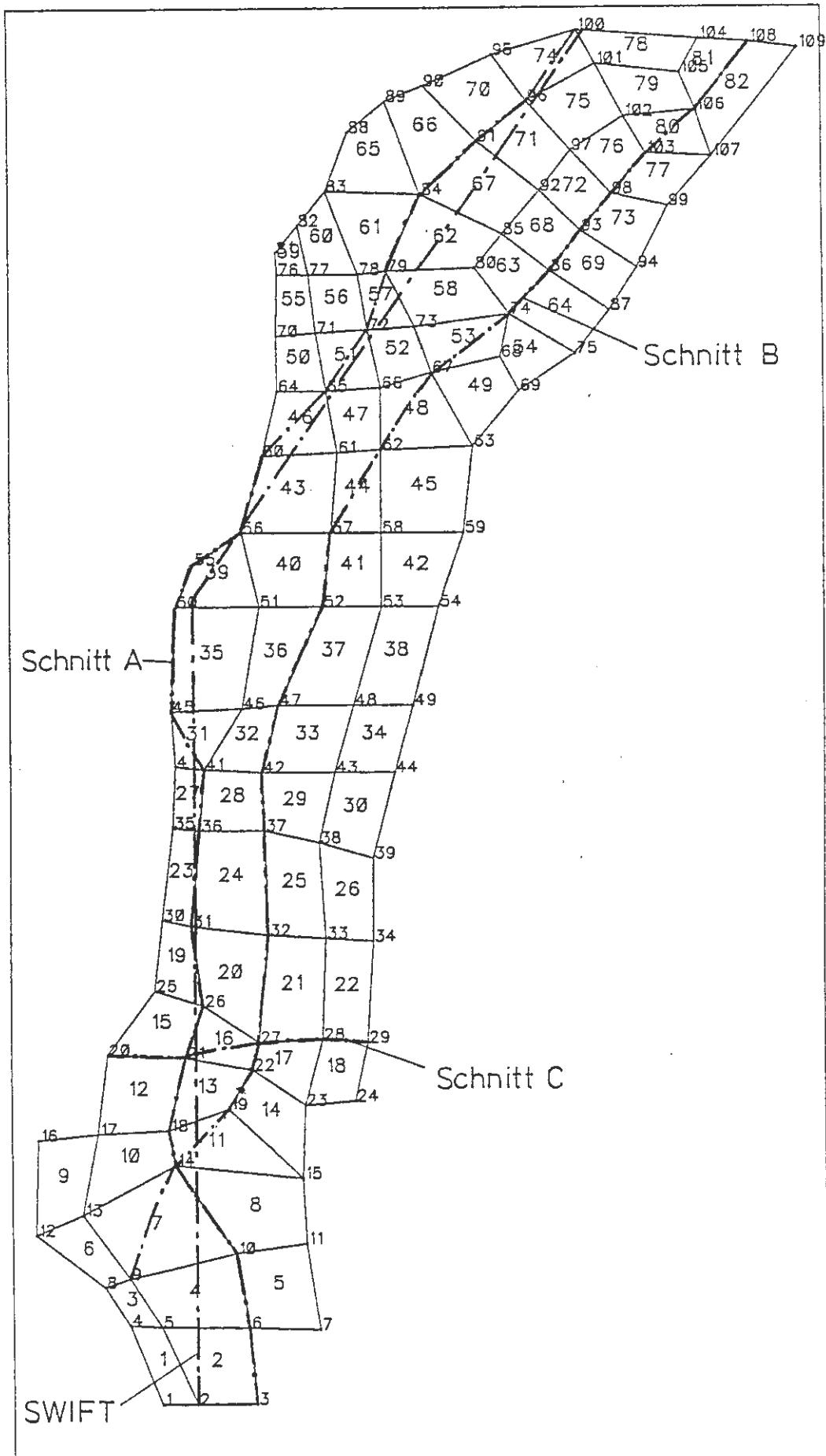


BILD 24: LAGE DER VERTIKALEN SCHNITTE

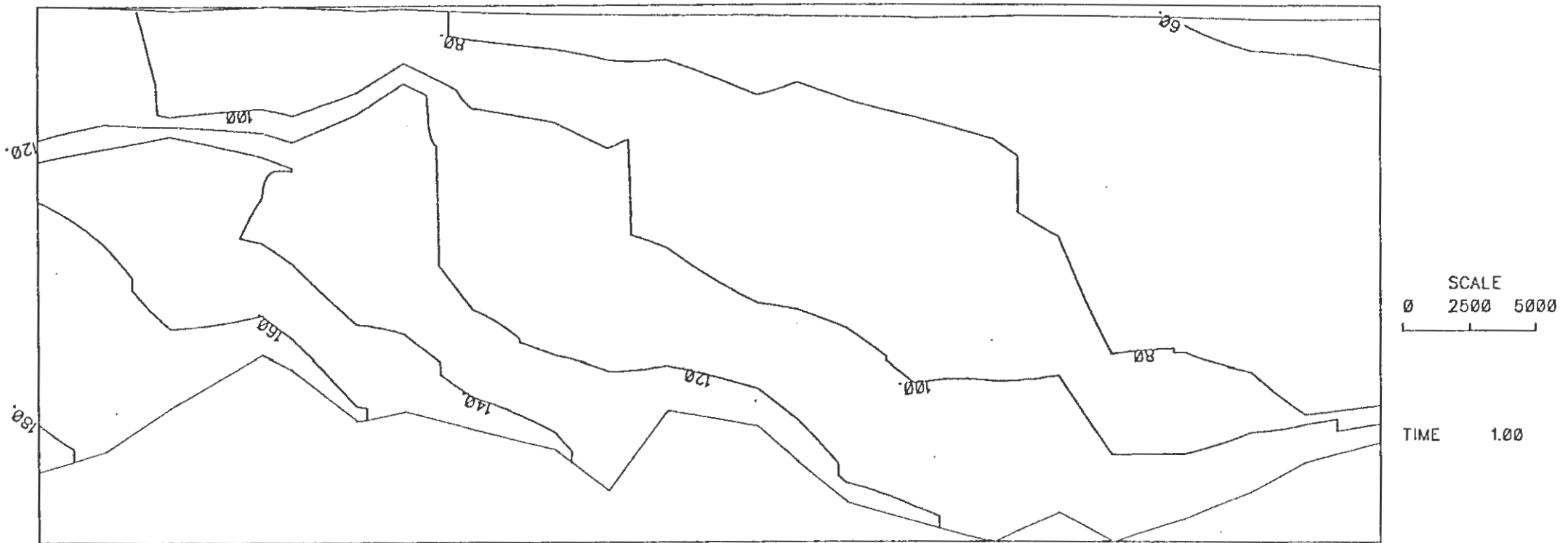
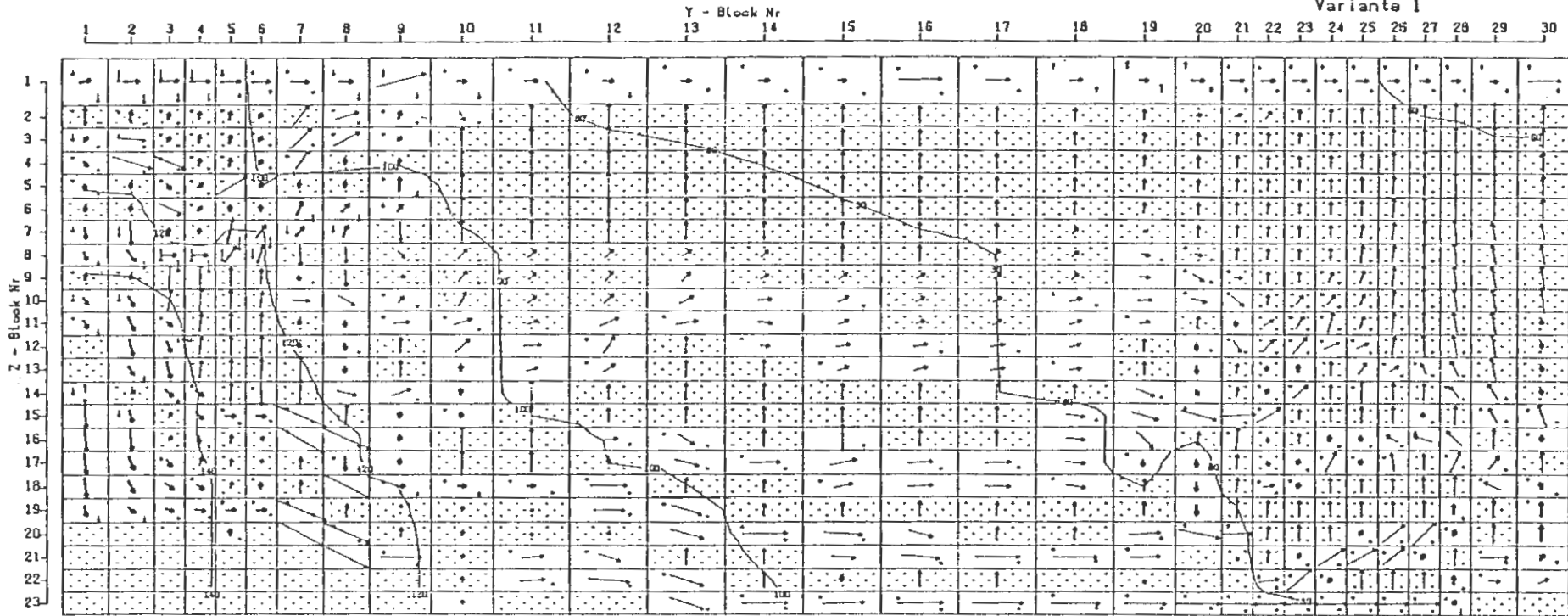


BILD 25: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 1 – SCHNITT A

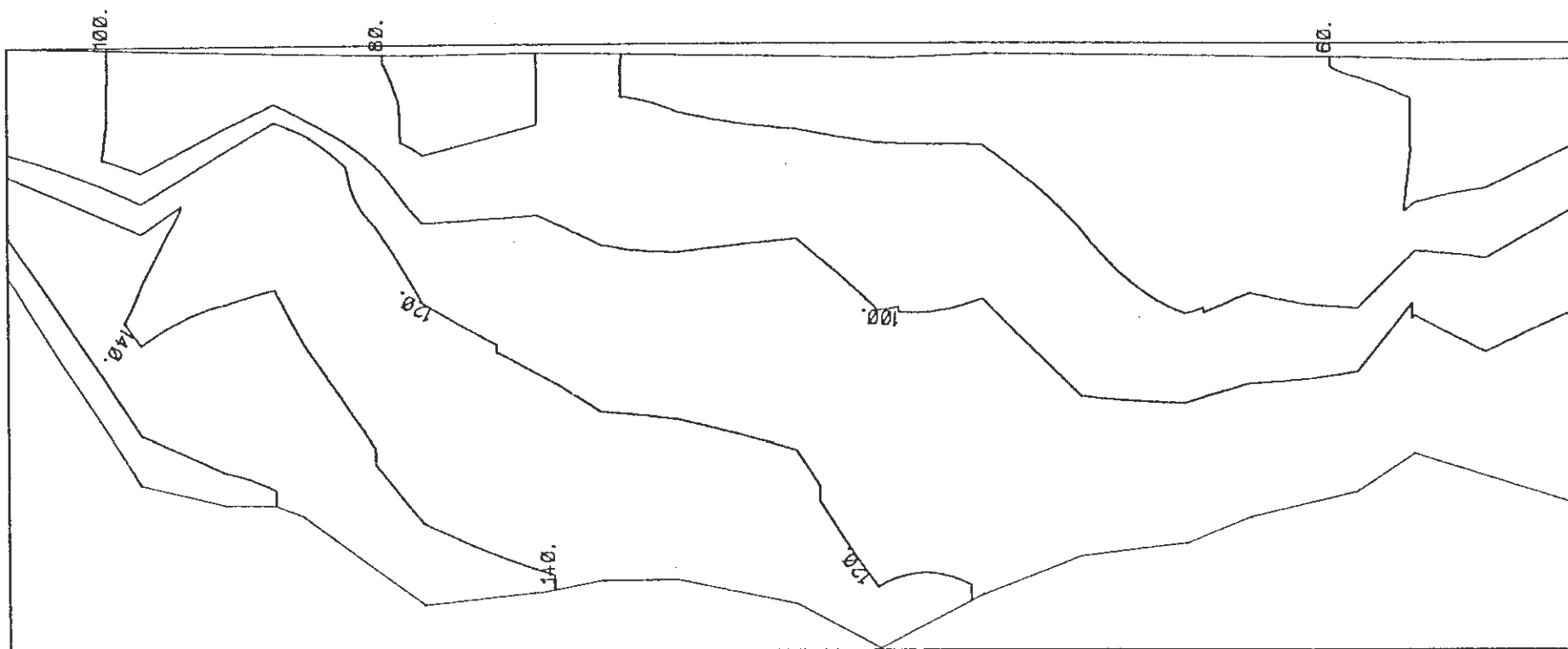
Schnitt 7 5000. bis 6000. m

Uebersichtsmodell Konrad



1.5, 1.5, 1.0	Maßstab horizontal	Derogeschwindigkeiten
0.5, 0.5, 0.5	Maßstab vertikal	Maßstab
— 10 —	= Druck in mVS bezogen auf NN	Y-Richtung → 0.3632 m/s
	Uebersichtsmodell, Variante 1	Y-Richtung ↑ 0.0036 m/s
	Geschwindigkeitsfeld und Druckverteilung	Z-Richtung ↓ 0.0131 m/s
		Z-Richtung ↑ 0.0001 m/s
		X-Richtung ↑ 0.4692 m/s
		(siehe Text)

BILD 25a: HYDRAULISCHES POTENTIAL – VARIANTE 1
(SWIFT-RECHNUNG)



SCALE
 0 2500 5000

TIME 1.00

BILD 26: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 1 – SCHNITT B

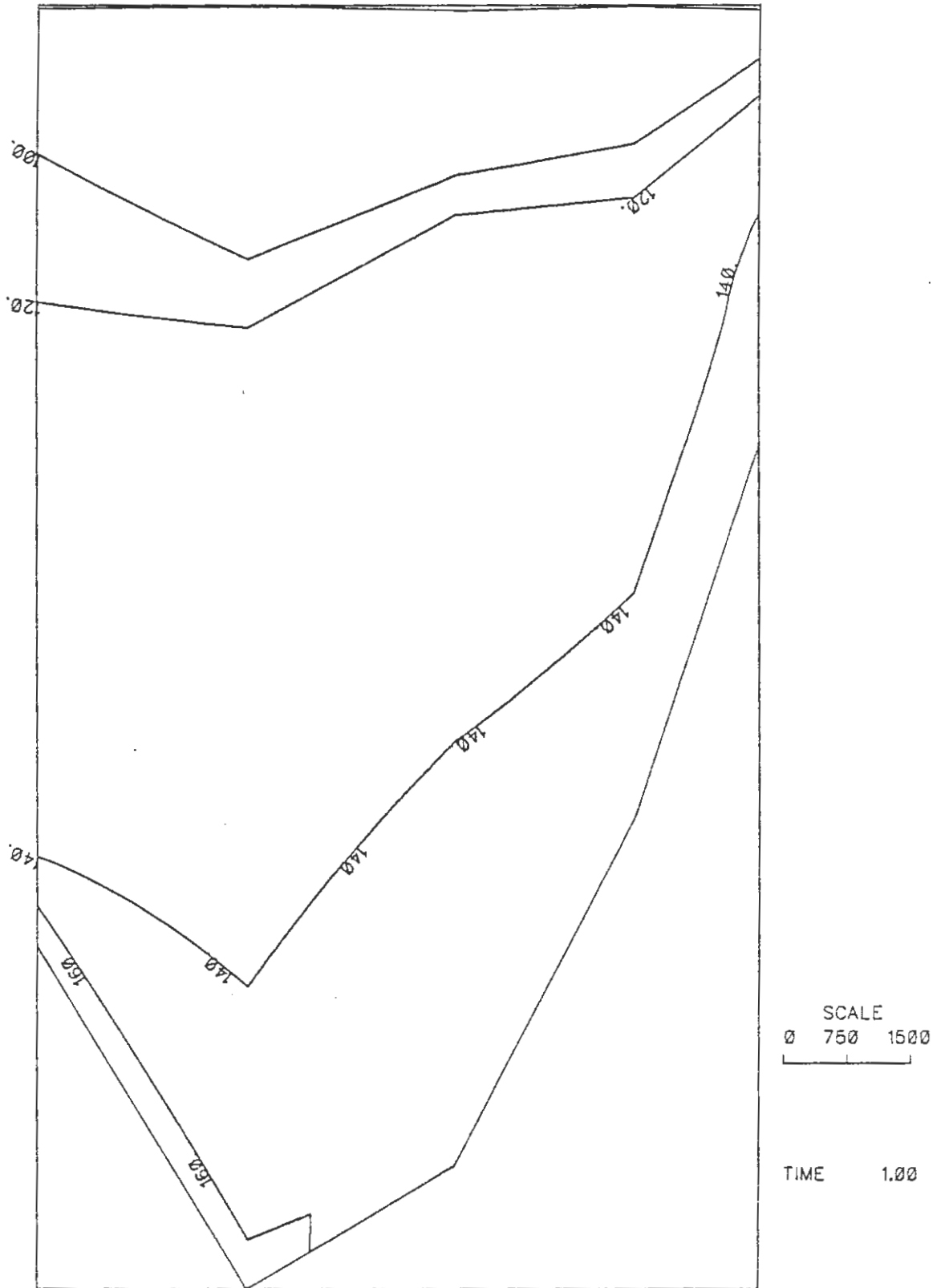
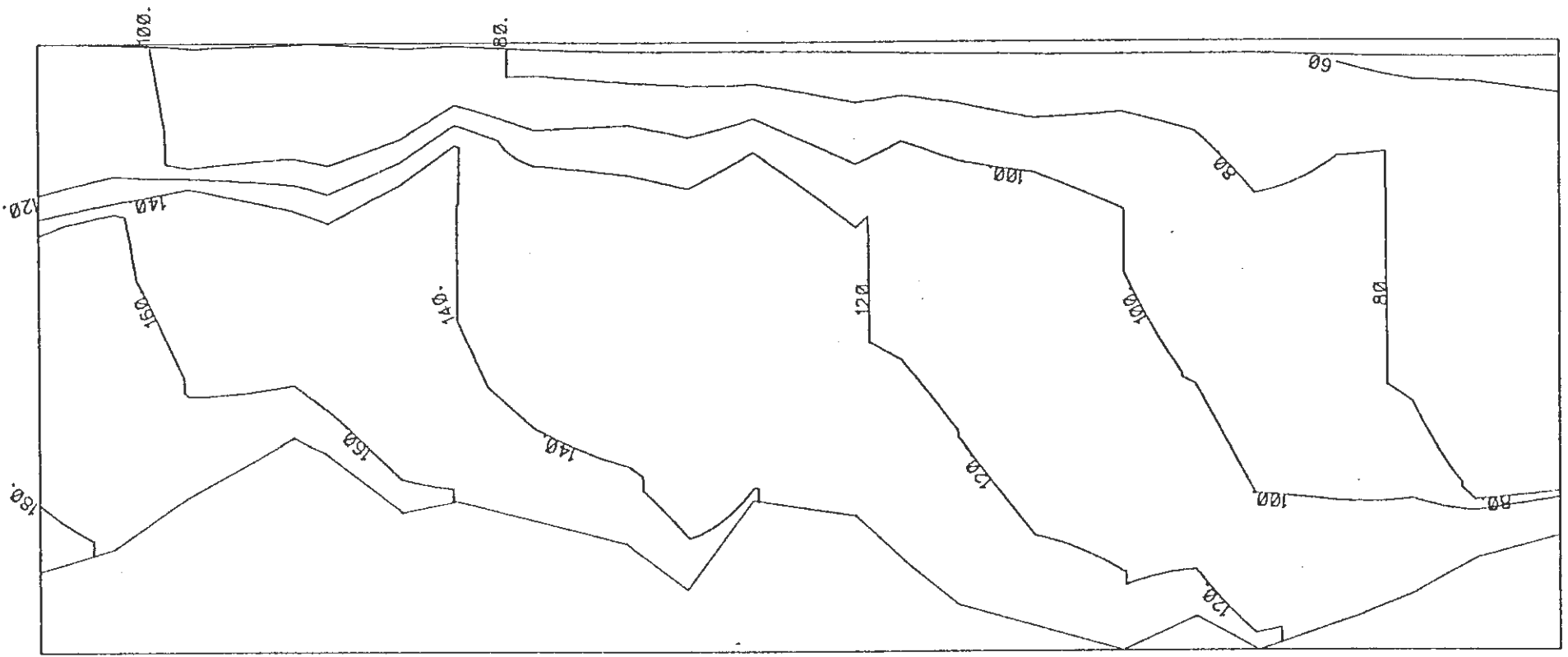


BILD 27: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 1 – SCHNITT C



SCALE
0 2500 5000

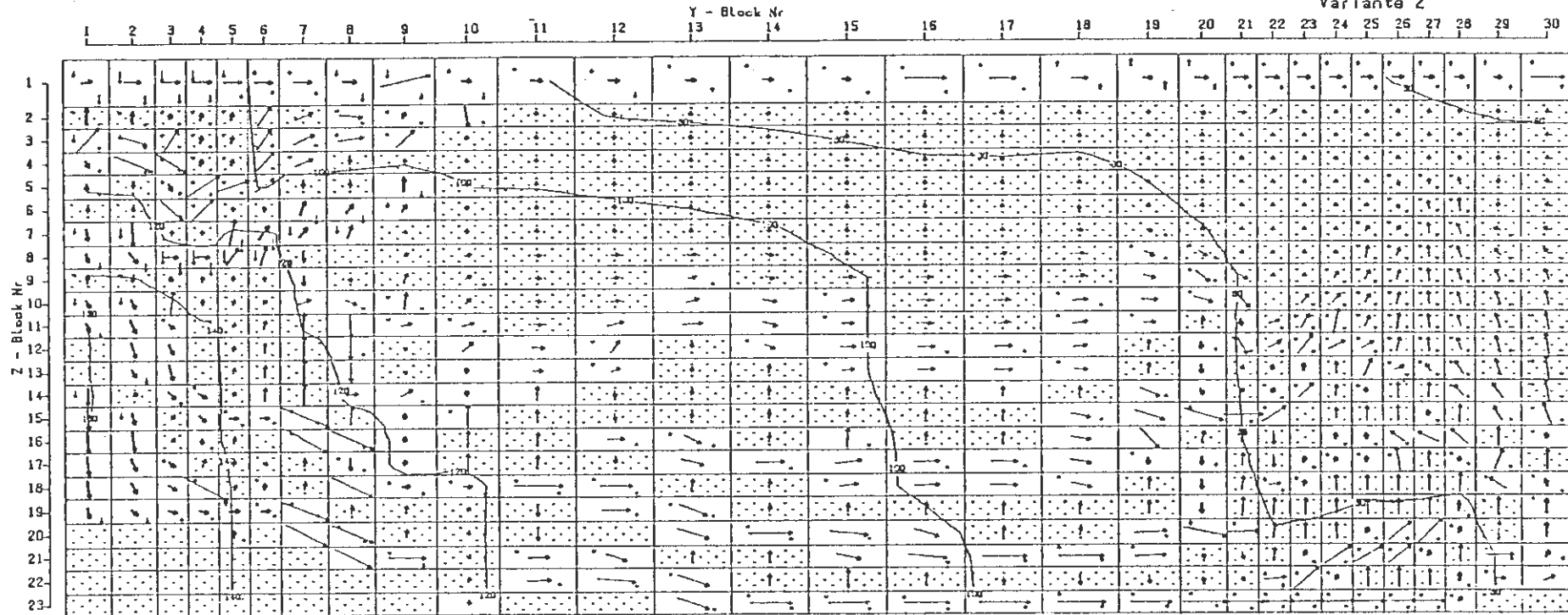
TIME 1.00

BILD 28: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 2 - SCHNITT A

Schnitt 7 5000. bis 6000. m

Übersichtsmodell Konrad

Variante 2



1.5 1.2 1.0 ← Massstab horizontal

2.0 0.1 0.1 ← Massstab vertikal

— 10 — = Druck in mVS bezogen auf NN

Übersichtsmodell, Variante 2
Geschwindigkeitsfeld und Druckverteilung

Darcygeschwindigkeiten

Massstab

Y-Richtung → 0.3634 m/s

Y-Richtung ↑ 0.0036 m/s

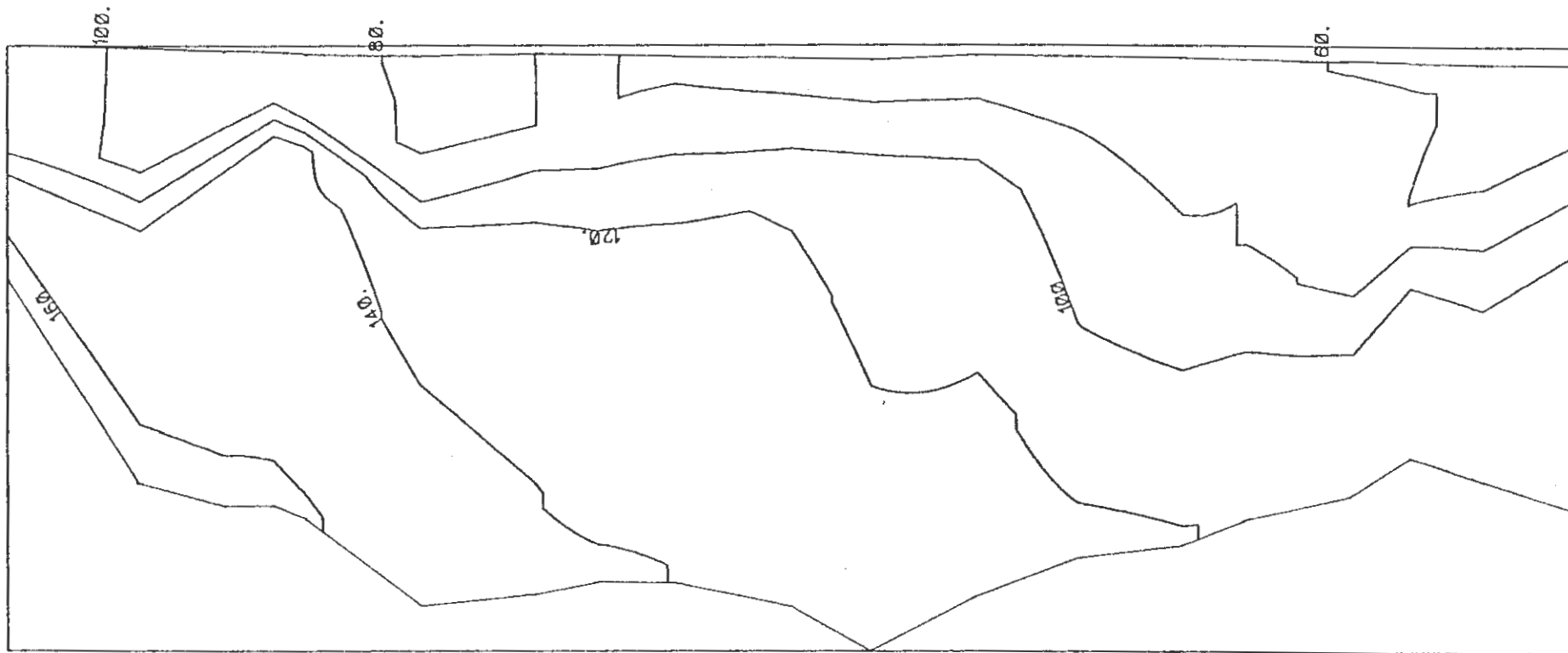
Z-Richtung ↓ 0.0139 m/s

Z-Richtung ↑ 0.0001 m/s

X-Richtung ↑ 0.4829 m/s

(siehe Text)

BILD 28a: HYDRAULISCHES POTENTIAL – VARIANTE 2
(SWIFT-RECHNUNG)



SCALE
0 2500 5000

TIME 1.00

BILD 29: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 2 – SCHNITT B

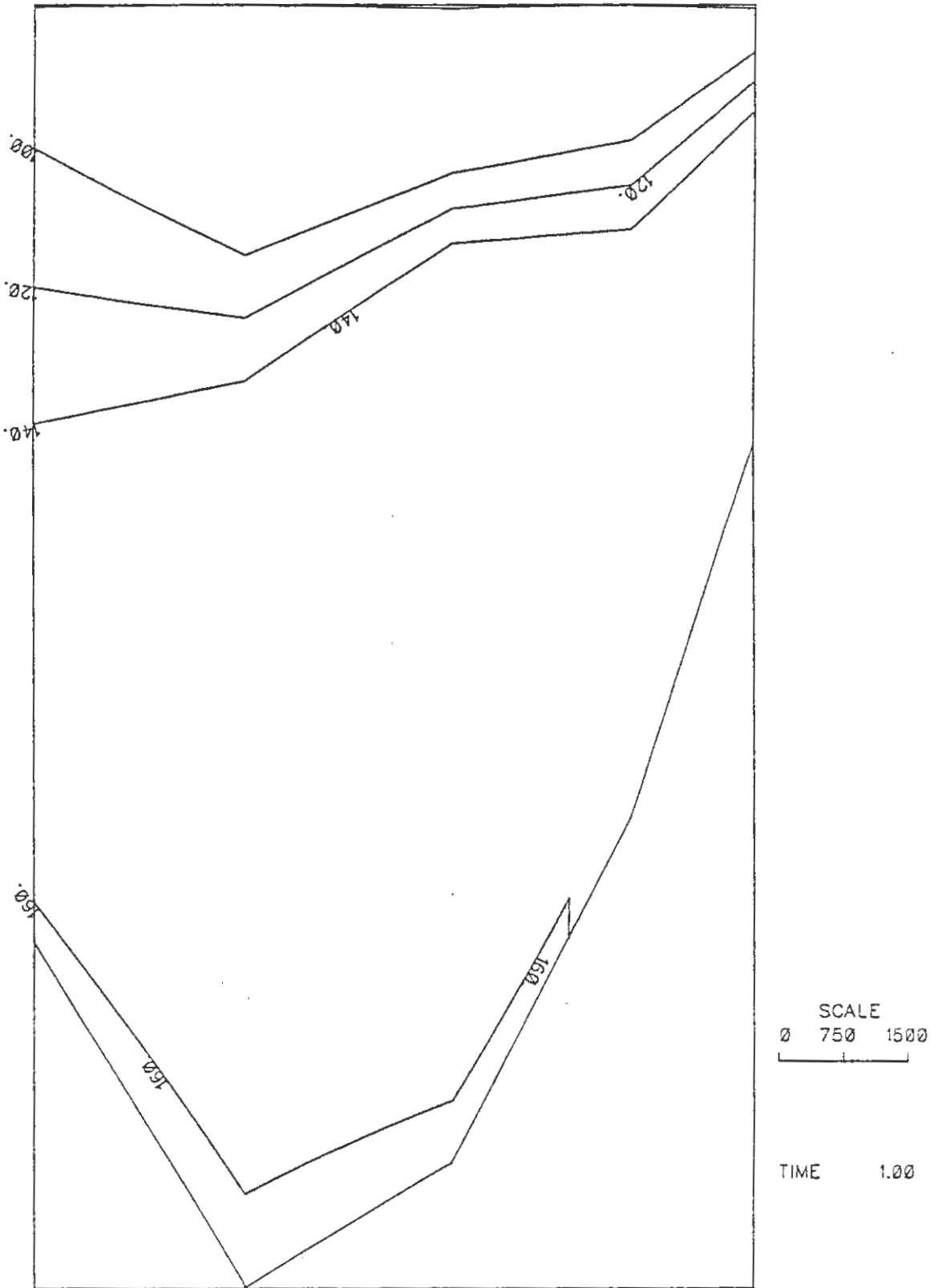


BILD 30: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 2 - SCHNITT C

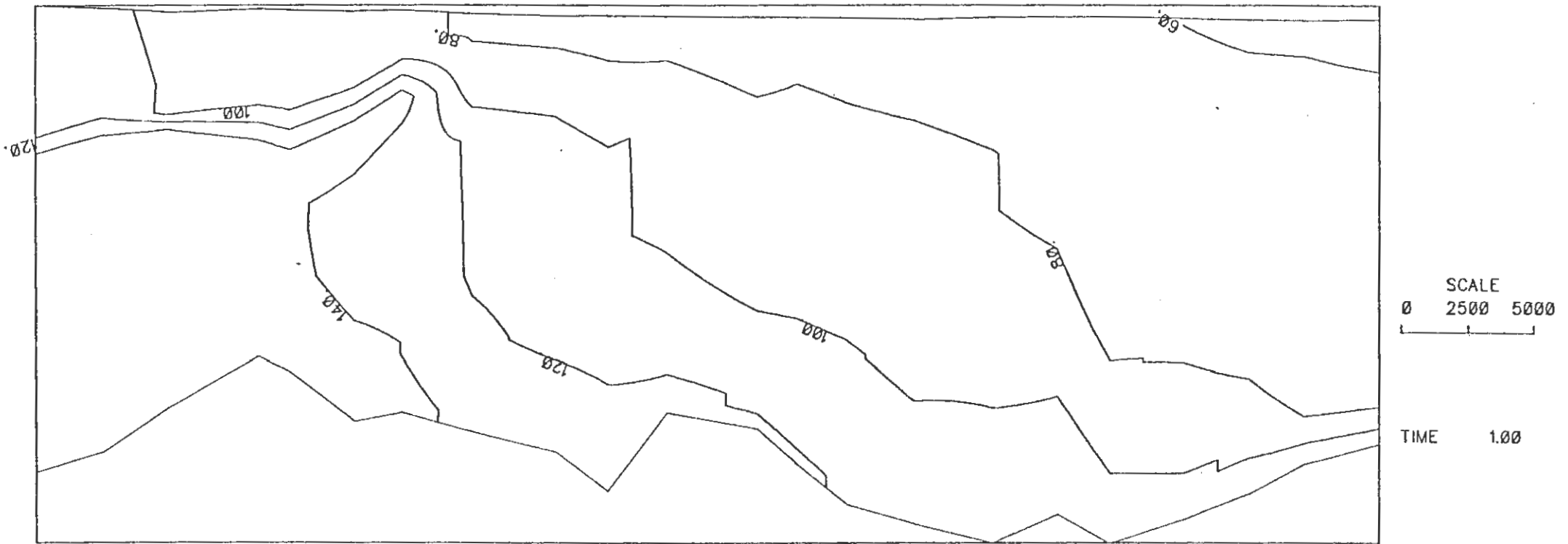
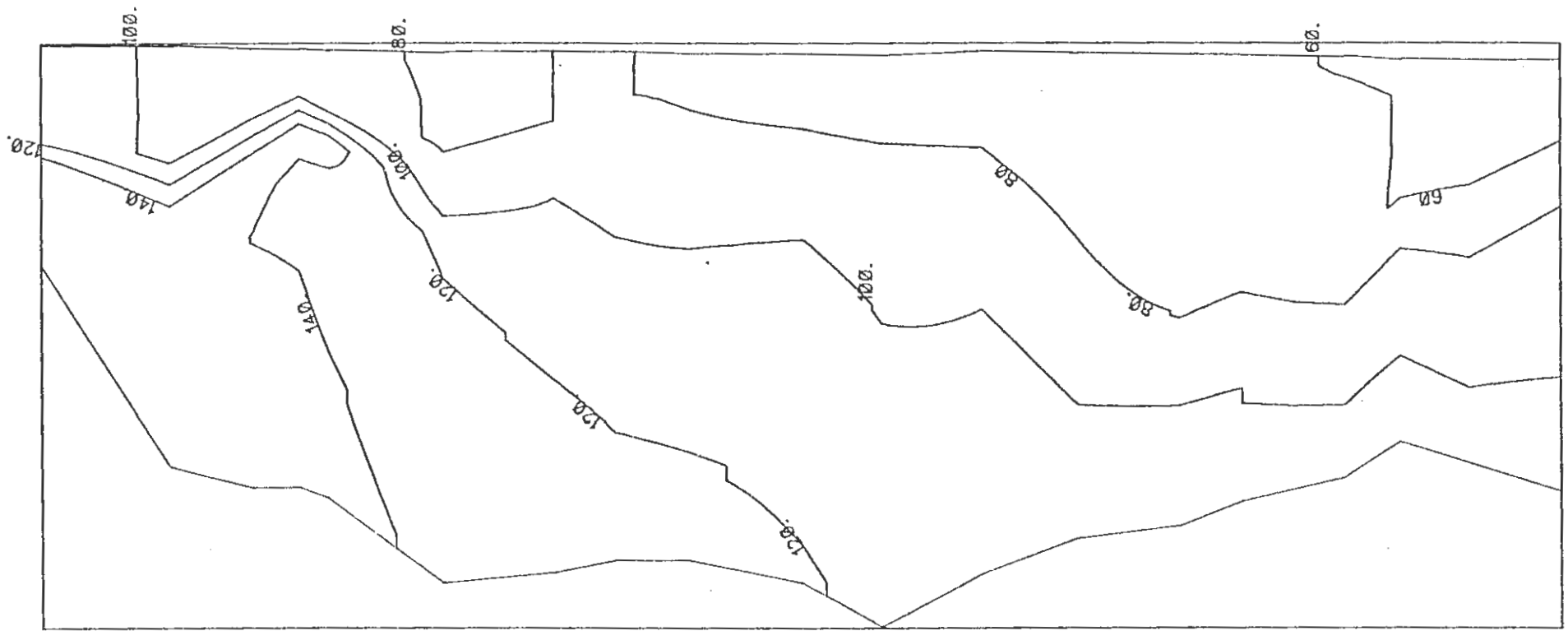


BILD 31: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 3 – SCHNITT A



SCALE
0 2500 5000

TIME 1.00

BILD 32: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 3 – SCHNITT B

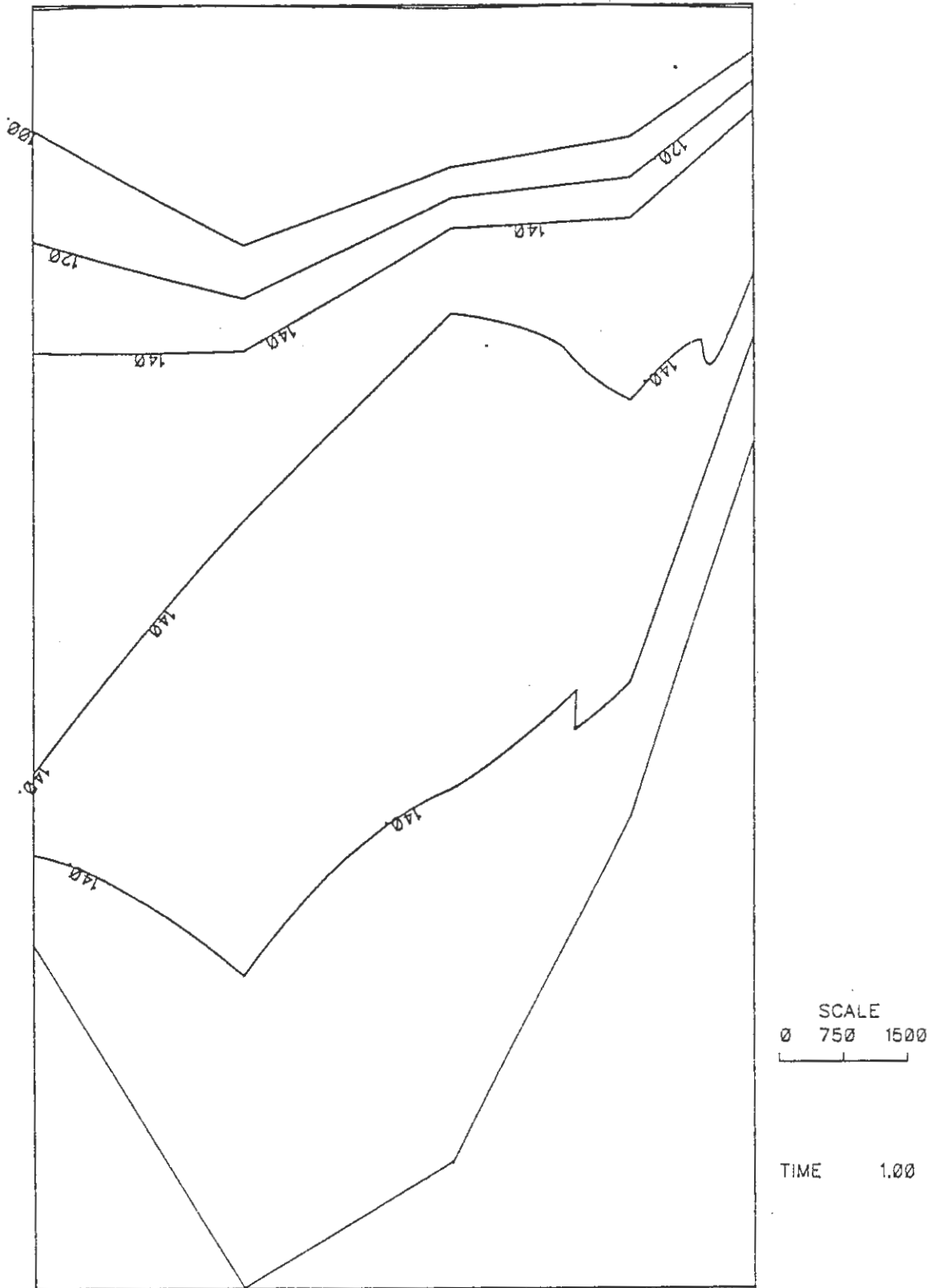


BILD 33: HYDRAULISCHES POTENTIAL VARIANTE 2 – SCHNITT C

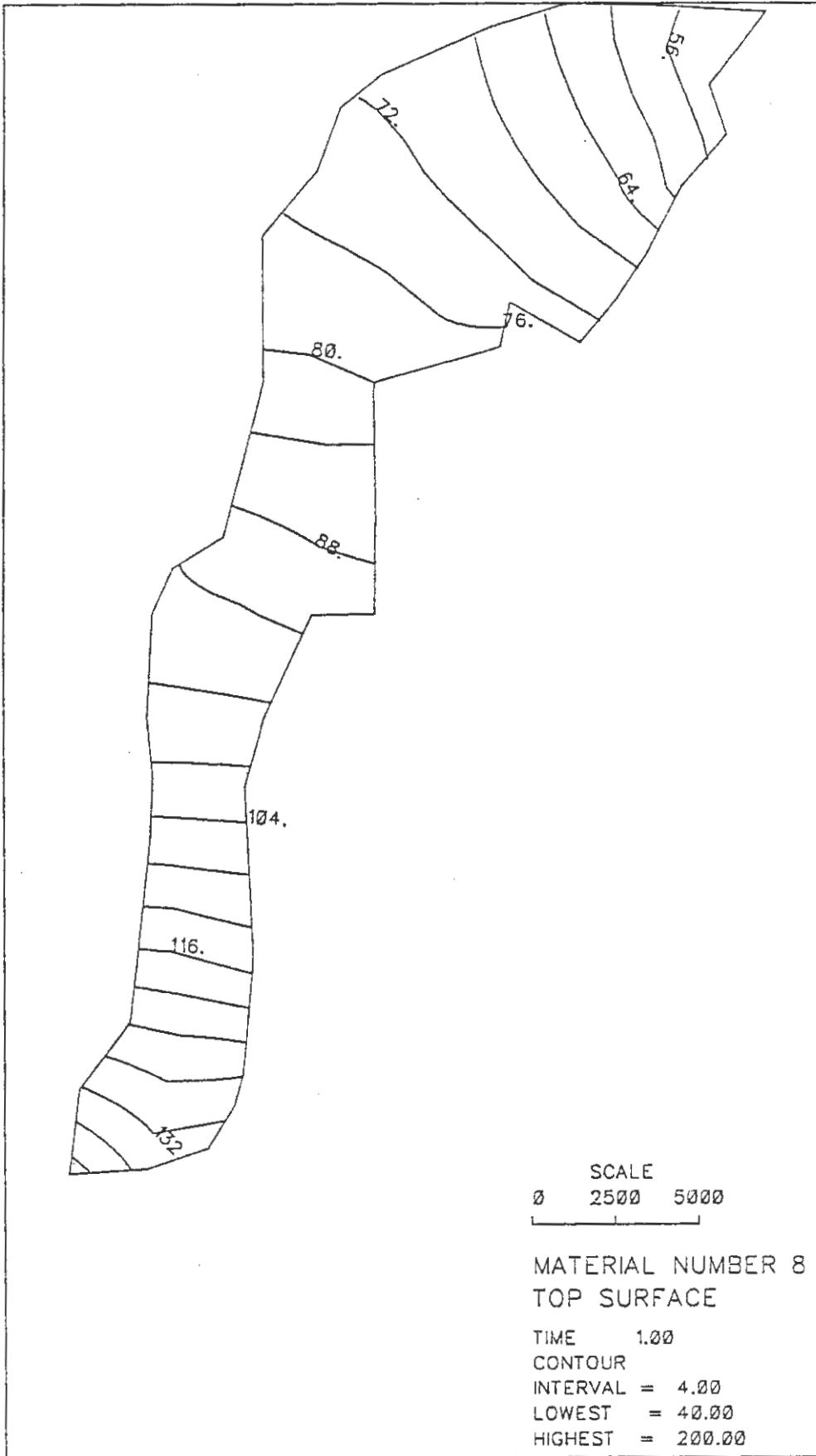


BILD 34: HYDRAULISCHES POTENTIAL OXFORD
 VARIANTE 1

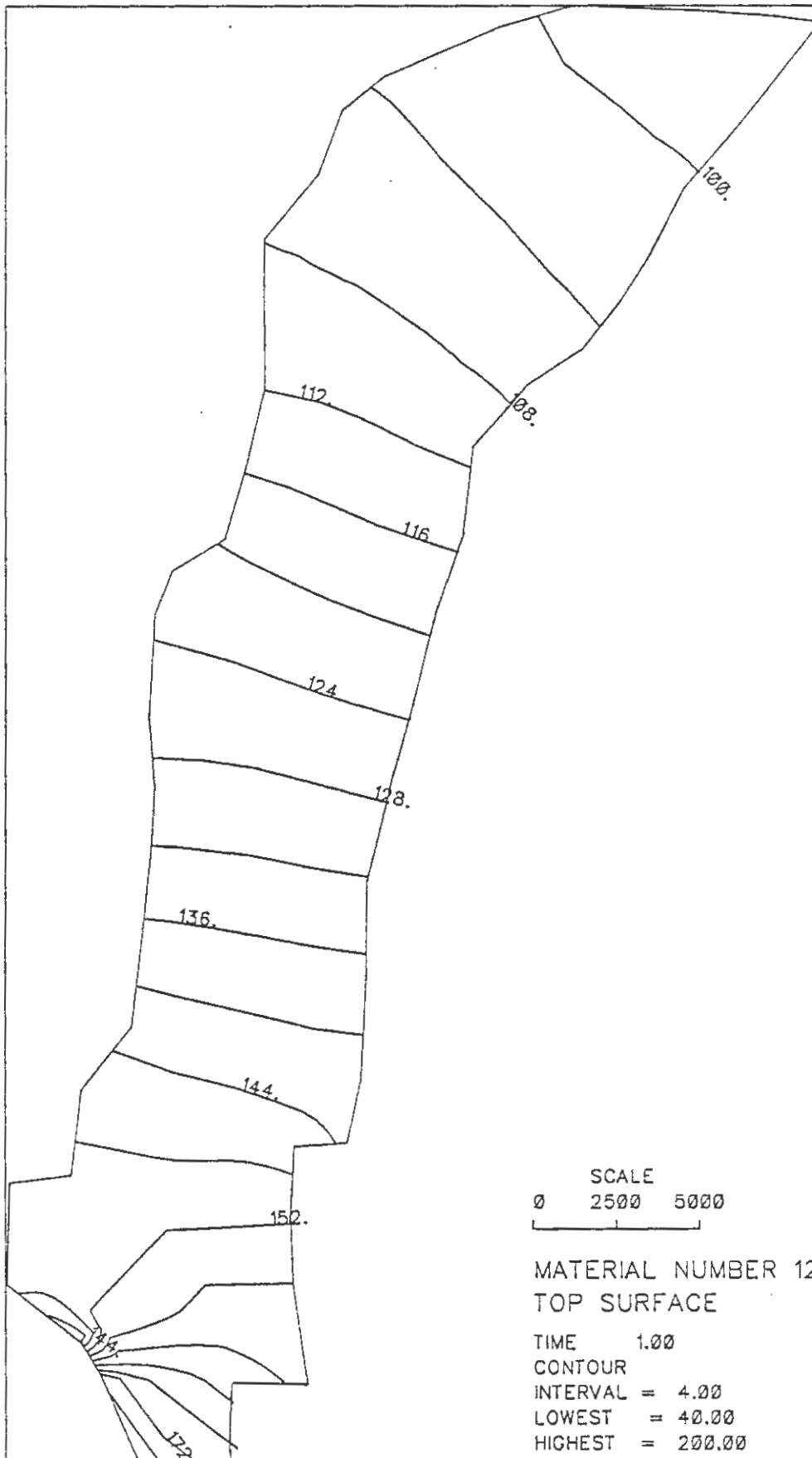


BILD 35: HYDRAULISCHES POTENTIAL RHAET
VARIANTE 1

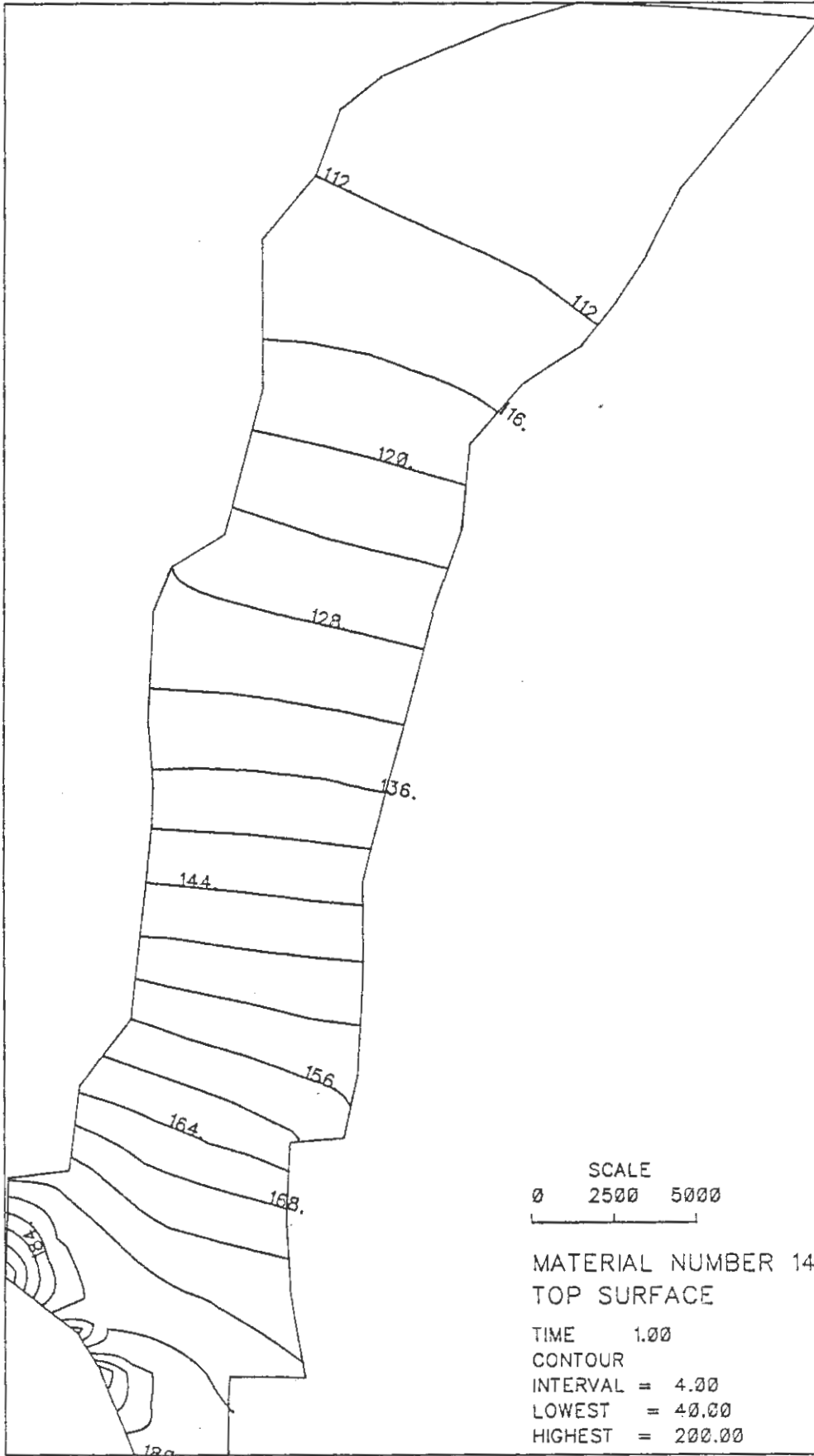


BILD 36: HYDRAULISCHES POTENTIAL OBERER MUSCHELKALK VARIANTE 1

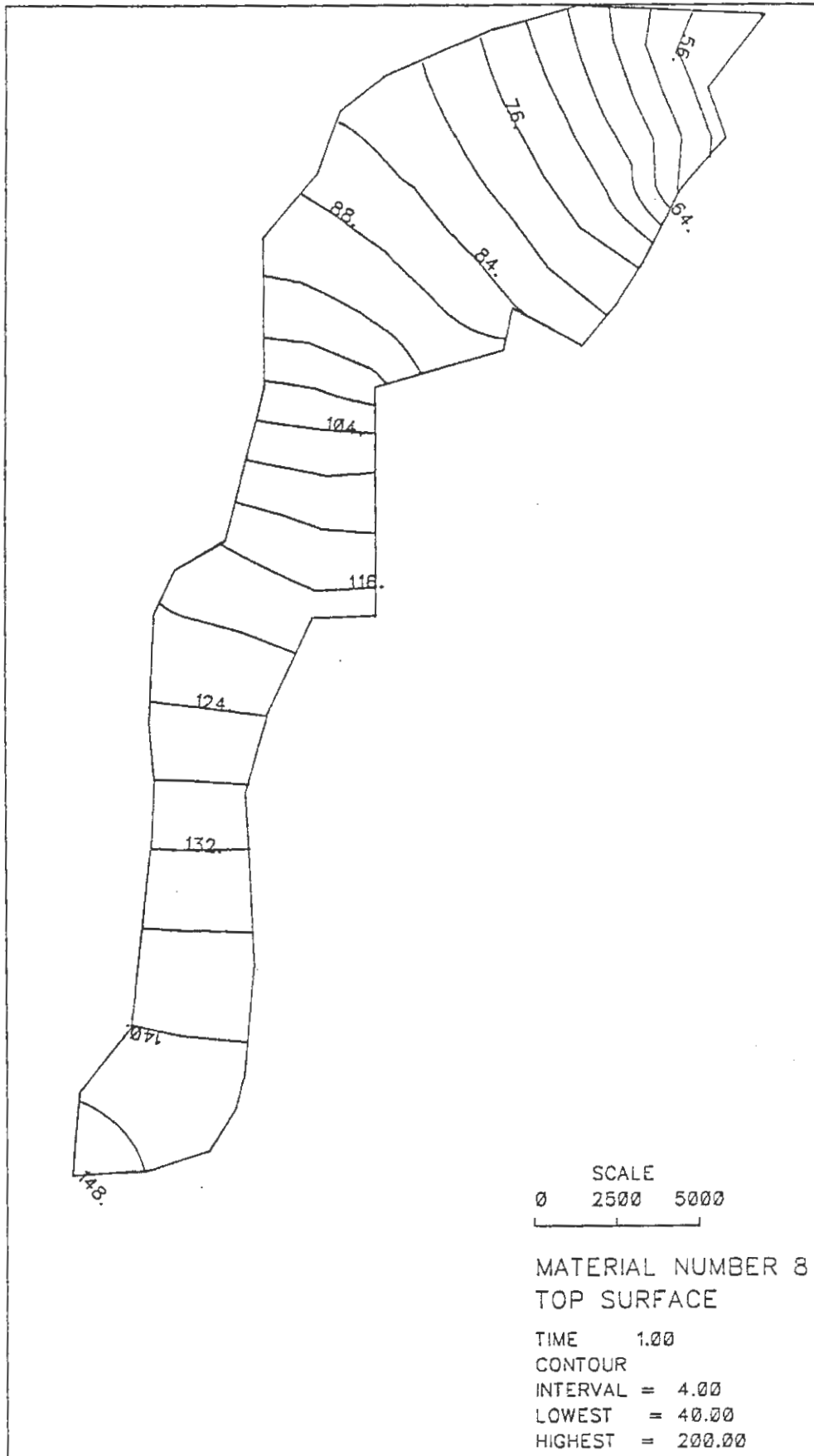


BILD 37: HYDRAULISCHES POTENTIAL OXFORD
VARIANTE 2

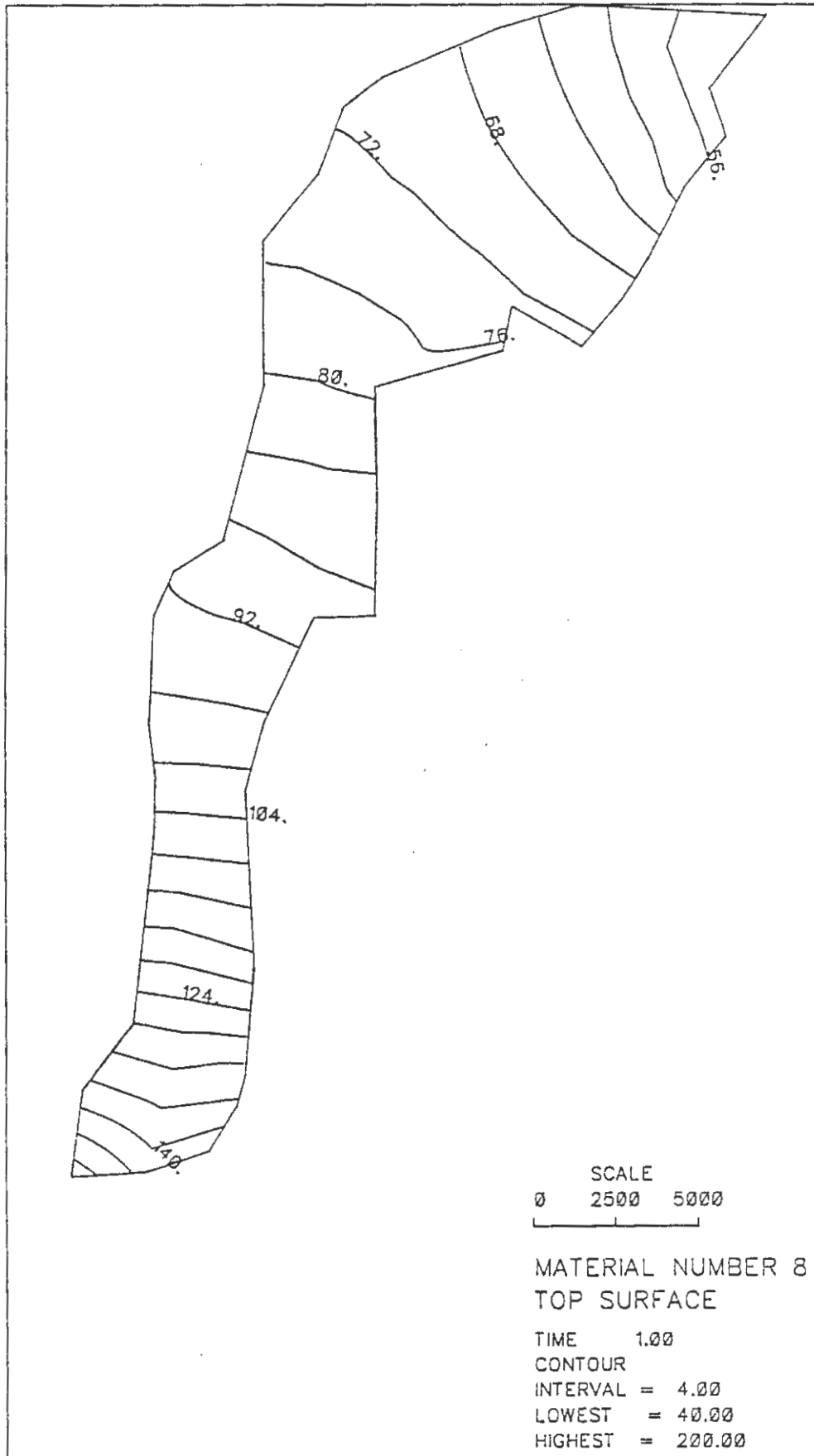


BILD 38: HYDRAULISCHES POTENTIAL OXFORD
VARIANTE 3

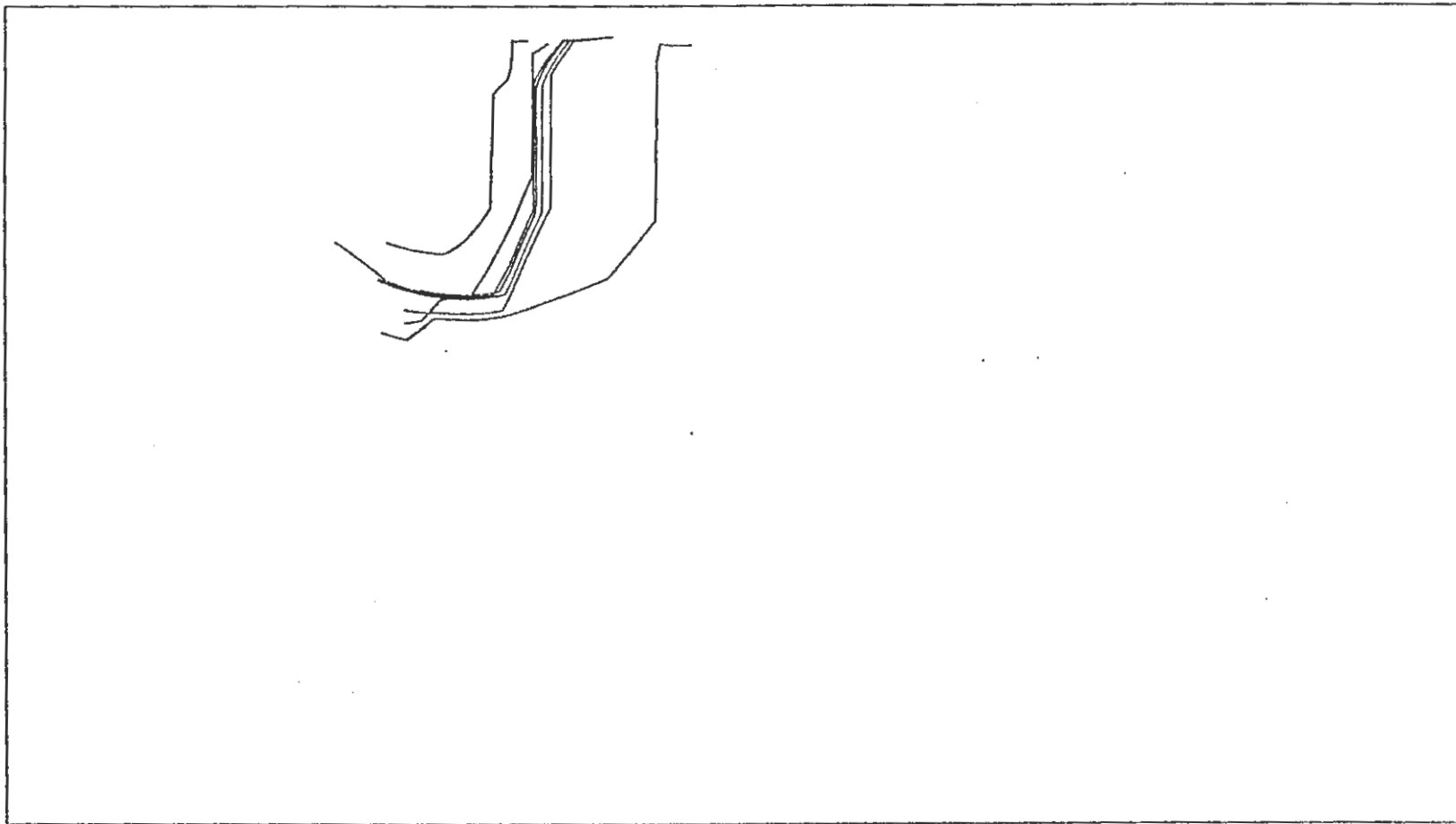
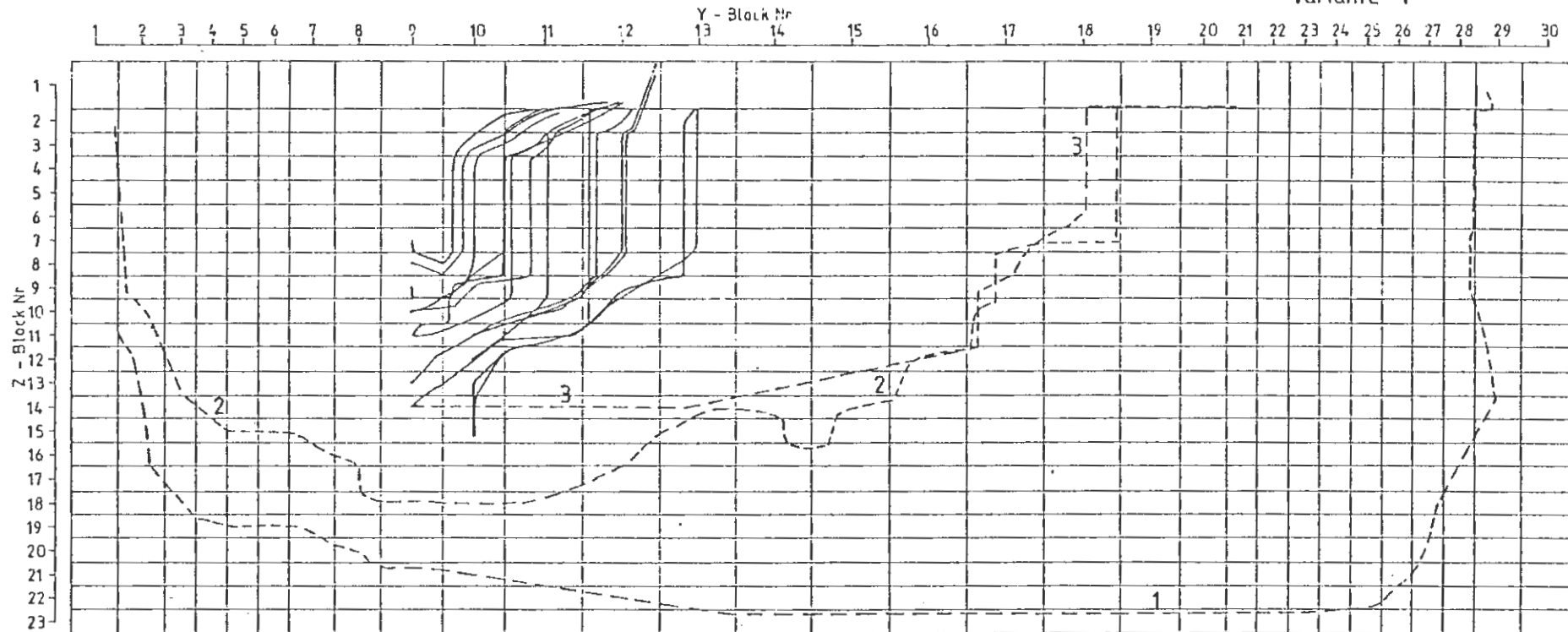


BILD 39: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE OXFORD LAGERBEREICH – VARIANTE 1

Übersichtsmodell Konrad
Variante 1



1,5, 1,5, 1,0 km
0,2, 0,1, 0,1 km

Maßstab horizontal
Maßstab vertikal

— Startpunkt im Lagerbereich
- - - Startpunkt in verschiedenen
Wasserteilern

1 Oberer Muschelkalk
2 Rhät
3 Cornbrash

Laufzeit 916 000 a
Laufzeit 1030 000 a
Laufzeit 2360 000 a

BILD 39a: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
VARIANTE 1 (SWIFT-RECHNUNG)

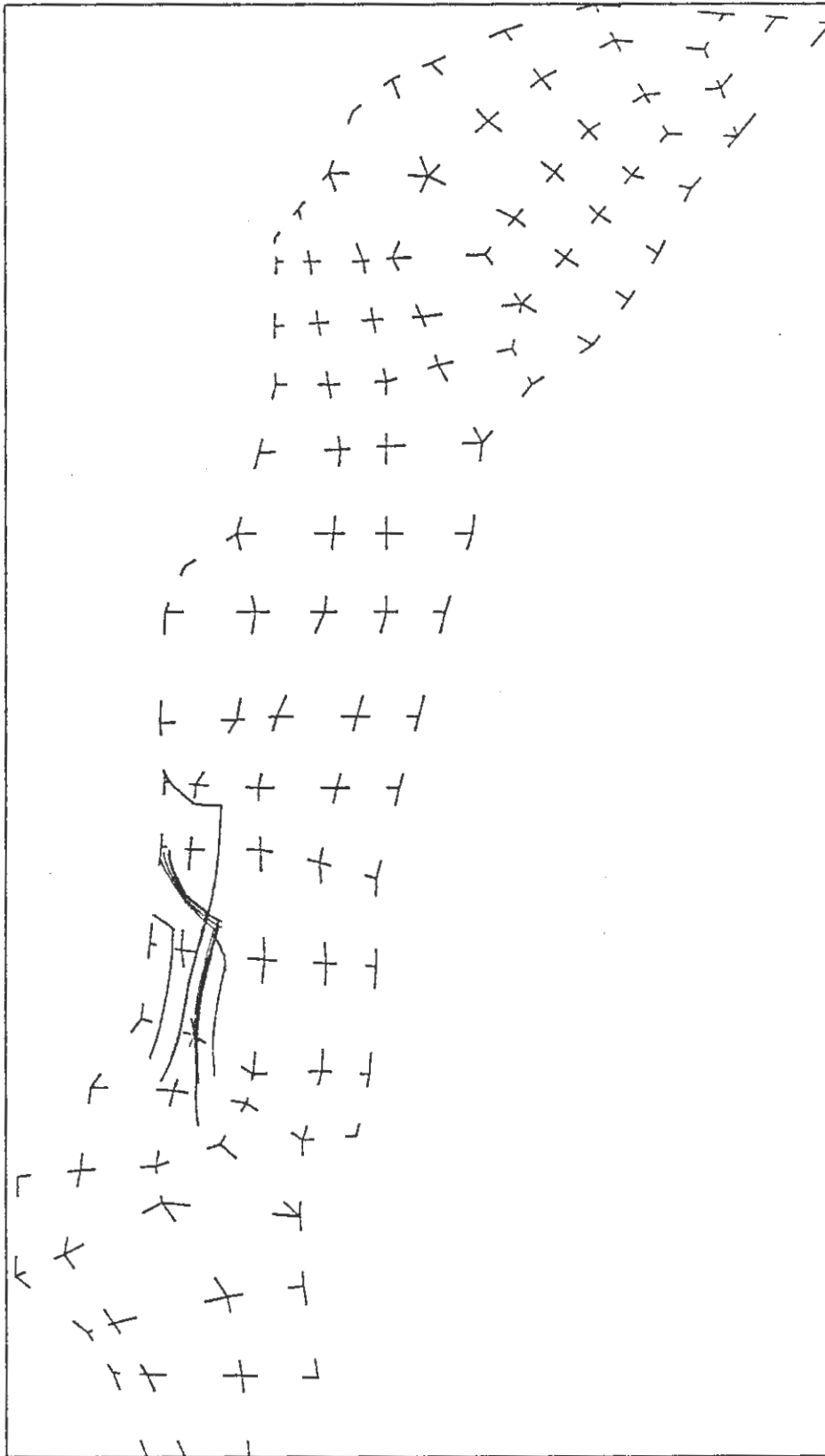


BILD 40: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF HORIZONTALE EBENE
 STARTPUNKTE OXFORD LAGERBEREICH - VARIANTE 1

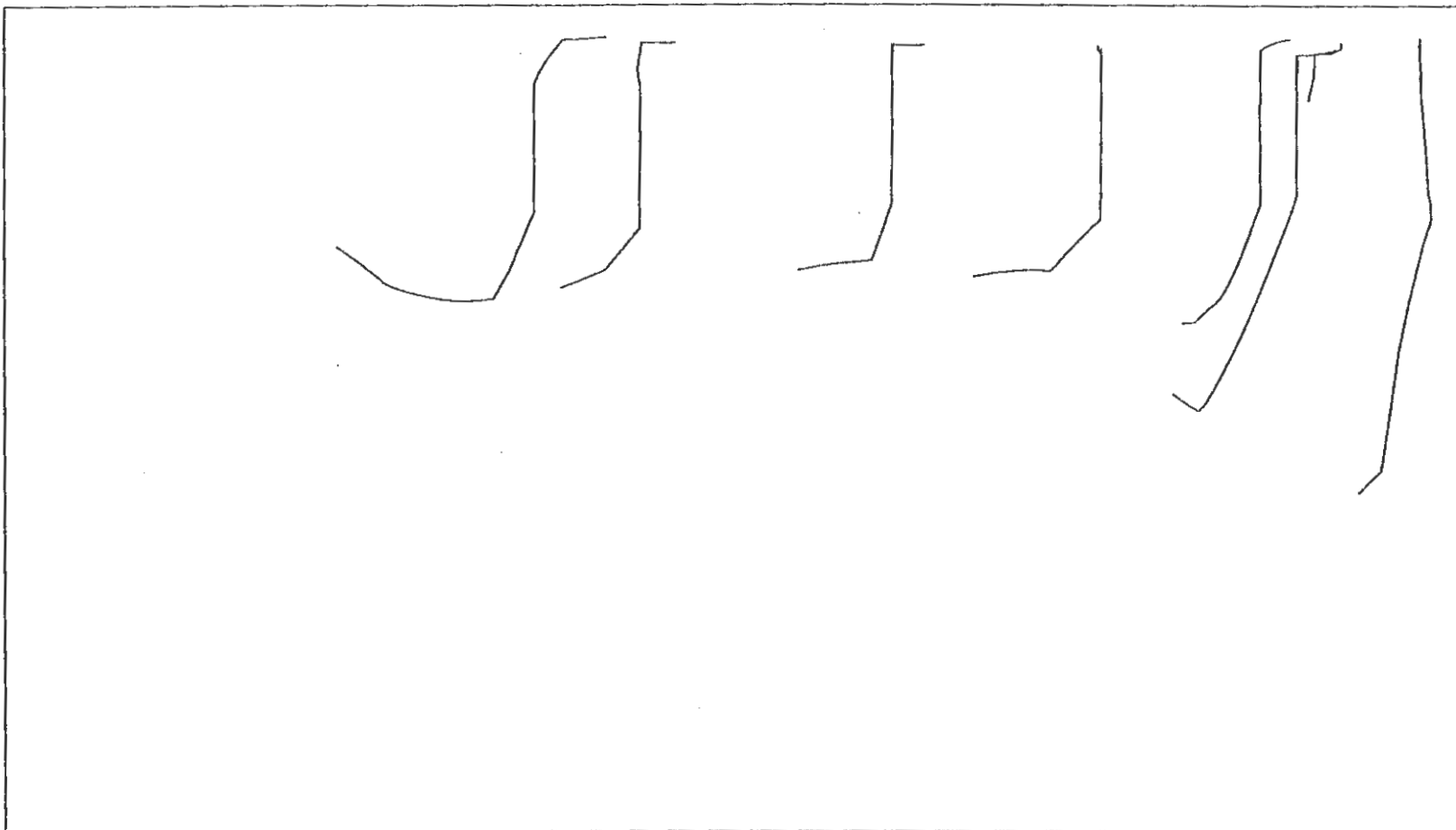


BILD 41: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE OXFORD – VARIANTE 1

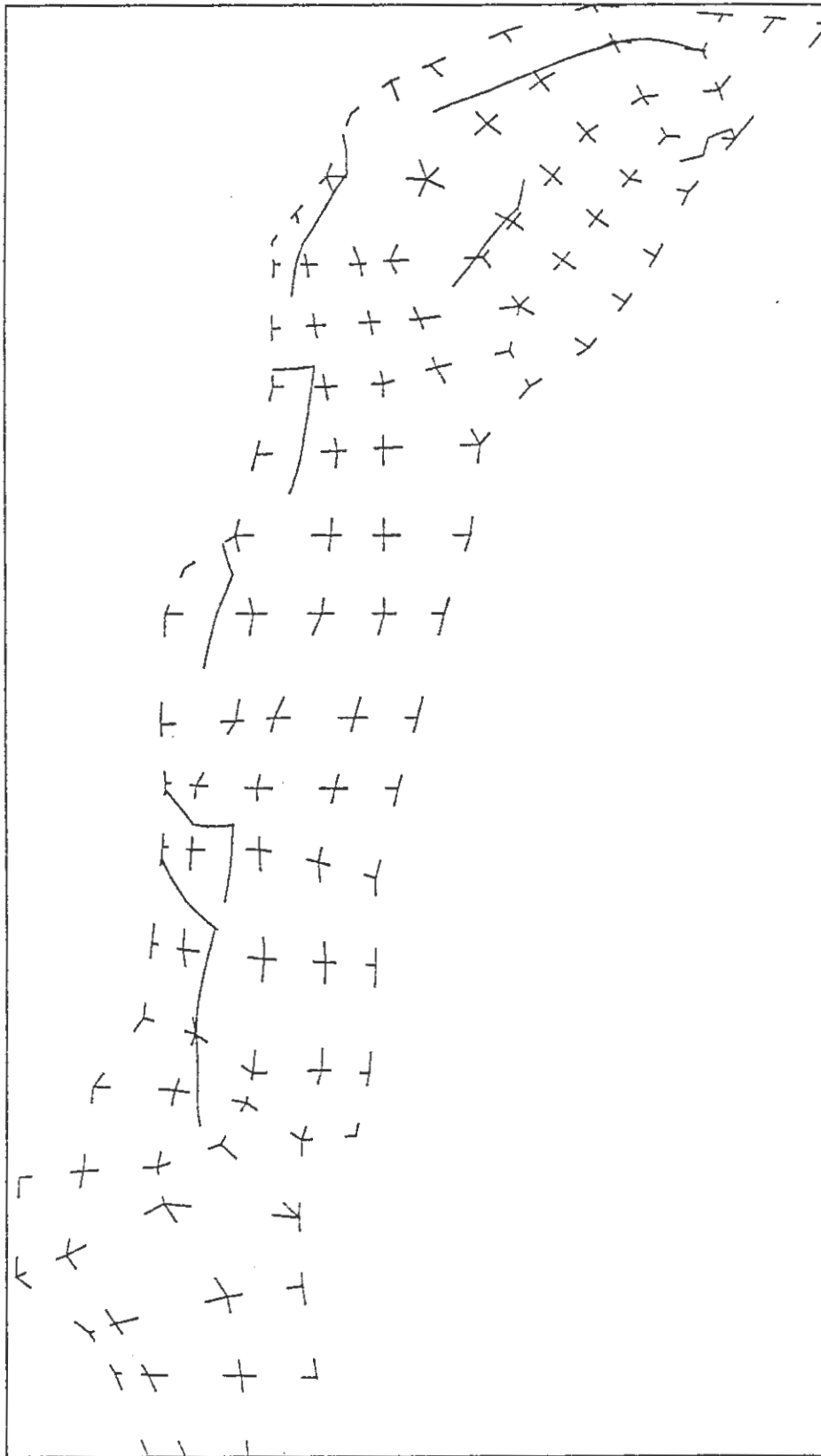


BILD 42: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF HORIZONTALE EBENE
 STARTPUNKTE OXFORD - VARIANTE 1

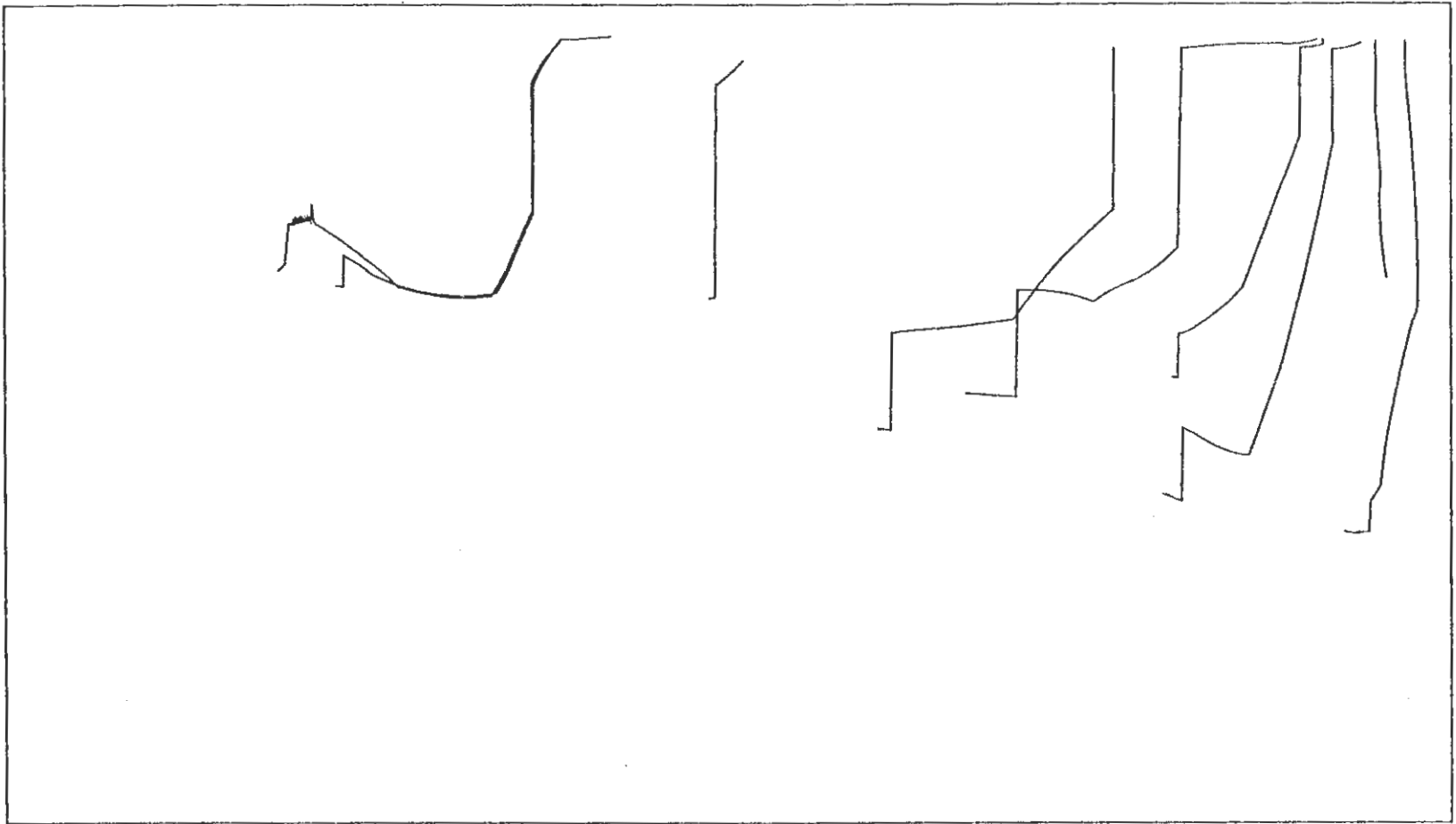


BILD 43: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE CORNBRAASH – VARIANTE 1

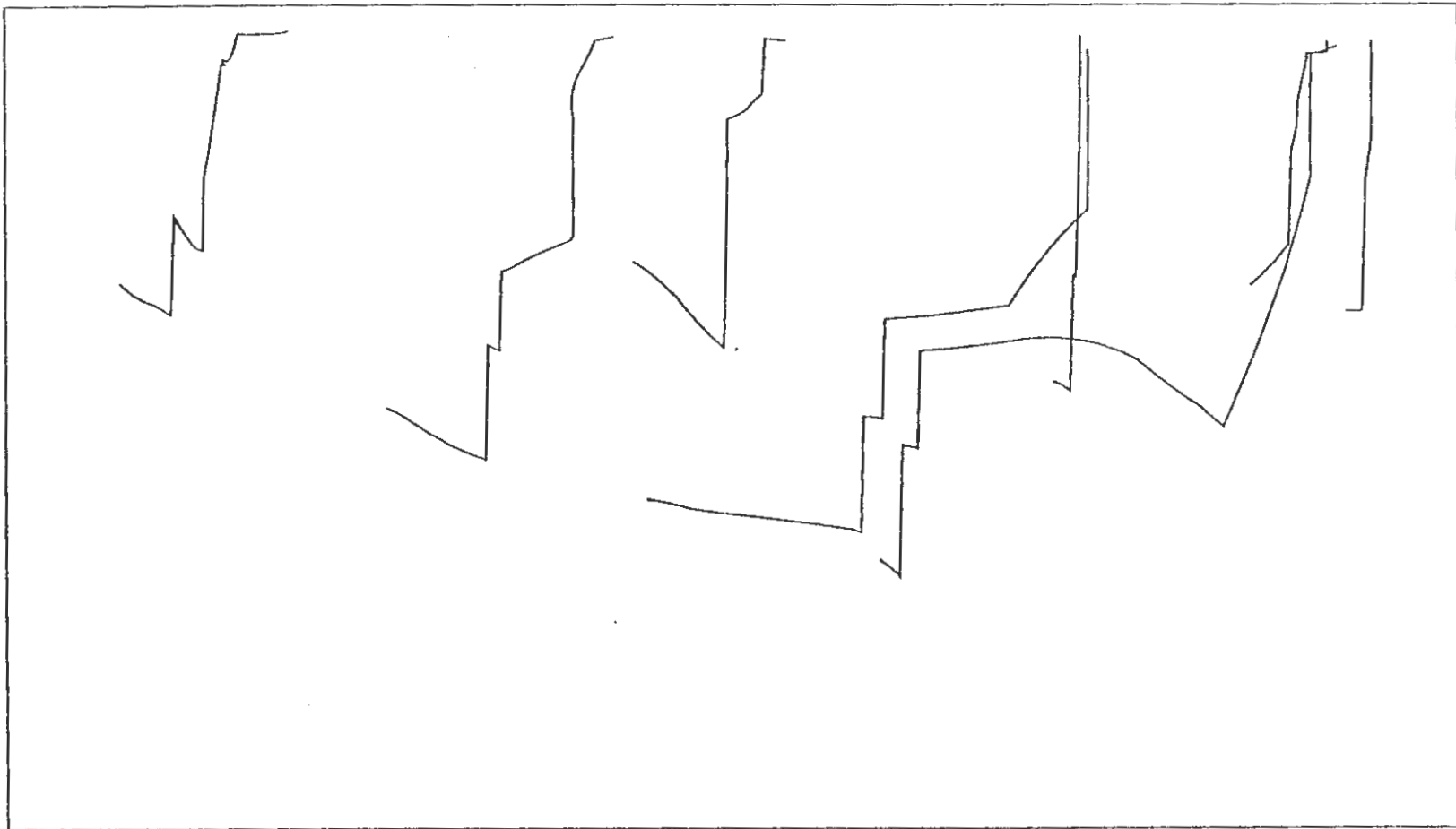


BILD 44: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE RHAET – VARIANTE 1

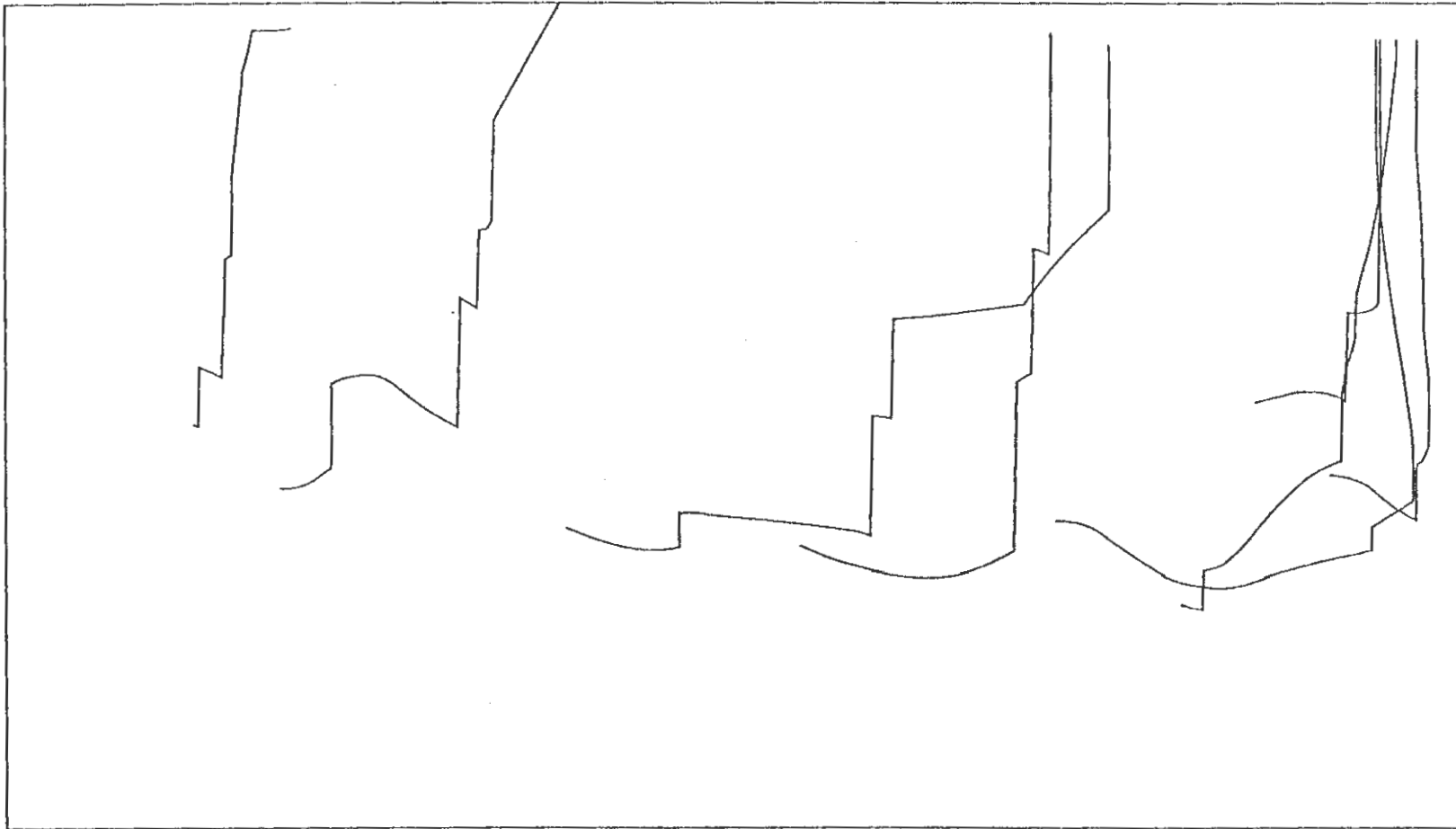


BILD 45: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE OBERER MUSCHELKALK -- VARIANTE 1

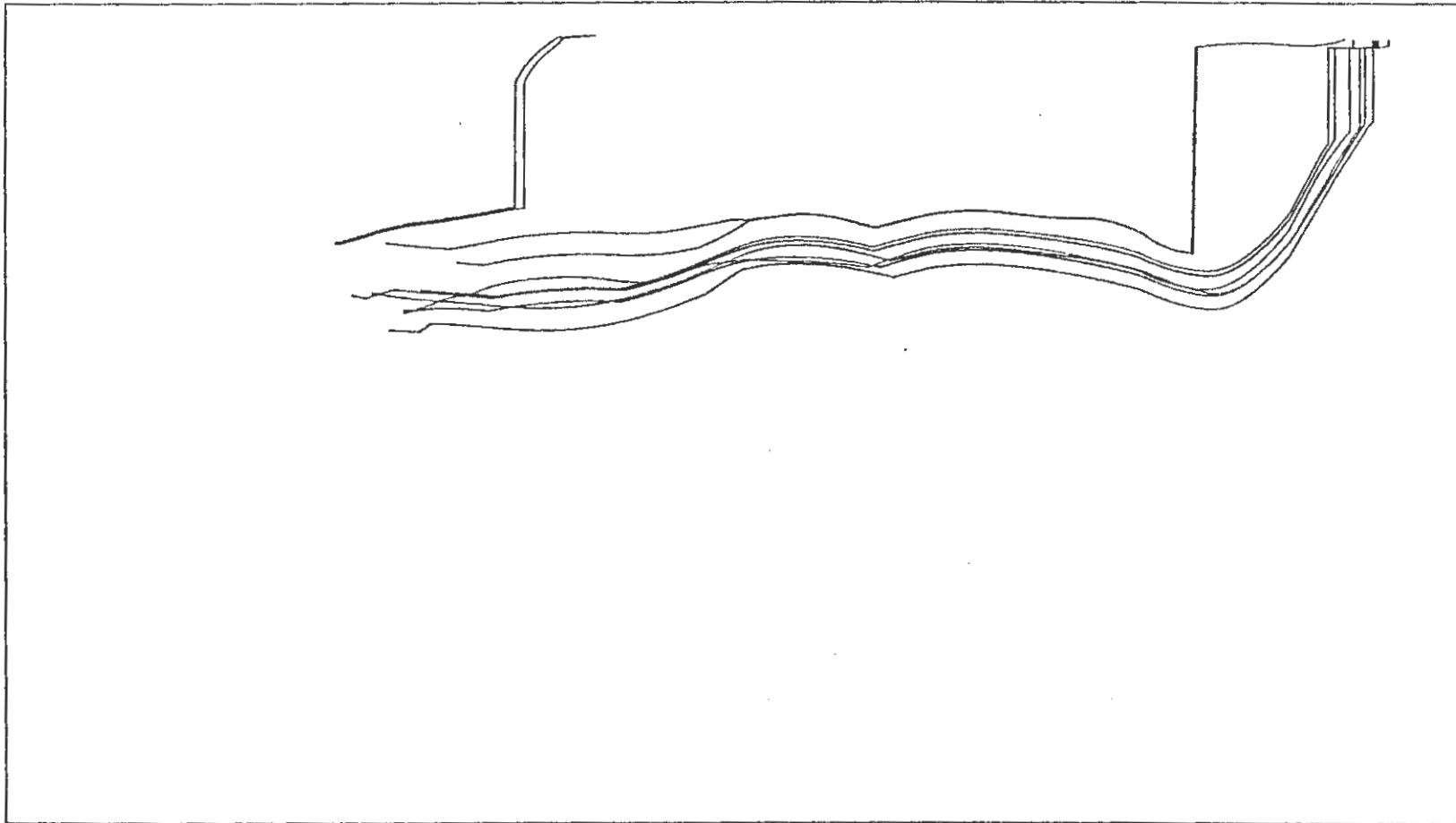


BILD 46: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE OXFORD LAGERBEREICH – VARIANTE 2

Uebersichtsmodell Konrad
Variante 2

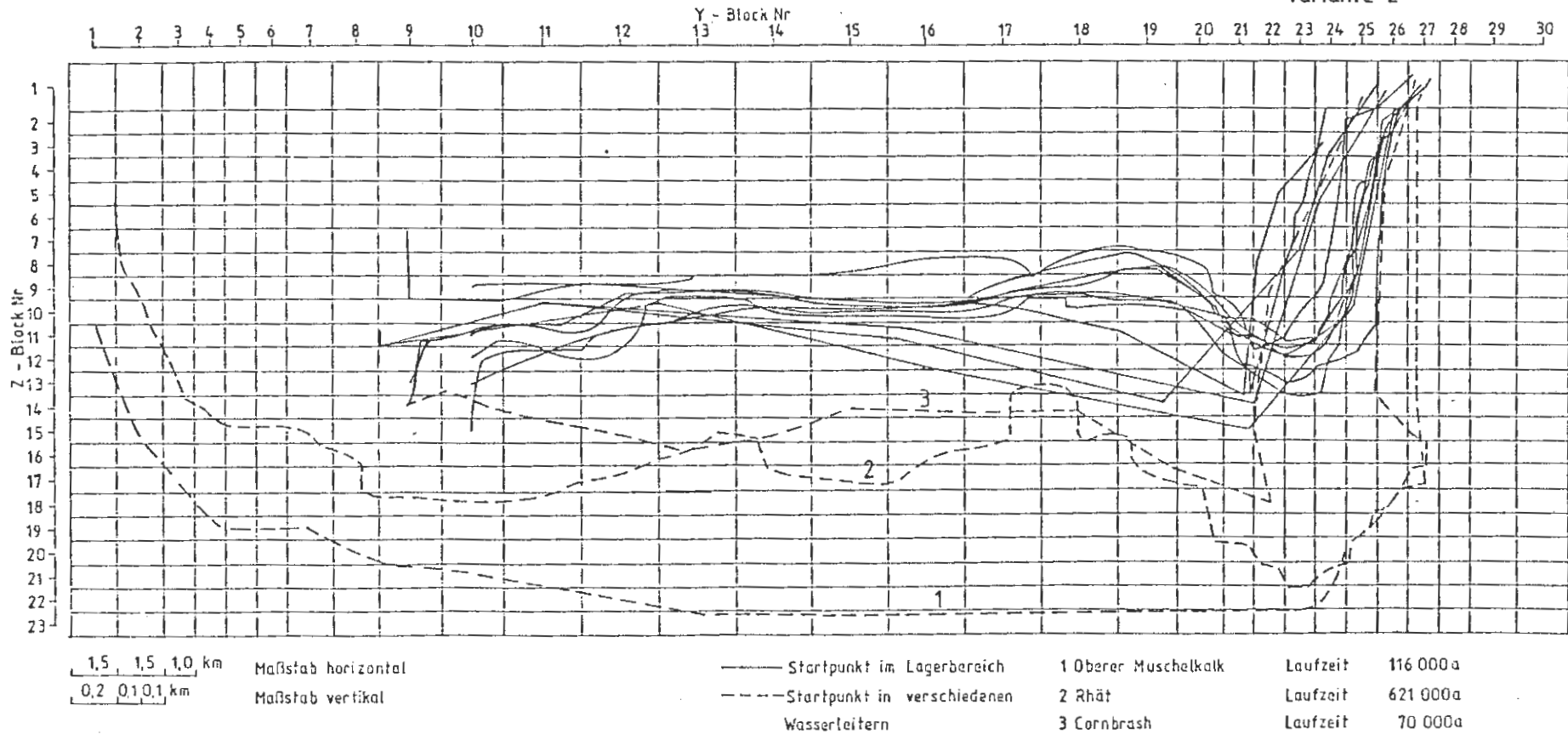


BILD 46a: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
VARIANTE 2 (SWIFT-RECHNUNG)

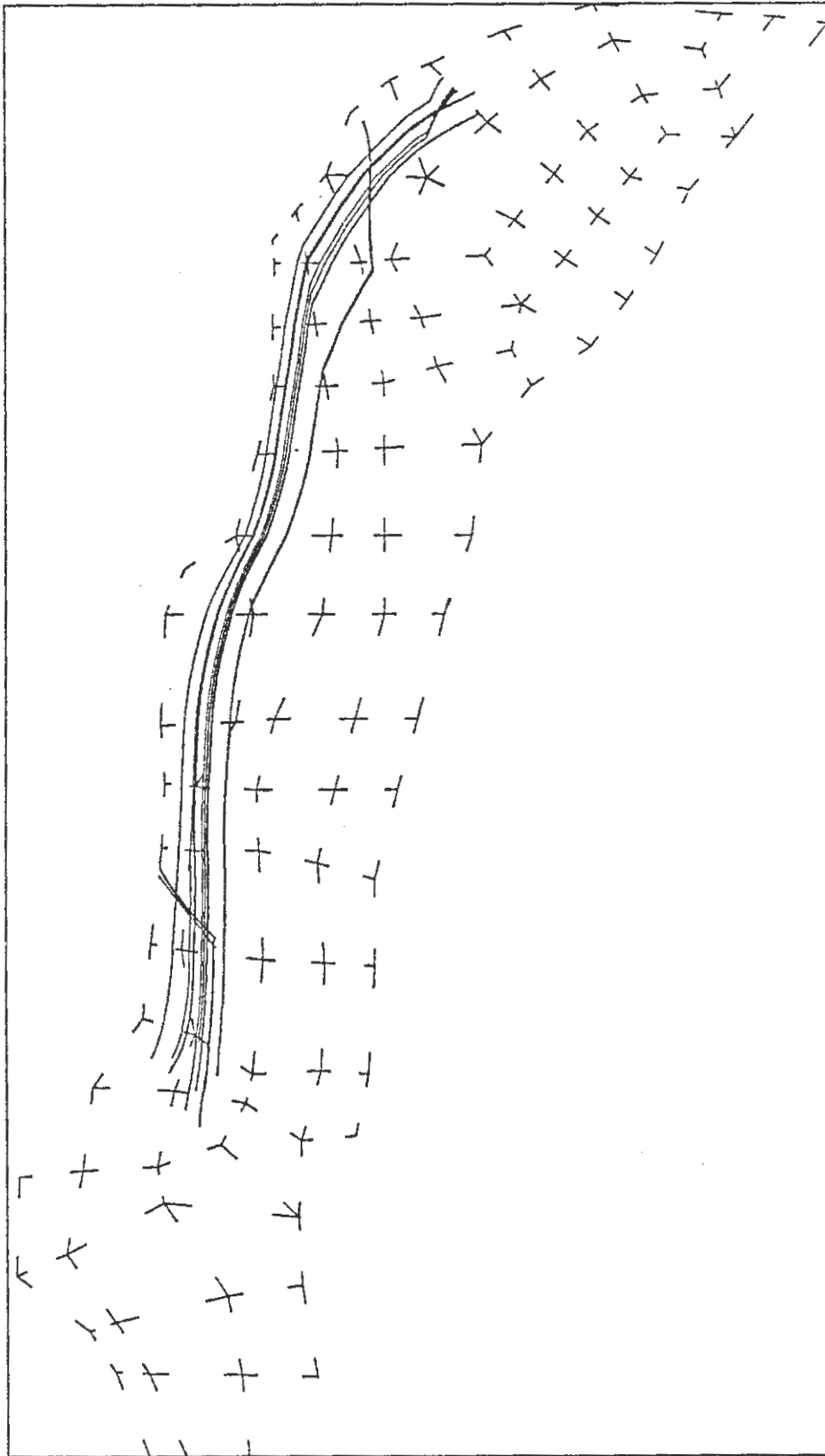


BILD 47: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF HORIZONTALE EBENE
STARTPUNKTE OXFORD LAGERBEREICH - VARIANTE 2

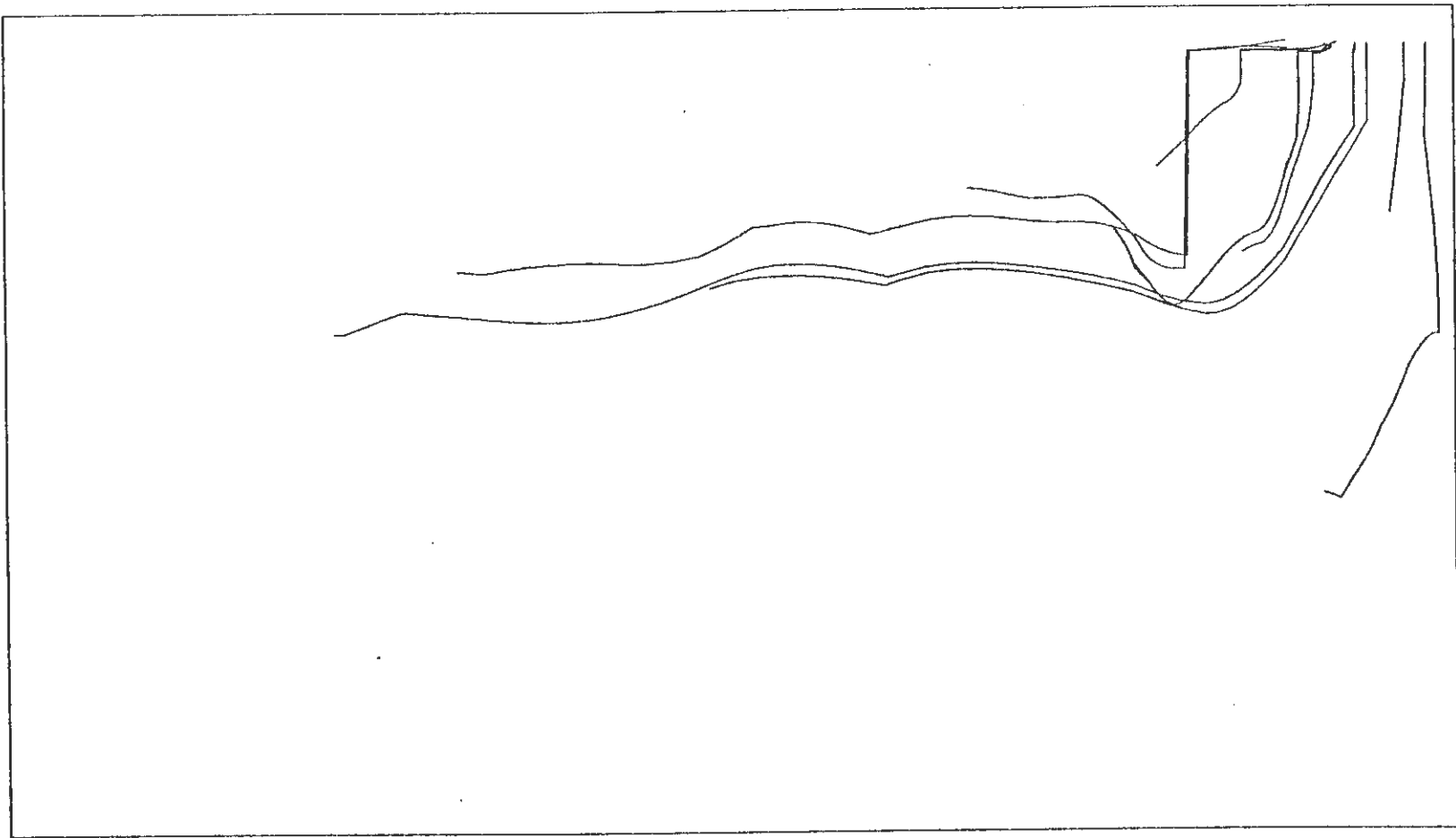


BILD 48: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF VERTIKALE EBENE
STARTPUNKTE OXFORD – VARIANTE 2

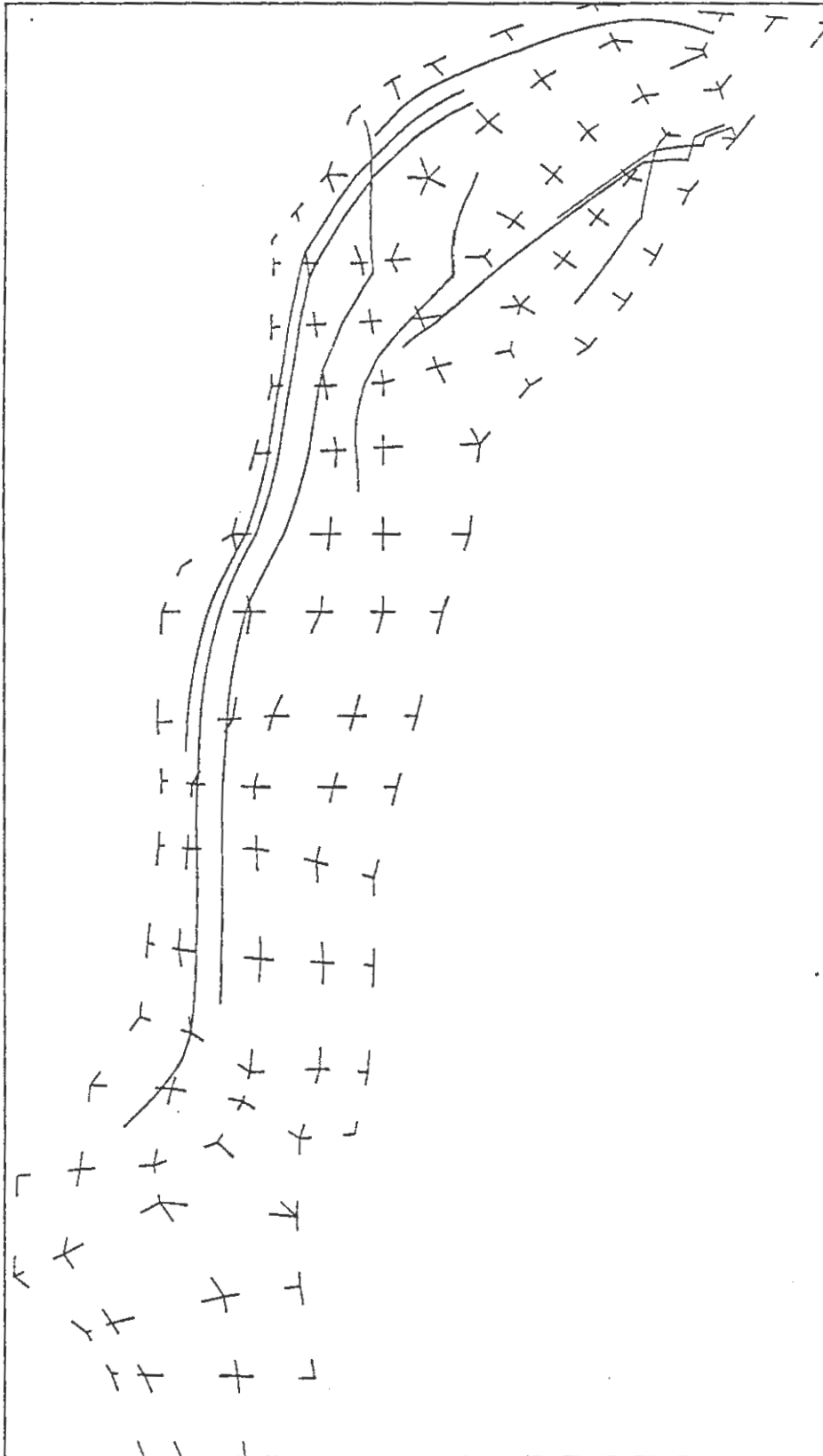


BILD 49: PROJEKTION VON BAHNLINIEN AUF HORIZONTALER EBENE
STARTPUNKTE OXFORD - VARIANTE 2

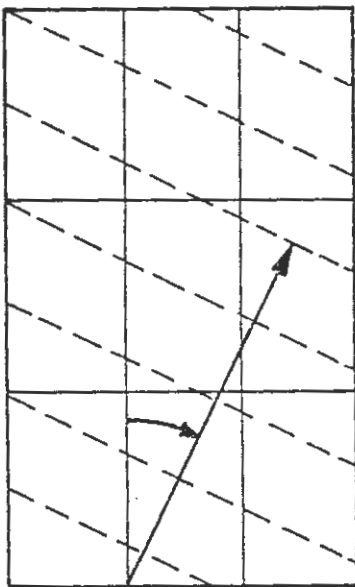
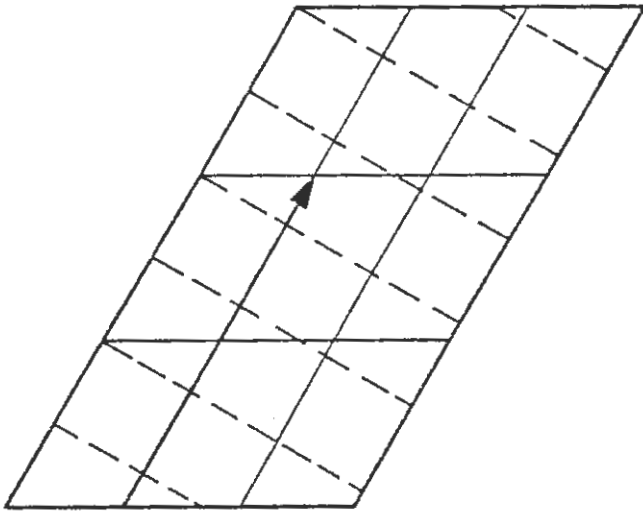


BILD 50: GESCHWINDIGKEITSFELD
IM VERZERRTEN GITTER

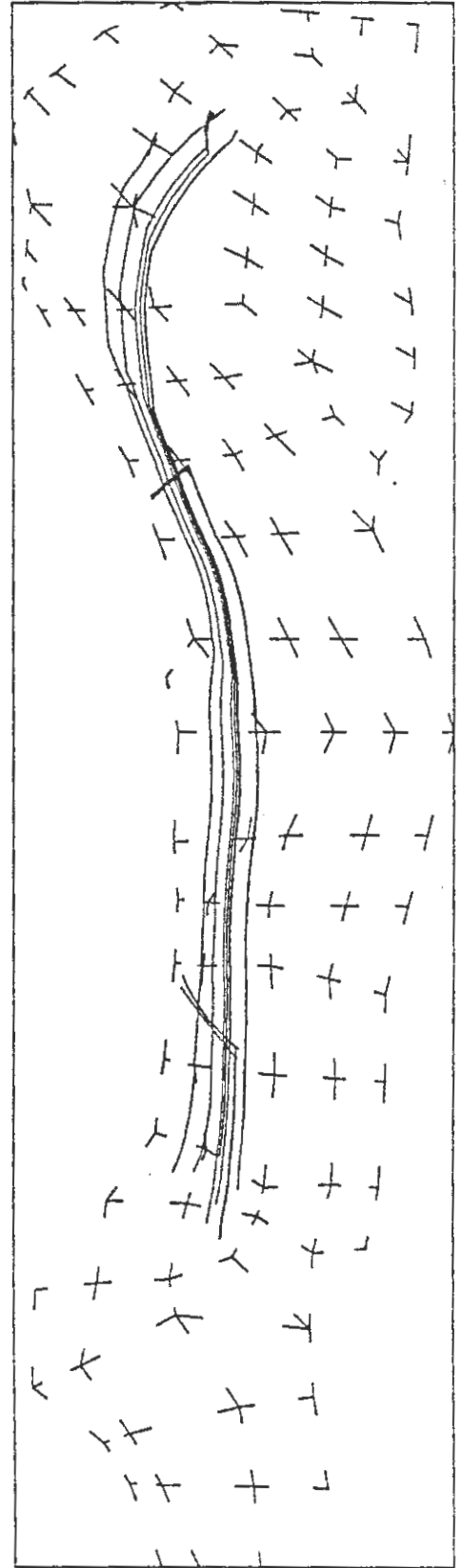


BILD 51: VERDREHUNG DER
BAHNLINIEN

A n h a n g

Programmeingabedaten

 INPUT PROGRAMM LP1 *****

----- CFEST-MODELL GRUBE KONRAD VARIANTE 1 -----

0 0 0					NTYES, NCCYES, NNDIS
0 0 0					NDIM, KTYPE, NBURDN
0 0 0					IHEAD, ITEMP, ICONC
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		PERCON, XYCONV, ZCONV, HCONV
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000		CONCPR, CONCPCW, CONUKH, CONVIS
1.0000	1.0000	1.0000			
0.000000E-00	0.000000E-00	0.0000	1.0000	0.0,	CW, CTW, CPW, CCCMAS, CCC
0.00000	0.00000				U0, TOCPW
1000.0	0.00000	0.00000	0.00000		RH00, H0, T0, C0
0 1	MATERIAL DATA QUARTAER (Q)				
1.E-05	1.E-05	1.E-05			XK, YK, ZK
0.25000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 2	MATERIAL DATA EMSCHER MERGEL (KRCC-SA)				
1.E-08	1.E-08	1.E-08			XK, YK, ZK
0.20000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 3	MATERIAL DATA OBERKREIDE (PLAENERKALKE) (KRO)				
1.E-07	1.E-07	1.E-07			XK, YK, ZK
0.05000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 4	MATERIAL DATA UNTERKREIDE DECKSCHICHT (KRU)				
1.E-10	1.E-10	1.E-10			XK, YK, ZK
0.10000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 5	MATERIAL DATA HILSSANDSTEIN (KRL,S)				
1.E-05	1.E-05	1.E-05			XK, YK, ZK
0.25000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 6	MATERIAL DATA UNTERKREIDE (KRU)				
1.E-10	1.E-10	1.E-10			XK, YK, ZK
0.10000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 7	MATERIAL DATA PORTLAND (MUENDER MERGEL), KIMMERIDGE (JO)				
1.E-08	1.E-08	1.E-08			XK, YK, ZK
0.10000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 8	MATERIAL DATA OXFORD (OX)				
1.E-07	1.E-07	1.E-07			XK, YK, ZK
0.02000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 9	MATERIAL DATA DOGGERTONSTEINE (JM)				
1.E-10	1.E-10	1.E-10			XK, YK, ZK
0.10000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 10	MATERIAL DATA CORNBASH (C)				
1.E-06	1.E-06	1.E-06			XK, YK, ZK
0.05000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
0 11	MATERIAL DATA LIAS (HETTANGIUM UNTERTOARCUM) (JU)				
1.E-10	1.E-10	1.E-10			XK, YK, ZK
0.10000	0.00000	0.00000E-00	0.00000		THETA0, HTHETA, CR, SPEC
0.0000	0.0000	0.0000	000.00		UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
0.0000	0.0000	0.00000			ALPHAL, ALPHAT, DMOLE

```

0 12 MATERIAL DATA RHAET (KO)
1.E-06 1.E-06 1.E-06
0.20000 0.00000 0.00000E-00 0.00000
0.0000 0.0000 0.0000 000.00
0.0000 0.0000 0.00000
0 13 MATERIAL DATA KEUPERTONSTEINE (K)
1.E-10 1.E-10 1.E-10
0.10000 0.00000 0.00000E-00 0.00000
0.0000 0.0000 0.0000 000.00
0.0000 0.0000 0.00000
0 14 MATERIAL DATA OBERER MUSCHELKALK (MO)
1.E-06 1.E-06 1.E-06
0.02000 0.00000 0.00000E-00 0.00000
0.0000 0.0000 0.0000 000.00
0.0000 0.0000 0.00000
1
0
1
0.00000 0.00000 0.00000
0 1 9 0.426E+04 0.000 200.
3 -200.0 4 -410.0 5 -420.0 6 -450.0
9 -500.0 11 -540.0 12 -600.0 13 -1440.0
14 -1500.0
0 2 9 0.540E+04 0.000 130.
3 -200.0 4 -410.0 5 -420.0 6 -450.0
9 -500.0 11 -540.0 12 -600.0 13 -1440.0
14 -1500.0
0 3 10 0.732E+04 0.000 125.
2 -400.0 3 -520.0 4 -692.0 5 -700.0
6 -700.0 9 -820.0 11 -940.0 12 -1000.0
13 -2140.0 14 -2200.0
0 4 9 0.325E+04 0.260E+04 150.
3 -150.0 4 -210.0 5 -250.0 6 -380.0
9 -410.0 11 -440.0 12 -500.0 13 -940.0
14 -1000.0
0 5 9 0.426E+04 0.254E+04 120.
3 -150.0 4 -210.0 5 -250.0 6 -380.0
9 -410.0 11 -440.0 12 -500.0 13 -940.0
14 -1000.0
0 6 11 0.711E+04 0.251E+04 111.
1 101.0 2 -200.0 3 -380.0 4 -605.0
5 -620.0 6 -630.0 9 -870.0 11 -1140.0
12 -1200.0 13 -2040.0 14 -2100.0
0 7 11 0.941E+04 0.244E+04 107.
1 97.0 2 -200.0 3 -450.0 4 -600.0
5 -700.0 6 -800.0 9 -1020.0 11 -1240.0
12 -1300.0 13 -2040.0 14 -2100.0
0 8 9 0.247E+04 0.384E+04 125.
3 -280.0 4 -400.0 5 -500.0 6 -520.0
9 -530.0 11 -540.0 12 -600.0 13 -940.0
14 -1000.0
0 9 9 0.326E+04 0.412E+04 120.
3 -280.0 4 -400.0 5 -500.0 6 -520.0
9 -530.0 11 -540.0 12 -600.0 13 -740.0
14 -800.0
0 10 11 0.668E+04 0.494E+04 97.0
1 87.0 2 -280.0 3 -420.0 4 -530.0
5 -600.0 6 -700.0 9 -1040.0 11 -1370.0
12 -1430.0 13 -1820.0 14 -1880.0
0 11 11 0.897E+04 0.525E+04 104.
1 94.0 2 -220.0 3 -400.0 4 -490.0
5 -580.0 6 -600.0 9 -970.0 11 -1340.0
12 -1400.0 13 -1940.0 14 -2000.0
0 12 9 282. 0.555E+04 160.
3 -600.0 4 -950.0 5 -1050.0 6 -1200.0
9 -1310.0 11 -1440.0 12 -1500.0 13 -1640.0
14 -1700.0
0 13 10 0.178E+04 0.621E+04 100.
1 80.0 3 -600.0 4 -950.0 5 -1050.0

```

```

XK, YK, ZK
THETA0, HTHETA, CR, SPEC
UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
XK, YK, ZK
THETA0, HTHETA, CR, SPEC
UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
XK, YK, ZK
THETA0, HTHETA, CR, SPEC
UKTX, UKTY, UKTZ, CPR
ALPHAL, ALPHAT, DMOLE
END OF MAT. PROPERTIES
ILOG
INITAL
HEADI, TEMPI, CONCI

```

6	-1200.0	9	-1310.0	11	-1440.0	12	-1500.0
13	-1640.0	14	-1700.0				
0	14	10	0.473E+04	0.781E+04	110.		
2	-280.0	3	-350.0	4	-630.0	5	-650.0
6	-830.0	9	-1040.0	11	-1240.0	12	-1300.0
13	-1560.0	14	-1620.0				
0	15	12	0.887E+04	0.737E+04	98.0		
1	78.0	2	-50.0	3	-200.0	4	-320.0
5	-360.0	6	-450.0	9	-570.0	10	-600.0
11	-1140.0	12	-1200.0	13	-1940.0	14	-2000.0
0	16	10	375.	0.862E+04	95.0		
1	85.0	3	-700.0	4	-1165.0	5	-1200.0
6	-1400.0	9	-1420.0	11	-1440.0	12	-1500.0
13	-1640.0	14	-1700.0				
0	17	10	0.228E+04	0.882E+04	95.0		
1	85.0	3	-580.0	4	-830.0	5	-850.0
6	-1000.0	9	-1070.0	11	-1140.0	12	-1200.0
13	-1440.0	14	-1500.0				
0	18	10	0.453E+04	0.894E+04	105.		
2	-200.0	3	-340.0	4	-685.0	5	-700.0
6	-900.0	9	-1120.0	11	-1340.0	12	-1400.0
13	-1640.0	14	-1700.0				
0	19	11	0.647E+04	0.963E+04	95.0		
2	-20.0	3	-140.0	4	-390.0	5	-400.0
6	-550.0	9	-670.0	10	-700.0	11	-1290.0
12	-1350.0	13	-1640.0	14	-1700.0		
0	20	12	0.259E+04	0.114E+05	90.0		
1	60.0	3	10.0	4	-595.0	5	-600.0
6	-1220.0	7	-1230.0	8	-1250.0	9	-1260.0
11	-1270.0	12	-1330.0	13	-1340.0	14	-1400.0
0	21	12	0.507E+04	0.113E+05	95.0		
1	80.0	3	-220.0	4	-515.0	5	-520.0
6	-800.0	7	-1130.0	8	-1230.0	9	-1390.0
11	-1540.0	12	-1600.0	13	-1890.0	14	-1950.0
0	22	11	0.725E+04	0.109E+05	95.0		
1	80.0	3	-50.0	4	-250.0	5	-260.0
6	-380.0	9	-470.0	10	-500.0	11	-1140.0
12	-1200.0	13	-1640.0	14	-1700.0		
0	23	9	0.896E+04	0.975E+04	93.0		
1	83.0	4	20.0	5	10.0	6	-80.0
9	-310.0	11	-540.0	12	-600.0	13	-1220.0
14	-1280.0						
0	24	8	0.106E+05	0.989E+04	92.0		
1	42.0	4	10.0	6	-20.0	9	-80.0
11	-140.0	12	-200.0	13	-440.0	14	-500.0
0	25	10	0.411E+04	0.135E+05	80.0		
1	70.0	4	-220.0	6	-500.0	7	-820.0
8	-920.0	9	-1130.0	11	-1340.0	12	-1400.0
13	-1540.0	14	-1600.0				
0	26	10	0.568E+04	0.130E+05	102.		
3	-80.0	4	-340.0	6	-600.0	7	-900.0
8	-1100.0	9	-1330.0	11	-1560.0	12	-1620.0
13	-1840.0	14	-1900.0				
0	27	10	0.746E+04	0.118E+05	89.0		
1	69.0	3	-125.0	4	-290.0	6	-450.0
9	-670.0	10	-700.0	11	-1240.0	12	-1300.0
13	-1690.0	14	-1750.0				
0	28	8	0.955E+04	0.119E+05	95.0		
3	-90.0	4	-270.0	6	-450.0	9	-670.0
11	-890.0	12	-950.0	13	-1140.0	14	-1200.0
0	29	8	0.110E+05	0.118E+05	90.0		
3	50.0	4	-80.0	6	-200.0	9	-270.0
11	-340.0	12	-400.0	13	-540.0	14	-600.0
0	30	10	0.436E+04	0.158E+05	80.0		
1	40.0	4	-130.0	6	-300.0	7	-1100.0
8	-1250.0	9	-1400.0	11	-1540.0	12	-1600.0
13	-1640.0	14	-1700.0				
0	31	11	0.530E+04	0.156E+05	85.0		
1	75.0	3	0.0	4	-280.0	6	-550.0

7	-1100.0	8	-1250.0	9	-1500.0	11	-1740.0
12	-1800.0	13	-1940.0	14	-2000.0		
0	32	11	0.780E+04	0.153E+05	83.0		
1	43.0	2	-150.0	3	-300.0	4	-500.0
6	-700.0	9	-1070.0	10	-1100.0	11	-1640.0
12	-1700.0	13	-2040.0	14	-2100.0		
0	33	8	0.967E+04	0.152E+05	95.0		
3	-150.0	4	-350.0	6	-550.0	9	-800.0
11	-1040.0	12	-1100.0	13	-1620.0	14	-1680.0
0	34	7	0.112E+05	0.151E+05	78.0		
4	50.0	6	20.0	9	-110.0	11	-240.0
12	-300.0	13	-560.0	14	-620.0		
0	35	11	0.470E+04	0.188E+05	75.0		
1	55.0	4	-175.0	6	-400.0	7	-1000.0
8	-1100.0	9	-1570.0	10	-1600.0	11	-1640.0
12	-1700.0	13	-1790.0	14	-1850.0		
0	36	12	0.558E+04	0.187E+05	75.0		
1	55.0	3	0.0	4	-275.0	6	-600.0
7	-1000.0	8	-1100.0	9	-1570.0	10	-1600.0
11	-1760.0	12	-1820.0	13	-2040.0	14	-2100.0
0	37	11	0.767E+04	0.187E+05	87.0		
1	72.0	2	10.0	3	-200.0	4	-470.0
6	-730.0	9	-1070.0	10	-1100.0	11	-1640.0
12	-1700.0	13	-1990.0	14	-2050.0		
0	38	8	0.946E+04	0.183E+05	80.0		
3	-100.0	4	-300.0	6	-500.0	9	-720.0
11	-940.0	12	-1000.0	13	-1290.0	14	-1350.0
0	39	7	0.112E+05	0.178E+05	100.		
4	-75.0	6	-250.0	9	-350.0	11	-440.0
12	-500.0	13	-840.0	14	-900.0		
0	40	11	0.479E+04	0.208E+05	74.0		
1	34.0	4	-185.0	6	-400.0	7	-900.0
8	-1100.0	9	-1570.0	10	-1600.0	11	-1640.0
12	-1700.0	13	-1740.0	14	-1800.0		
0	41	12	0.572E+04	0.207E+05	74.0		
1	44.0	3	10.0	4	-310.0	6	-620.0
7	-900.0	8	-1050.0	9	-1570.0	10	-1600.0
11	-1890.0	12	-1950.0	13	-2240.0	14	-2300.0
0	42	11	0.760E+04	0.206E+05	85.0		
1	70.0	2	-30.0	3	-150.0	4	-440.0
6	-720.0	9	-1070.0	10	-1100.0	11	-1740.0
12	-1800.0	13	-1940.0	14	-2000.0		
0	43	10	0.998E+04	0.206E+05	85.0		
1	75.0	2	-20.0	3	-220.0	4	-410.0
6	-600.0	9	-820.0	11	-1040.0	12	-1100.0
13	-1420.0	14	-1480.0				
0	44	9	0.119E+05	0.206E+05	85.0		
2	0.0	3	-220.0	4	-390.0	6	-550.0
9	-650.0	11	-740.0	12	-800.0	13	-1490.0
14	-1550.0						
0	45	11	0.466E+04	0.226E+05	70.0		
1	30.0	4	-185.0	6	-400.0	7	-900.0
8	-1000.0	9	-1570.0	10	-1600.0	11	-1740.0
12	-1800.0	13	-1840.0	14	-1900.0		
0	46	10	0.696E+04	0.227E+05	72.0		
1	45.0	4	-300.0	6	-650.0	8	-730.0
9	-1170.0	10	-1200.0	11	-1990.0	12	-2050.0
13	-2140.0	14	-2200.0				
0	47	8	0.815E+04	0.228E+05	80.0		
4	-290.0	6	-650.0	9	-920.0	10	-950.0
11	-1640.0	12	-1700.0	13	-1940.0	14	-2000.0
0	48	9	0.106E+05	0.228E+05	75.0		
2	-80.0	3	-225.0	4	-480.0	6	-730.0
9	-1040.0	11	-1340.0	12	-1400.0	13	-1740.0
14	-1800.0						
0	49	9	0.125E+05	0.228E+05	75.0		
2	-200.0	3	-300.0	4	-515.0	6	-730.0
9	-990.0	11	-1240.0	12	-1300.0	13	-1740.0
14	-1800.0						

0	50	11	0.481E+04	0.260E+05	70.0						
	1		30.0	4	-340.0	6	-700.0	7	-1000.0		
	8		-1200.0	9	-1570.0	10	-1600.0	11	-1840.0		
	12		-1900.0	13	-1920.0	14	-1980.0				
0	51	10	0.752E+04	0.260E+05	75.0						
	1		45.0	4	-260.0	6	-560.0	8	-720.0		
	9		-1170.0	10	-1200.0	11	-1840.0	12	-1900.0		
	13		-2220.0	14	-2280.0						
0	52	9	0.961E+04	0.260E+05	75.0						
	1		45.0	4	-220.0	6	-480.0	9	-770.0		
	10		-800.0	11	-1540.0	12	-1600.0	13	-2040.0		
	14		-2100.0								
0	53	8	0.115E+05	0.260E+05	70.0						
	1		30.0	4	-285.0	6	-600.0	9	-1000.0		
	11		-1390.0	12	-1450.0	13	-1970.0	14	-2030.0		
0	54	9	0.133E+05	0.260E+05	70.0						
	1		30.0	2	-100.0	4	-285.0	6	-600.0		
	9		-820.0	11	-1040.0	12	-1100.0	13	-1890.0		
	14		-1950.0								
0	55	11	0.540E+04	0.274E+05	69.0						
	1		30.0	4	-235.0	6	-500.0	7	-1100.0		
	8		-1200.0	9	-1580.0	10	-1600.0	11	-2000.0		
	12		-2060.0	13	-2100.0	14	-2160.0				
0	56	11	0.696E+04	0.284E+05	67.0						
	1		40.0	4	-280.0	6	-600.0	7	-1100.0		
	8		-1200.0	9	-1600.0	10	-1620.0	11	-2200.0		
	12		-2260.0	13	-2300.0	14	-2360.0				
0	57	11	0.989E+04	0.284E+05	67.0						
	1		40.0	4	-210.0	6	-450.0	7	-480.0		
	8		-580.0	9	-980.0	10	-1000.0	11	-1850.0		
	12		-1910.0	13	-2220.0	14	-2280.0				
0	58	8	0.115E+05	0.284E+05	67.0						
	1		40.0	4	-210.0	6	-450.0	9	-880.0		
	11		-1300.0	12	-1360.0	13	-1950.0	14	-2010.0		
0	59	9	0.141E+05	0.284E+05	67.0						
	1		40.0	2	-100.0	4	-250.0	6	-400.0		
	9		-500.0	11	-600.0	12	-660.0	13	-1500.0		
	14		-1560.0								
0	60	11	0.763E+04	0.309E+05	60.0						
	1		25.0	4	-265.0	6	-550.0	7	-1100.0		
	8		-1200.0	9	-1660.0	10	-1680.0	11	-2250.0		
	12		-2310.0	13	-2400.0	14	-2460.0				
0	61	11	0.101E+05	0.310E+05	77.0						
	1		30.0	4	-260.0	6	-550.0	7	-600.0		
	8		-700.0	9	-1130.0	10	-1150.0	11	-2000.0		
	12		-2060.0	13	-2440.0	14	-2500.0				
0	62	9	0.115E+05	0.311E+05	85.0						
	1		30.0	4	-200.0	6	-420.0	9	-730.0		
	10		-750.0	11	-1250.0	12	-1310.0	13	-2000.0		
	14		-2060.0								
0	63	8	0.144E+05	0.312E+05	85.0						
	1		20.0	4	-115.0	6	-250.0	9	-505.0		
	11		-760.0	12	-820.0	13	-1450.0	14	-1510.0		
0	64	11	0.814E+04	0.330E+05	70.0						
	1		0.0	4	-300.0	6	-600.0	7	-1100.0		
	8		-1200.0	9	-1700.0	10	-1720.0	11	-2300.0		
	12		-2360.0	13	-2520.0	14	-2580.0				
0	65	11	0.974E+04	0.330E+05	70.0						
	1		25.0	4	-300.0	6	-620.0	7	-800.0		
	8		-900.0	9	-1400.0	10	-1420.0	11	-2220.0		
	12		-2280.0	13	-2500.0	14	-2560.0				
0	66	9	0.115E+05	0.331E+05	75.0						
	1		25.0	4	-210.0	6	-450.0	9	-880.0		
	10		-900.0	11	-1550.0	12	-1610.0	13	-2000.0		
	14		-2060.0								
0	67	8	0.131E+05	0.336E+05	80.0						
	1		25.0	4	-240.0	6	-500.0	9	-1000.0		
	11		-1500.0	12	-1560.0	13	-1850.0	14	-1910.0		
0	68	8	0.153E+05	0.341E+05	80.0						

1	25.0	4	-410.0	6	-850.0	9	-1030.0
11	-1200.0	12	-1260.0	13	-1650.0	14	-1710.0
0	69	8	0.159E+05	0.330E+05	85.0		
1	25.0	4	-240.0	6	-500.0	9	-650.0
11	-800.0	12	-860.0	13	-1450.0	14	-1510.0
0	70	11	0.811E+04	0.348E+05	65.0		
1	25.0	4	-290.0	6	-600.0	7	-1100.0
8	-1200.0	9	-1730.0	10	-1750.0	11	-2350.0
12	-2410.0	13	-2550.0	14	-2610.0		
0	71	11	0.942E+04	0.349E+05	75.0		
1	25.0	4	-350.0	6	-720.0	7	-1280.0
8	-1380.0	9	-1630.0	10	-1650.0	11	-2400.0
12	-2460.0	13	-2550.0	14	-2610.0		
0	72	11	0.111E+05	0.350E+05	74.0		
1	25.0	4	-310.0	6	-650.0	7	-850.0
8	-950.0	9	-1330.0	10	-1350.0	11	-1980.0
12	-2040.0	13	-2350.0	14	-2410.0		
0	73	11	0.126E+05	0.351E+05	76.0		
1	25.0	4	-310.0	6	-650.0	7	-800.0
8	-900.0	9	-1180.0	10	-1200.0	11	-1900.0
12	-1960.0	13	-2150.0	14	-2210.0		
0	74	9	0.156E+05	0.355E+05	75.0		
1	25.0	4	-390.0	6	-800.0	9	-980.0
10	-1000.0	11	-1400.0	12	-1460.0	13	-1800.0
14	-1860.0						
0	75	8	0.177E+05	0.342E+05	74.0		
1	25.0	4	-110.0	6	-250.0	9	-430.0
11	-600.0	12	-660.0	13	-1200.0	14	-1260.0
0	76	11	0.816E+04	0.368E+05	65.0		
1	25.0	4	-310.0	6	-650.0	7	-1200.0
8	-1300.0	9	-1780.0	10	-1800.0	11	-2460.0
12	-2520.0	13	-2600.0	14	-2660.0		
0	77	11	0.918E+04	0.368E+05	65.0		
1	25.0	4	-390.0	6	-800.0	7	-1550.0
8	-1650.0	9	-1830.0	10	-1850.0	11	-2700.0
12	-2760.0	13	-2800.0	14	-2860.0		
0	78	11	0.108E+05	0.368E+05	67.0		
1	25.0	4	-390.0	6	-800.0	7	-1500.0
8	-1600.0	9	-1780.0	10	-1800.0	11	-2400.0
12	-2460.0	13	-2600.0	14	-2660.0		
0	79	11	0.117E+05	0.369E+05	72.0		
1	25.0	4	-440.0	6	-900.0	7	-1450.0
8	-1550.0	9	-1680.0	10	-1700.0	11	-2300.0
12	-2360.0	13	-2500.0	14	-2560.0		
0	80	11	0.145E+05	0.370E+05	70.0		
1	25.0	4	-440.0	6	-900.0	7	-1000.0
8	-1100.0	9	-1280.0	10	-1300.0	11	-1950.0
12	-2010.0	13	-2150.0	14	-2210.0		
0	81	11	0.811E+04	0.375E+05	70.0		
1	0.0	4	-400.0	6	-800.0	7	-1300.0
8	-1400.0	9	-1780.0	10	-1800.0	11	-2580.0
12	-2640.0	13	-2800.0	14	-2860.0		
0	82	11	0.884E+04	0.384E+05	70.0		
1	0.0	4	-350.0	6	-700.0	7	-1530.0
8	-1630.0	9	-1860.0	10	-1880.0	11	-2800.0
12	-2860.0	13	-3000.0	14	-3060.0		
0	83	11	0.976E+04	0.395E+05	65.0		
1	0.0	4	-290.0	6	-580.0	7	-1680.0
8	-1780.0	9	-1980.0	10	-2000.0	11	-2800.0
12	-2860.0	13	-3000.0	14	-3060.0		
0	84	11	0.128E+05	0.394E+05	65.0		
1	25.0	4	-210.0	6	-450.0	7	-1300.0
8	-1400.0	9	-1580.0	10	-1600.0	11	-2240.0
12	-2300.0	13	-2380.0	14	-2440.0		
0	85	11	0.154E+05	0.381E+05	70.0		
1	25.0	4	-310.0	6	-650.0	7	-900.0
8	-1000.0	9	-1160.0	10	-1180.0	11	-1840.0
12	-1900.0	13	-2050.0	14	-2110.0		
0	86	11	0.169E+05	0.369E+05	71.0		

1	25.0	4	-210.0	6	-450.0	7	-550.0
8	-650.0	9	-810.0	10	-830.0	11	-1300.0
12	-1360.0	13	-1700.0	14	-1760.0		
0 87	8	0.188E+05	0.356E+05	71.0			
1	25.0	4	-30.0	6	-80.0	9	-340.0
11	-600.0	12	-660.0	13	-1200.0	14	-1260.0
0 88	11	0.105E+05	0.414E+05	55.0			
1	0.0	4	-200.0	6	-400.0	7	-1700.0
8	-1800.0	9	-1980.0	10	-2000.0	11	-2500.0
12	-2560.0	13	-2750.0	14	-2810.0		
0 89	11	0.117E+05	0.424E+05	55.0			
1	25.0	4	-90.0	6	-200.0	7	-2050.0
8	-2150.0	9	-2180.0	10	-2200.0	11	-2500.0
12	-2560.0	13	-2700.0	14	-2760.0		
0 90	11	0.129E+05	0.429E+05	55.0			
1	25.0	4	-90.0	6	-200.0	7	-2050.0
8	-2150.0	9	-2180.0	10	-2200.0	11	-2450.0
12	-2510.0	13	-2600.0	14	-2660.0		
0 91	11	0.146E+05	0.411E+05	56.0			
1	25.0	4	-150.0	6	-320.0	7	-1300.0
8	-1400.0	9	-1630.0	10	-1650.0	11	-2050.0
12	-2110.0	13	-2250.0	14	-2310.0		
0 92	11	0.166E+05	0.395E+05	70.0			
1	25.0	4	-180.0	6	-380.0	7	-950.0
8	-1050.0	9	-1230.0	10	-1250.0	11	-1700.0
12	-1760.0	13	-1940.0	14	-2000.0		
0 93	11	0.179E+05	0.382E+05	67.0			
1	25.0	4	-110.0	6	-250.0	7	-500.0
8	-600.0	9	-800.0	10	-820.0	11	-1250.0
12	-1310.0	13	-1650.0	14	-1710.0		
0 94	8	0.197E+05	0.370E+05	67.0			
1	25.0	4	-10.0	6	-50.0	9	-370.0
11	-680.0	12	-740.0	13	-1200.0	14	-1260.0
0 95	11	0.151E+05	0.439E+05	55.0			
1	0.0	4	-75.0	6	-150.0	7	-2000.0
8	-2100.0	9	-2180.0	10	-2200.0	11	-2300.0
12	-2360.0	13	-2400.0	14	-2460.0		
0 96	11	0.162E+05	0.424E+05	55.0			
1	25.0	4	-130.0	6	-280.0	7	-1700.0
8	-1800.0	9	-1880.0	10	-1900.0	11	-1970.0
12	-2030.0	13	-2100.0	14	-2160.0		
0 97	11	0.176E+05	0.408E+05	60.0			
1	25.0	4	-140.0	6	-300.0	7	-1100.0
8	-1200.0	9	-1380.0	10	-1400.0	11	-1640.0
12	-1700.0	13	-1820.0	14	-1880.0		
0 98	11	0.189E+05	0.394E+05	65.0			
1	25.0	4	-40.0	6	-100.0	7	-400.0
8	-500.0	9	-760.0	10	-780.0	11	-1200.0
12	-1260.0	13	-1600.0	14	-1660.0		
0 99	6	0.207E+05	0.390E+05	65.0			
1	25.0	7	0.0	11	-400.0	12	-460.0
13	-960.0	14	-1020.0				
0 100	11	0.178E+05	0.447E+05	55.0			
1	0.0	4	-130.0	6	-250.0	7	-1700.0
8	-1800.0	9	-1830.0	10	-1850.0	11	-1900.0
12	-1960.0	13	-2000.0	14	-2060.0		
0 101	11	0.184E+05	0.436E+05	55.0			
1	25.0	4	-140.0	6	-300.0	7	-1400.0
8	-1500.0	9	-1680.0	10	-1700.0	11	-1750.0
12	-1810.0	13	-1920.0	14	-1980.0		
0 102	11	0.193E+05	0.419E+05	55.0			
1	25.0	4	-110.0	6	-250.0	7	-700.0
8	-800.0	9	-980.0	10	-1000.0	11	-1500.0
12	-1560.0	13	-1700.0	14	-1760.0		
0 103	11	0.200E+05	0.407E+05	55.0			
1	25.0	4	-40.0	6	-100.0	7	-200.0
8	-300.0	9	-480.0	10	-500.0	11	-900.0
12	-960.0	13	-1450.0	14	-1510.0		
0 104	8	0.217E+05	0.444E+05	54.0			

	1	25.0	8	-500.0	9	-680.0	10	-700.0
	11	-1200.0	12	-1260.0	13	-1830.0	14	-1890.0
0	105	8	0.211E+05	0.433E+05	54.0			
	1	25.0	8	-580.0	9	-680.0	10	-700.0
	11	-1300.0	12	-1360.0	13	-1800.0	14	-1860.0
0	106	6	0.216E+05	0.421E+05	54.0			
	1	10.0	10	-380.0	11	-1000.0	12	-1060.0
	13	-1540.0	14	-1600.0				
0	107	5	0.221E+05	0.406E+05	54.0			
	1	0.0	11	-550.0	12	-610.0	13	-1000.0
	14	-1060.0						
0	108	6	0.233E+05	0.443E+05	54.0			
	1	25.0	10	-200.0	11	-760.0	12	-820.0
	13	-1650.0	14	-1710.0				
0	109	5	0.249E+05	0.441E+05	54.0			
	1	25.0	11	-580.0	12	-640.0	13	-1420.0
	14	-1480.0						

2		
0	1	140.
0	2	120.
0	3	115.
0	4	140.
0	5	115.
0	6	106.
0	7	105.
0	8	120.
0	9	115.
0	10	94.
0	11	100.
0	12	140.
0	13	95.
0	14	95.
0	15	98.
0	16	86.
0	17	91.
0	18	86.
0	19	84.
0	20	87.
0	21	84.
0	22	83.
0	23	89.
0	24	89.
0	25	79.
0	26	84.
0	27	84.
0	28	92.
0	29	87.
0	30	76.
0	31	78.
0	32	78.
0	33	88.
0	34	78.
0	35	74.
0	36	74.
0	37	80.
0	38	80.
0	39	90.
0	40	72.
0	41	73.
0	42	83.
0	43	85.
0	44	75.
0	45	68.
0	46	72.
0	47	72.
0	48	75.
0	49	73.
0	50	67.
0	51	69.

0	52	69.
0	53	70.
0	54	70.
0	55	66.
0	56	65.
0	57	66.
0	58	67.
0	59	67.
0	60	60.
0	61	70.
0	62	70.
0	63	70.
0	64	65.
0	65	70.
0	66	70.
0	67	70.
0	68	70.
0	69	70.
0	70	65.
0	71	70.
0	72	70.
0	73	70.
0	74	70.
0	75	70.
0	76	65.
0	77	65.
0	78	65.
0	79	65.
0	80	65.
0	81	64.
0	82	63.
0	83	60.
0	84	60.
0	85	60.
0	86	70.
0	87	70.
0	88	55.
0	89	55.
0	90	55.
0	91	55.
0	92	58.
0	93	62.
0	94	65.
0	95	55.
0	96	55.
0	97	55.
0	98	58.
0	99	58.
0	100	55.
0	101	55.
0	102	55.
0	103	55.
0	104	54.
0	105	54.
0	106	54.
0	107	54.
0	108	54.
0	109	54.
0	30001	145.
0	40001	145.
0	50001	145.
0	60001	145.
0	90001	162.
0	110001	180.
0	120001	180.
0	130001	180.
0	140001	180.
0	30004	145.
0	40004	160.

0 50004 160.
 0 60004 160.
 0 90004 167.
 0 110004 175.
 0 120004 175.
 0 130004 195.
 0 140004 195.
 0 30008 132.
 0 40008 133.
 0 50008 133.
 0 60008 134.
 0 90008 137.
 0 110008 140.
 0 120008 140.
 0 130008 170.
 0 140008 170.
 0 30012 142.
 0 40012 144.
 0 50012 144.
 0 60012 146.
 0 90012 148.
 0 110012 150.
 0 120012 150.
 0 130012 200.
 0 140012 200.

BEGINNING OF ELEMENTS

6								
0	1	0	0	4	1	2	5	4
0	2	0	0	4	2	3	6	5
0	3	0	0	4	4	5	9	8
0	4	0	0	4	5	6	10	9
0	5	0	0	4	6	7	11	10
0	6	0	0	4	8	9	13	12
0	7	0	0	4	9	10	14	13
0	8	0	0	4	10	11	15	14
0	9	0	0	4	12	13	17	16
0	10	0	0	4	13	14	18	17
0	11	0	0	4	14	15	19	18
0	12	0	0	4	17	18	21	20
0	13	0	0	4	18	19	22	21
0	14	0	0	4	19	15	23	22
0	15	0	0	4	20	21	26	25
0	16	0	0	4	21	22	27	26
0	17	0	0	4	22	23	28	27
0	18	0	0	4	23	24	29	28
0	19	0	0	4	25	26	31	30
0	20	0	0	4	26	27	32	31
0	21	0	0	4	27	28	33	32
0	22	0	0	4	28	29	34	33
0	23	0	0	4	30	31	36	35
0	24	0	0	4	31	32	37	36
0	25	0	0	4	32	33	38	37
0	26	0	0	4	33	34	39	38
0	27	0	0	4	35	36	41	40
0	28	0	0	4	36	37	42	41
0	29	0	0	4	37	38	43	42
0	30	0	0	4	38	39	44	43
0	31	0	0	4	40	41	46	45
0	32	0	0	4	41	42	47	46
0	33	0	0	4	42	43	48	47
0	34	0	0	4	43	44	49	48
0	35	0	0	4	45	46	51	50
0	36	0	0	4	46	47	52	51
0	37	0	0	4	47	48	53	52
0	38	0	0	4	48	49	54	53
0	39	0	0	4	50	51	56	55
0	40	0	0	4	51	52	57	56
0	41	0	0	4	52	53	58	57
0	42	0	0	4	53	54	59	58
0	43	0	0	4	56	57	61	60

0	44	0	0	4	57	58	62	61
0	45	0	0	4	58	59	63	62
0	46	0	0	4	60	61	65	64
0	47	0	0	4	61	62	66	65
0	48	0	0	4	62	63	67	66
0	49	0	0	4	63	69	68	67
0	50	0	0	4	64	65	71	70
0	51	0	0	4	65	66	72	71
0	52	0	0	4	66	67	73	72
0	53	0	0	4	67	68	74	73
0	54	0	0	4	68	69	75	74
0	55	0	0	4	70	71	77	76
0	56	0	0	4	71	72	78	77
0	57	0	0	4	72	73	79	78
0	58	0	0	4	73	74	80	79
0	59	0	0	4	76	77	82	81
0	60	0	0	4	77	78	83	82
0	61	0	0	4	78	79	84	83
0	62	0	0	4	79	80	85	84
0	63	0	0	4	80	74	86	85
0	64	0	0	4	74	75	87	86
0	65	0	0	4	83	84	89	88
0	66	0	0	4	84	91	90	89
0	67	0	0	4	84	85	92	91
0	68	0	0	4	85	86	93	92
0	69	0	0	4	86	87	94	93
0	70	0	0	4	90	91	96	95
0	71	0	0	4	91	92	97	96
0	72	0	0	4	92	93	98	97
0	73	0	0	4	93	94	99	98
0	74	0	0	4	95	96	101	100
0	75	0	0	4	96	97	102	101
0	76	0	0	4	97	98	103	102
0	77	0	0	4	98	99	107	103
0	78	0	0	4	100	101	105	104
0	79	0	0	4	101	102	106	105
0	80	0	0	4	102	103	107	106
0	81	0	0	4	105	106	108	104
0	82	0	0	4	106	107	109	108

8

 ***** INPUT PROGRAMM L3I *****

----- CFEST-MODELL GRUBE KONRAD VARIANTE 1 -----

0	0	0				NSTDYH, NSTDYT, NSTDYC
1	0					ITOTAL, NTEXP
0.00000						TBEGIN
1.00000						
0	0	0				NHBOND, NTBOND, NCBOND
0						MNTRY 0 NORMAL
0						NSURFQ
1						NELQIN - ELEM.SOURCE
1						NELQEX - ELEM.SINK
2						NODALQ
30002	0.		0.		0.	
40002	0.		0.		0.	
50002	0.		0.		0.	
60002	0.		0.		0.	
90002	0.		0.		0.	
110002	0.		0.		0.	
120002	0.		0.		0.	
130002	0.		0.		0.	
140002	0.		0.		0.	
20003	0.		0.		0.	
30003	0.		0.		0.	
40003	0.		0.		0.	
50003	0.		0.		0.	
60003	0.		0.		0.	
90003	0.		0.		0.	

110003	0.	0.	0.
120003	0.	0.	0.
130003	0.	0.	0.
140003	0.	0.	0.
140005	0.	0.	0.
10006	0.	0.	0.
20006	0.	0.	0.
30006	0.	0.	0.
40006	0.	0.	0.
50006	0.	0.	0.
60006	0.	0.	0.
90006	0.	0.	0.
110006	0.	0.	0.
120006	0.	0.	0.
130006	0.	0.	0.
140006	0.	0.	0.
10007	0.	0.	0.
20007	0.	0.	0.
30007	0.	0.	0.
40007	0.	0.	0.
50007	0.	0.	0.
60007	0.	0.	0.
90007	0.	0.	0.
110007	0.	0.	0.
120007	0.	0.	0.
130007	0.	0.	0.
140007	0.	0.	0.
140009	0.	0.	0.
140010	0.	0.	0.
10011	0.	0.	0.
20011	0.	0.	0.
30011	0.	0.	0.
40011	0.	0.	0.
50011	0.	0.	0.
60011	0.	0.	0.
90011	0.	0.	0.
110011	0.	0.	0.
120011	0.	0.	0.
130011	0.	0.	0.
140011	0.	0.	0.
140013	0.	0.	0.
140014	0.	0.	0.
10015	0.	0.	0.
20015	0.	0.	0.
30015	0.	0.	0.
40015	0.	0.	0.
50015	0.	0.	0.
60015	0.	0.	0.
90015	0.	0.	0.
100015	0.	0.	0.
110015	0.	0.	0.
120015	0.	0.	0.
130015	0.	0.	0.
140015	0.	0.	0.
10016	0.	0.	0.
30016	0.	0.	0.
40016	0.	0.	0.
50016	0.	0.	0.
60016	0.	0.	0.
90016	0.	0.	0.
110016	0.	0.	0.
120016	0.	0.	0.
130016	0.	0.	0.
140016	0.	0.	0.
10017	0.	0.	0.
30017	0.	0.	0.
40017	0.	0.	0.
50017	0.	0.	0.
60017	0.	0.	0.

90017	0.	0.	0.
110017	0.	0.	0.
120017	0.	0.	0.
130017	0.	0.	0.
140017	0.	0.	0.
140018	0.	0.	0.
140019	0.	0.	0.
10020	0.	0.	0.
30020	0.	0.	0.
40020	0.	0.	0.
50020	0.	0.	0.
60020	0.	0.	0.
70020	0.	0.	0.
80020	0.	0.	0.
90020	0.	0.	0.
110020	0.	0.	0.
120020	0.	0.	0.
130020	0.	0.	0.
140020	0.	0.	0.
140021	0.	0.	0.
140022	0.	0.	0.
10023	0.	0.	0.
40023	0.	0.	0.
50023	0.	0.	0.
60023	0.	0.	0.
90023	0.	0.	0.
110023	0.	0.	0.
120023	0.	0.	0.
130023	0.	0.	0.
140023	0.	0.	0.
10024	0.	0.	0.
40024	0.	0.	0.
60024	0.	0.	0.
90024	0.	0.	0.
110024	0.	0.	0.
120024	0.	0.	0.
130024	0.	0.	0.
140024	0.	0.	0.
10025	0.	0.	0.
40025	0.	0.	0.
60025	0.	0.	0.
70025	0.	0.	0.
80025	0.	0.	0.
90025	0.	0.	0.
110025	0.	0.	0.
120025	0.	0.	0.
130025	0.	0.	0.
140025	0.	0.	0.
140026	0.	0.	0.
140027	0.	0.	0.
140028	0.	0.	0.
30029	0.	0.	0.
40029	0.	0.	0.
60029	0.	0.	0.
90029	0.	0.	0.
110029	0.	0.	0.
120029	0.	0.	0.
130029	0.	0.	0.
140029	0.	0.	0.
10030	0.	0.	0.
40030	0.	0.	0.
60030	0.	0.	0.
70030	0.	0.	0.
80030	0.	0.	0.
90030	0.	0.	0.
110030	0.	0.	0.
120030	0.	0.	0.
130030	0.	0.	0.
140030	0.	0.	0.

140031	0.	0.	0.
140032	0.	0.	0.
140033	0.	0.	0.
40034	0.	0.	0.
60034	0.	0.	0.
90034	0.	0.	0.
110034	0.	0.	0.
120034	0.	0.	0.
130034	0.	0.	0.
140034	0.	0.	0.
10035	0.	0.	0.
40035	0.	0.	0.
60035	0.	0.	0.
70035	0.	0.	0.
80035	0.	0.	0.
90035	0.	0.	0.
100035	0.	0.	0.
110035	0.	0.	0.
120035	0.	0.	0.
130035	0.	0.	0.
140035	0.	0.	0.
140036	0.	0.	0.
140037	0.	0.	0.
140038	0.	0.	0.
40039	0.	0.	0.
60039	0.	0.	0.
90039	0.	0.	0.
110039	0.	0.	0.
120039	0.	0.	0.
130039	0.	0.	0.
140039	0.	0.	0.
10040	0.	0.	0.
40040	0.	0.	0.
60040	0.	0.	0.
70040	0.	0.	0.
80040	0.	0.	0.
90040	0.	0.	0.
100040	0.	0.	0.
110040	0.	0.	0.
120040	0.	0.	0.
130040	0.	0.	0.
140040	0.	0.	0.
140041	0.	0.	0.
140042	0.	0.	0.
140043	0.	0.	0.
20044	0.	0.	0.
30044	0.	0.	0.
40044	0.	0.	0.
60044	0.	0.	0.
90044	0.	0.	0.
110044	0.	0.	0.
120044	0.	0.	0.
130044	0.	0.	0.
140044	0.	0.	0.
10045	0.	0.	0.
40045	0.	0.	0.
60045	0.	0.	0.
70045	0.	0.	0.
80045	0.	0.	0.
90045	0.	0.	0.
100045	0.	0.	0.
110045	0.	0.	0.
120045	0.	0.	0.
130045	0.	0.	0.
140045	0.	0.	0.
140046	0.	0.	0.
140047	0.	0.	0.
140048	0.	0.	0.
20049	0.	0.	0.

30049	0.	0.	0.
40049	0.	0.	0.
60049	0.	0.	0.
90049	0.	0.	0.
110049	0.	0.	0.
120049	0.	0.	0.
130049	0.	0.	0.
140049	0.	0.	0.
10050	0.	0.	0.
40050	0.	0.	0.
60050	0.	0.	0.
70050	0.	0.	0.
80050	0.	0.	0.
90050	0.	0.	0.
100050	0.	0.	0.
110050	0.	0.	0.
120050	0.	0.	0.
130050	0.	0.	0.
140050	0.	0.	0.
140051	0.	0.	0.
140052	0.	0.	0.
140053	0.	0.	0.
10054	0.	0.	0.
20054	0.	0.	0.
40054	0.	0.	0.
60054	0.	0.	0.
90054	0.	0.	0.
110054	0.	0.	0.
120054	0.	0.	0.
130054	0.	0.	0.
140054	0.	0.	0.
10055	0.	0.	0.
40055	0.	0.	0.
60055	0.	0.	0.
70055	0.	0.	0.
80055	0.	0.	0.
90055	0.	0.	0.
100055	0.	0.	0.
110055	0.	0.	0.
120055	0.	0.	0.
130055	0.	0.	0.
140055	0.	0.	0.
10056	0.	0.	0.
40056	0.	0.	0.
60056	0.	0.	0.
70056	0.	0.	0.
80056	0.	0.	0.
90056	0.	0.	0.
100056	0.	0.	0.
110056	0.	0.	0.
120056	0.	0.	0.
130056	0.	0.	0.
140056	0.	0.	0.
140057	0.	0.	0.
140058	0.	0.	0.
10059	0.	0.	0.
20059	0.	0.	0.
40059	0.	0.	0.
60059	0.	0.	0.
90059	0.	0.	0.
110059	0.	0.	0.
120059	0.	0.	0.
130059	0.	0.	0.
140059	0.	0.	0.
10060	0.	0.	0.
40060	0.	0.	0.
60060	0.	0.	0.
70060	0.	0.	0.
80060	0.	0.	0.

90060	0.	0.	0.
100060	0.	0.	0.
110060	0.	0.	0.
120060	0.	0.	0.
130060	0.	0.	0.
140060	0.	0.	0.
140061	0.	0.	0.
140062	0.	0.	0.
10063	0.	0.	0.
40063	0.	0.	0.
60063	0.	0.	0.
90063	0.	0.	0.
110063	0.	0.	0.
120063	0.	0.	0.
130063	0.	0.	0.
140063	0.	0.	0.
10064	0.	0.	0.
40064	0.	0.	0.
60064	0.	0.	0.
70064	0.	0.	0.
80064	0.	0.	0.
90064	0.	0.	0.
100064	0.	0.	0.
110064	0.	0.	0.
120064	0.	0.	0.
130064	0.	0.	0.
140064	0.	0.	0.
140065	0.	0.	0.
140066	0.	0.	0.
140067	0.	0.	0.
140068	0.	0.	0.
10069	0.	0.	0.
40069	0.	0.	0.
60069	0.	0.	0.
90069	0.	0.	0.
110069	0.	0.	0.
120069	0.	0.	0.
130069	0.	0.	0.
140069	0.	0.	0.
10070	0.	0.	0.
40070	0.	0.	0.
60070	0.	0.	0.
70070	0.	0.	0.
80070	0.	0.	0.
90070	0.	0.	0.
100070	0.	0.	0.
110070	0.	0.	0.
120070	0.	0.	0.
130070	0.	0.	0.
140070	0.	0.	0.
140071	0.	0.	0.
140072	0.	0.	0.
140073	0.	0.	0.
140074	0.	0.	0.
10075	0.	0.	0.
40075	0.	0.	0.
60075	0.	0.	0.
90075	0.	0.	0.
110075	0.	0.	0.
120075	0.	0.	0.
130075	0.	0.	0.
140075	0.	0.	0.
10076	0.	0.	0.
40076	0.	0.	0.
60076	0.	0.	0.
70076	0.	0.	0.
80076	0.	0.	0.
90076	0.	0.	0.
100076	0.	0.	0.

110076	0.	0.	0.
120076	0.	0.	0.
130076	0.	0.	0.
140076	0.	0.	0.
140077	0.	0.	0.
140078	0.	0.	0.
140079	0.	0.	0.
140080	0.	0.	0.
10081	0.	0.	0.
40081	0.	0.	0.
60081	0.	0.	0.
70081	0.	0.	0.
80081	0.	0.	0.
90081	0.	0.	0.
100081	0.	0.	0.
110081	0.	0.	0.
120081	0.	0.	0.
130081	0.	0.	0.
140081	0.	0.	0.
10082	0.	0.	0.
40082	0.	0.	0.
60082	0.	0.	0.
70082	0.	0.	0.
80082	0.	0.	0.
90082	0.	0.	0.
100082	0.	0.	0.
110082	0.	0.	0.
120082	0.	0.	0.
130082	0.	0.	0.
140082	0.	0.	0.
10083	0.	0.	0.
40083	0.	0.	0.
60083	0.	0.	0.
70083	0.	0.	0.
80083	0.	0.	0.
90083	0.	0.	0.
100083	0.	0.	0.
110083	0.	0.	0.
120083	0.	0.	0.
130083	0.	0.	0.
140083	0.	0.	0.
140084	0.	0.	0.
140085	0.	0.	0.
140086	0.	0.	0.
10087	0.	0.	0.
40087	0.	0.	0.
60087	0.	0.	0.
90087	0.	0.	0.
110087	0.	0.	0.
120087	0.	0.	0.
130087	0.	0.	0.
140087	0.	0.	0.
10088	0.	0.	0.
40088	0.	0.	0.
60088	0.	0.	0.
70088	0.	0.	0.
80088	0.	0.	0.
90088	0.	0.	0.
100088	0.	0.	0.
110088	0.	0.	0.
120088	0.	0.	0.
130088	0.	0.	0.
140088	0.	0.	0.
10089	0.	0.	0.
40089	0.	0.	0.
60089	0.	0.	0.
70089	0.	0.	0.
80089	0.	0.	0.
90089	0.	0.	0.

100089	0.	0.	0.
110089	0.	0.	0.
120089	0.	0.	0.
130089	0.	0.	0.
140089	0.	0.	0.
10090	0.	0.	0.
40090	0.	0.	0.
60090	0.	0.	0.
70090	0.	0.	0.
80090	0.	0.	0.
90090	0.	0.	0.
100090	0.	0.	0.
110090	0.	0.	0.
120090	0.	0.	0.
130090	0.	0.	0.
140090	0.	0.	0.
140091	0.	0.	0.
140092	0.	0.	0.
140093	0.	0.	0.
10094	0.	0.	0.
40094	0.	0.	0.
60094	0.	0.	0.
90094	0.	0.	0.
110094	0.	0.	0.
120094	0.	0.	0.
130094	0.	0.	0.
140094	0.	0.	0.
10095	0.	0.	0.
40095	0.	0.	0.
60095	0.	0.	0.
70095	0.	0.	0.
80095	0.	0.	0.
90095	0.	0.	0.
100095	0.	0.	0.
110095	0.	0.	0.
120095	0.	0.	0.
130095	0.	0.	0.
140095	0.	0.	0.
140096	0.	0.	0.
140097	0.	0.	0.
140098	0.	0.	0.
10099	0.	0.	0.
70099	0.	0.	0.
110099	0.	0.	0.
120099	0.	0.	0.
130099	0.	0.	0.
140099	0.	0.	0.
10100	0.	0.	0.
40100	0.	0.	0.
60100	0.	0.	0.
70100	0.	0.	0.
80100	0.	0.	0.
90100	0.	0.	0.
100100	0.	0.	0.
110100	0.	0.	0.
120100	0.	0.	0.
130100	0.	0.	0.
140100	0.	0.	0.
140101	0.	0.	0.
140102	0.	0.	0.
140103	0.	0.	0.
10104	0.	0.	0.
80104	0.	0.	0.
90104	0.	0.	0.
100104	0.	0.	0.
110104	0.	0.	0.
120104	0.	0.	0.
130104	0.	0.	0.
140104	0.	0.	0.

140105	0.	0.	0.
140106	0.	0.	0.
10107	0.	0.	0.
110107	0.	0.	0.
120107	0.	0.	0.
130107	0.	0.	0.
140107	0.	0.	0.
10108	0.	0.	0.
100108	0.	0.	0.
110108	0.	0.	0.
120108	0.	0.	0.
130108	0.	0.	0.
140108	0.	0.	0.
10109	0.	0.	0.
110109	0.	0.	0.
120109	0.	0.	0.
130109	0.	0.	0.
140109	0.	0.	0.

0

IOPT =1 VARI SUBDIVISION