

Die Nutzung der digitalen Rechentechnik zur Bearbeitung seismischer Ergebnisse in der DDR

D. WEINTRITT-G. FROSCH-H. REGENSBURGER-H.
WOLF

Azok a feladatok, melyeket az NDK-ban a legközelebbi években a geofizika, de különösen a szeizmika területén meg kell oldani, egyre magasabb követelményeket állítanak a mérési technika és az interpretációs módszerek elé. Jellemző ilyen követelmények

– a mélységi hatótávolság növelése – a felbontóképesség növelése – a pontosság növelése.

Mindeme feladatok megoldása számára technikai eszközként a modern elektronikus számítási technika kínálkozik. A szeizmikus jelek digitális feljegyzése a terepen s azok feldolgozása gyors elektronikus számítógépekkel új lehetőségeket nyitnak meg, amelyeket egyelőre nem is tudunk teljesen áttekinteni.

A dolgozatban azokról az előkészítő munkálatokról számolnak be, amelyek az NDK-ban folyamatban vannak, azonban csak a programtechnikai oldalra szorítkozva. Már elég régen megindultak az NDK-ban az előmunkálatok algoritmusok és programok összeállítására a szeizmikus adatok digitális feldolgozása számára. Ez idő szerint egész sor program áll már készen egyes szeizmogram-nyomok feldolgozására, melyek közül az előadás részletesen ismerteti azt, amelyet a többszörös reflexiók kiküszöbölésére dolgoztak ki.

Задачи, решаемые в ГДР в ближайшие годы при помощи геофизических, и в частности, сейсморазведочных работ, предъявляют все более жесткие требования к технике полевых работ и методике интерпретации. Эти требования характеризуются необходимостью увеличить

– глубинность, – разрешающую способность и – точность исследований.

Техническое средство для решения всех этих задач представлено современной электронной вычислительной техникой. Цифровая регистрация сейсмических сигналов в полевых условиях и обработка их на быстродействующих электронных вычислительных машинах открывают новые, пока еще необозримые возможности.

В настоящей работе описывается состояние подготовительных работ по внедрению в ГДР цифровой сейсмике, причем авторы ограничиваются изложением техники составления программ. В ГДР в народном предприятии „Геофизика” уже довольно давно начаты предварительные работы по составлению алгоритмов и программ для цифровой обработки сейсмических данных. В настоящее время уже имеется ряд программ для обработки отдельных трасс сейсмограмм. В качестве примера в докладе подробно описывается программа для подавления кратных отражений.

Die Aufgaben, die durch die geophysikalische, speziell die seismische Erkundung in der DDR in den nächsten Jahren zu lösen sind, stellen zunehmend erhöhte Anforderungen an Messtechnik und Interpretationsmethodik. Diese Anforderungen werden charakterisiert durch

– vergrößerte Tiefenreichweite – erhöhte Auflösung – erhöhte Genauigkeit.

Das technische Hilfsmittel zur Lösung dieser Aufgaben stellt die moderne elektronische Rechentechnik dar. Die digitale Aufzeichnung der seismischen Signale im Feld und die Bearbeitung auf schnellen elektronischen Rechenautomaten eröffnen neue Möglichkeiten, die sich gegenwärtig noch nicht überblicken lassen.

In vorliegendem Aufsatz wird über den Stand der Vorbereitungsarbeiten zur Einführung der Digitaleismik in der DDR berichtet, wobei wir uns auf die programmtechnische Seite beschränken. Bereits seit geraumer Zeit werden im VEB Geophysik die Vorarbeiten zur Schaffung von Algorithmen und Programmen für die digitale Bearbeitung seismischer Daten geleistet; gegenwärtig liegt schon eine Anzahl von Programmen für die Bearbeitung einzelner Seismogrammspuren vor. Als Beispiel dafür wird das Programm zur Unterdrückung von Mehrfachreflexionen näher erläutert.

Die Aufgaben, die durch die geophysikalische, speziell die seismische Erkundung in der DDR in den nächsten Jahren zu lösen sind, stellen zunehmend erhöhte Anforderungen an Messtechnik und Interpretationsmethodik.

Diese werden charakterisiert durch

- vergrößerte Tiefenreichweite
- erhöhte Auflösung
- erhöhte Genauigkeit.

Das technische Hilfsmittel zur Lösung dieser Aufgaben stellt die moderne *elektronische Rechentechnik* dar. Die *digitale Aufzeichnung* der seismischen Signale im Feld und die nachträgliche Bearbeitung auf schnellen elektronischen Rechenautomaten eröffnen neue Möglichkeiten, die wir gegenwärtig noch nicht vollständig überblicken können, ähnlich wie vor etwa 10 Jahren zwar die prinzipiellen Möglichkeiten der analogen Magnetbandaufzeichnung wohl erkannt, ihre spätere stürmische Entwicklung aber bei weitem nicht vorausgesagt werden konnte.

An dieser Stelle soll nicht nochmals auf die Vorzüge der Digitalseismik eingegangen werden. Unsere Aufgabe soll es vielmehr sein, einen Überblick über den Stand der Vorbereitungsarbeiten zur Einführung der Digitalseismik in der DDR zu geben, wobei wir uns auf die programmtechnische Seite beschränken werden. Für den VEB Geophysik stellt die Einführung der Digitalseismik eine zwingende Notwendigkeit dar, da die analoge Magnetbandtechnik an den Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit angelangt und eine wesentliche Verbesserung nur durch langwierige Weiterentwicklungen zu erreichen ist. Abgesehen vom Zeitaufwand, der mit den aus den Erkundungsaufgaben resultierenden Terminen kollidiert, bestünde der wesentliche Mangel derartiger Entwicklungen, die vor allem den Vorarbeitungssektor betreffen, in der geringeren Flexibilität der entwickelten Spezialgeräte gegenüber methodischen Veränderungen. Daher wird – auch im Zusammenhang mit den notwendigen Ersatzinvestitionen für die moralisch und physisch verschlissenen Analog-Magnetband-Apparaturen – auf die Einführung der Digitaltechnik orientiert.

Neben der Schaffung der technischen Basis, d. h. digitaler Feldapparaturen, einer leistungsfähigen Rechenanlage und der notwendigen Peripheriegeräte (*A/D-Wandler, D/A-Wandler, Zeichengeräte, Sichtgeräte als Monitor u.a.*), ist die Schaffung der theoretischen und programmtechnischen Voraussetzungen eine Hauptaufgabe, von deren erfolgreicher Lösung die wissenschaftliche und die ökonomische Effektivität der Digitalseismik entscheidend abhängen.

Der Käufer einer Rechenanlage erhält in der Regel mit der mitgelieferten „software“ eine gewisse Grundlage für die umgehende Inbetriebnahme der Anlage durch Nutzung erprobter *Programme bzw. Programmsysteme*. Geophysikalisch orientierte Programme sind in den für Austausch vorgesehenen Programm-bibliotheken kaum vorhanden. Geophysikalische Unternehmen sind daher meist gezwungen, ihre Programme selbst zu entwickeln. Einem internationalen Austausch steht in entscheidendem Masse die Vielzahl der verwendeten Anlagentypen entgegen.

Bereits seit geraumer Zeit werden in VEB Geophysik Vorarbeiten zur Schaffung von *Algorithmen und Programmen* für die digitale Bearbeitung seismischer Daten geleistet. Da gegenwärtig die für den späteren Routineeinsatz vorgesehene Rechenanlage noch nicht zur Verfügung steht, müssen Algorithmen und Programme auf einer vorhandenen Anlage anderen Typs eingefahren und auf Funktionstüchtigkeit getestet werden. Bei Festlegung der Reihenfolge der Entwicklung wurde besonderer Wert darauf gelegt, zuerst solche Programme zu schaffen, die bereits vor Inbetriebnahme des geschlossenen digitalen Aufnahme- und Vorarbeitungssystems produktiv genutzt werden können und die sich

später zwanglos in ein geschlossenes Programmsystem einbauen lassen. So wurden bisher sowohl Programme zur eigentlichen Spurbearbeitung, als auch Programme für gewisse sekundäre Berechnungen entwickelt. Einige dieser Programme sollen in folgenden vorgestellt werden.

Grundsätzlich erfolgte die Programmierung aller umfangreicheren Probleme, für die die Speicherkapazität der kleinen Anlagen (*ZRA 1 = 4096* Worte) nicht ausreichte, auf der mittleren DV-Anlage *NATIONAL ELLIOTT 503* in der dieser Maschine eigenen *ALGOL-Version*.

Einerseits waren unzureichende Programmierkapazität und die nur bedingte Nutzung der fremden Anlage – andererseits die möglichst schnelle Verfügbarkeit der erarbeiteten Verfahren dafür ausschlaggebend, dass die Programme nicht im wesentlich effektvolleren Maschinencode abgefasst wurden.

Gegenwärtig liegt bereits eine Anzahl von Programmen für die Bearbeitung einzelner Seismogrammspuren vor, die die Grundlage für die spätere automatische Bearbeitung der im Feld digital aufgezeichneten Seismogramme bildet. Algorithmen und Programme werden an theoretischen Beispielen (z. B. synthetischen Seismogrammen) oder Seismogramm-Ausschnitten getestet, die mit Hilfe eines Kurvenabtastgerätes in Lochstreifen umgesetzt werden.

ALGOL-Programme sind zur Lösung folgender Probleme ausgearbeitet worden:

- *Korrelationsfunktionen*
- *Frequenzfilterung für verschiedenartige Charakteristiken*
- *Deconvolution*
- *Unterdrückung von Reverberationen*
- *Unterdrückung von multiplen Reflexionen*

Durch eine andere Arbeitsgruppe des VEB Geophysik (*SANDNER, ZENKER*) sind Programme in der Maschinensprache für *ZRA 1* für folgende Probleme aufgestellt worden:

- *Richtungsanalyse*
- *Deconvolution in verschiedenen Versionen*
- *Unterdrückung von Reverberationen und ghost-Wellen*
- *Frequenzfilterung (u. a. Simulation von Analogfiltern aus Standardapparaturen)*
- *optimum vertical stack (OVS)*
- *optimum horizontal stack (OHS)*
- *Fächerfilterung*

Soweit die begrenzte Anzahl der einstellbaren Operatoren dazu ausreicht, ist es möglich, die Zeitbereichsfilterung auch auf einer Analogauswerte-Zentrale mit Hilfe einer Laufzeitkette zu realisieren. Allerdings zeigten bisherige Berechnungen, dass dies nur in beschränktem Umfang möglich ist. Die digitale Berechnung der Operatoren, der Vergleich zwischen gewünschtem und erreichtem Effekt bildet eine nützliche Unterstützung der konventionellen Magnetbandtechnik.

Ausserdem liegen *Programme für die Berechnung synthetischer Seismogramme* (aufgestellt vom Institut für Datenverarbeitung) und zur *Geschwindigkeitsauswertung nach SATTLEGER* vor.

Als ein Beispiel für die Spurbearbeitung soll nunmehr das Programm zur Unterdrückung von multiplen Reflexionen näher erläutert werden. Es baut

auf dem von ANSTAY und NEWMAN 1966 veröffentlichten Prinzip der Retrokorrelation auf und verbindet die Idee der genannten Autoren mit einer vorhergehenden Deconvolution und einer gewissen Selektion.

Die Retrokorrelation – mathematisch gleichzusetzen mit der Faltung der Seismogrammspur mit sich selbst, der sogenannten Autoconvolution – ermöglicht eine Aussage über das Auftreten von multiplen Reflexionen, die unter Beteiligung der Erdoberfläche entstanden sind. Die einfache Subtraktion der Retrokorrelogrammspur von der Seismogrammspur ist nicht möglich, da es sich um Funktionen unterschiedlicher Dimensionen handelt (wird die Amplitude der Seismogrammspur z. B. in cm als relativer Einheit gemessen, dann hat die Retrokorrelogrammspur die Dimension cm^2). Die Berechnung einer

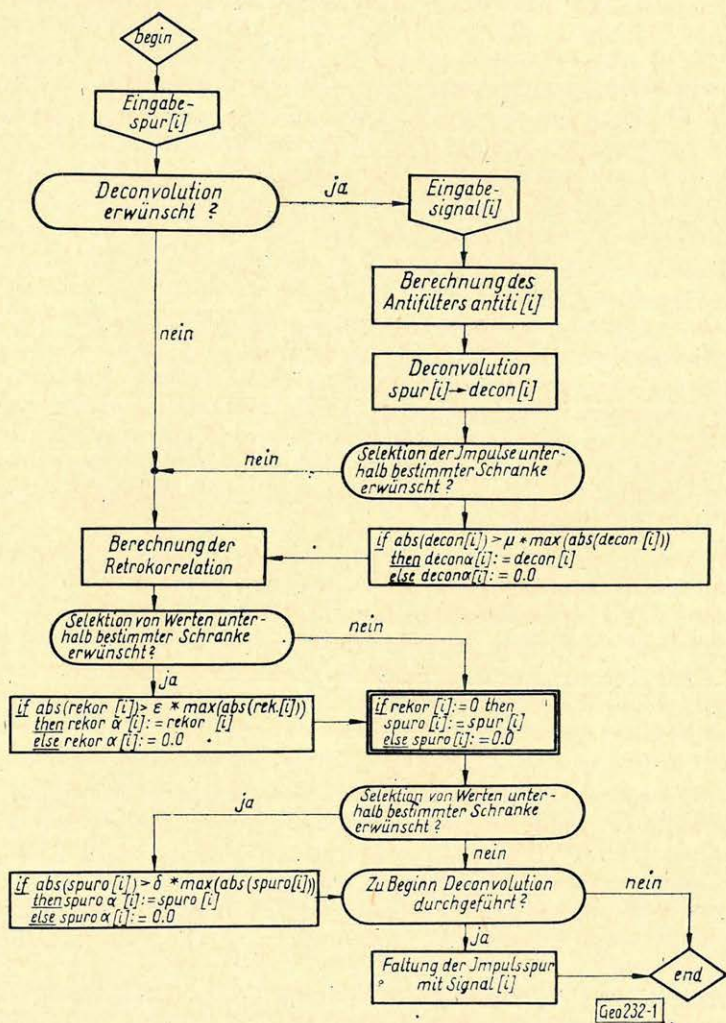


Abb. 1. Multiplenunterdrückung durch Retrokorrelation: Grobblaufschema

1. ábra. Többszörösök kiküszöbölése retrokorrelációval. Vázlatos lefuttatási séma

Fig. 1. Подавление кратных волн ретрокорреляцией. Общая схема выполнения программы

Seismogrammspur, die – zumindest näherungsweise – keine multiplen Reflexionen enthält, die unter Beteiligung der Erdoberfläche entstanden, lässt sich auf folgende Weise realisieren (*Abb. 1.*):

- für die jeweilige Seismogrammspur wird die Autoconvolution berechnet. Die Autoconvolution nimmt nur dann einen von Null verschiedenen Wert an, wenn für den durch die Zeitverschiebung zwischen der Seismogrammspur und ihre zeitinvertierten Version bestimmten Moment mit einer Multiplen zu rechnen ist.
- Durch den Rechenautomaten werden nunmehr die Zeiten bestimmt, an denen nicht mit Multiplen zu rechnen ist. Die zugehörigen Amplitudenwerte des Ausgangsseismogramms werden unverändert in die Ergebnisspur übernommen. War zu einem bestimmten Zeitpunkt mit einer Multiplen zu rechnen, wird diesem Zeitpunkt in der Ergebnisspur der Amplitudenwert Null zugeordnet.
- Die graphisch auszugebende Ergebnisspur enthält somit nur primäre Reflexionen und solche Multiple, die nicht unter Beteiligung der Erdoberfläche entstanden sind.

Das Verfahren ist bisher nur an theoretischen Beispielen geprüft worden. Da die ersten Tests mit geringer Anzahl von Reflektoren ermutigend verliefen,

Ausgangsmaterial: Synthetisches Seismogramm Bohrung Triebsee
(Impulsseismogramm mit allen Multiplen)

Berechnet auf Rechenanlage NE 503

$$\tau = 15 \text{ ms}$$

$$t = 100 \cdot 2\tau$$

$$t = 200 \cdot 2\tau$$

Impulsseismogramm ohne Multiple

Abb. 2. Multiplenunterdrückung durch Retrokorrelation, Ausgangsmaterial: Synthetisches Seismogramm Bohrung Triebsee (Impulsseismogramm mit allen Multiplen:)

2. ábra. Többszörösök kiküszöbölése retrokorrelációval. Kiindulási anyag: Szintetikus szeizmogramm a Triebsee-fúrásból (impulzus-szeizmogramm valamennyi többszörössel)

Фиг. 2. Подавление кратных волн ретрокорреляцией. Исходной материал: синтетическая сейсмограмма по данным из скважины Трибзе (импульсная сейсмограмма со всеми кратными волнами)

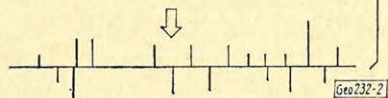
$\epsilon = 0\%$

$\epsilon = 0,8\%$

$\epsilon = 8,1\%$

$\epsilon = 20\%$

Berechnetes Impulsseismogramm ohne Oberflächenmultiple



wurde eine Anzahl von Tests an größeren Datenmengen durchgeführt. Es ist mit drei Arten von Fehlern zu rechnen:

- Fehler 1. Art: Eine primäre Reflexion wird nicht gefunden, da zum gleichen Zeitpunkt eine Multiple erwartet wird
- Fehler 2. Art: Eine primäre Reflexion wird durch eine interne Multiple vorgetäuscht
- Fehler 3. Art: Die Amplituden der angezeigten „primären“ Reflexionen können durch Überlagerungen mit internen Multiplen verfälscht sein.

Das Ergebnis eines Tests mit einer größeren Datenmenge zeigt die *Abb. 2*. Als Grundlage diente ein synthetisches Impulsseismogramm, das bei 750 Elementärschichten ca. 120 primäre Reflexionen enthält. Bei geeigneter Wahl von ϵ , einem Parameter für den Selektionsprozeß, der die Zeiten ermittelt, an denen Multiple zu erwarten sind, gelang es, rund 60 % der primären Reflexionen aufzufinden.

Da in das Ergebnis der Retrokorrelation auch die Korrelationseigenschaften des seismischen Signals selbst eingehen und das Signal auf seinem Laufweg und in der seismischen Apparatur stark verformt und dabei mehr oder weniger stark schmalbandig gefiltert wird, ist eine Verbesserung des Auflösungsvermögens durch eine vorhergehende inverse Filterung zu erwarten, die das seismische Signal im Idealfall auf einen Nadelimpuls komprimiert. Durch diese inverse Filterung erhält man ein Impulsseismogramm. Das Impulsseismogramm ist die Grundlage für den geschilderten Selektionsprozeß zur Unterdrückung von Oberflächenmultiplen. Soweit mit Reverberationen zwischen der Erdoberfläche und der Basis der Langsamschicht (oder Seeboden) zu rechnen ist und die entsprechenden Parameter bestimmt werden können (Reflexionskoeffizient, Laufzeit bzw. Mächtigkeit und Geschwindigkeit), sollte vor der Deconvolution ein Antireverberations-Prozeß durchgeführt werden. Nach der Extraktion der Oberflächen-Multiplen muß dann selbstverständlich das als Ergebnis erhaltene Impulsseismogramm wieder mit der bei der Deconvolution verwendeten Signalform gefaltet werden, um ein mit der Ausgangspur vergleichbares Seismogramm zu erhalten.

Abschließend soll nun noch das für die Rechenanlage *NE 503* programmierte Verfahren zur Berechnung von Tiefenlinienplänen unter Berücksichtigung der Strahlenbrechung im Raum erläutert werden.

Als Ausgangsmaterial dienen t_0 -Isochronenpläne. Auf diesen manuell vorbereiteten Karten werden die Lotzeiten auf einem regelmäßigen Gitter (Hexagonalgitter) interpoliert. Die Herstellung der Isochronenpläne – zumindest als erste Arbeitsunterlage – durch Abgriff der Lotzeiten aus Laufzeitprofilen mit Hilfe eines Kurvenabastgerätes und anschließende Berechnung auf dem Rechenautomaten bei gleichzeitiger Interpolation auf das Hexagonalgitter ist vorgesehen.

Jeder der Hexagonalgitterpunkte kann als ein fiktiver Schuß- bzw. Beobachtungspunkt aufgefaßt werden. Die Berechnung der Koordinaten der Reflexionspunkte, die den an den Gitterpunkten bestimmten Lotzeiten zuzuordnen sind, erfolgt nach dem in *Abb. 3* wiedergegebenen Grob Ablaufschema.

Nach der Eingabe des Programms werden über die Schreibmaschine die Steuerdaten (m = Anzahl der Zeiten des Meßgebietes, n = Anzahl der Spalten, a = Punktabstand, k = Anzahl der zu konstruierenden Horizonte) verlangt.

Je nachdem, ob mit konstanten Schichtgeschwindigkeiten oder mit einem speziellen Geschwindigkeitsansatz gerechnet werden soll, müssen die Geschwindigkeiten v_1, v_2, \dots, v_k oder die Kennziffern der einzelnen Horizonte (Hauptgruppen HA (I : K)) mit dem entsprechenden Ansatz mittels Lochstreifen eingegeben werden.

Im Teilprogramm „LOT“ werden die Lotzeiten des I . . ten Horizontes ebenfalls über Lochstreifen eingelesen, die Zeitgradienten an den einzelnen Hexagonalgitterpunkten bestimmt und aus beiden die „fiktiven Lotpunkte“ des I . . . ten Horizontes berechnet.

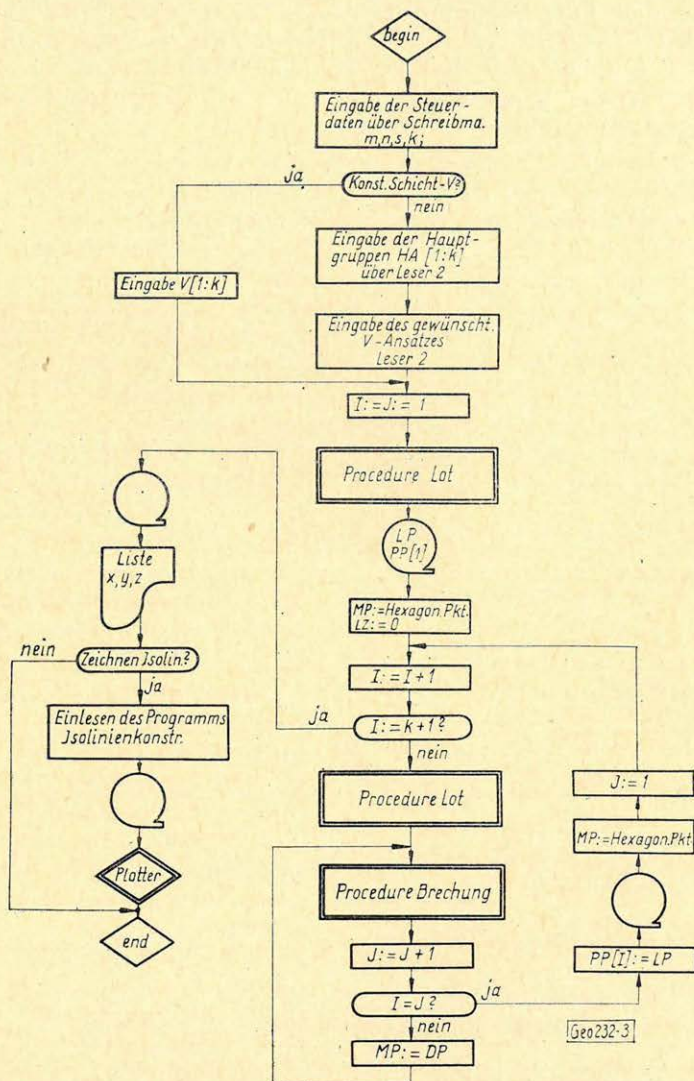


Abb. 3. Kartenkonstruktion: Grobabaufplan

3. ábra. Térképszervezés: Vázlatos lefutatósi séma

Фиг. 3. Построение карты: общая схема выполнения программы

Die Lotpunkte des I . Horizontes sind bereits seine Reflexionspunkte PP (1). Sie werden auf dem Magnetband zwischengespeichert.

Nunmehr werden die Strahlenwege von den Meßpunkten MP über die einzelnen Horizonte $J := 1, 2, \dots, I-1$, an denen jeweils die Brechung stattfindet, verfolgt.

Das Teilprogramm „Brechung“ bestimmt die Durchstoßpunkte DP der Strahlen im $J \dots$ ten Horizont, die Brechungsebenen aus benachbarten Durchstoßpunkten und die Richtungen der an diesen Ebenen gebrochenen Strahlen.

Danach wird die Restlaufzeit zwischen den Horizonten I und J berechnet. Schließlich werden mit Restlaufzeit, Richtung des gebrochenen Strahls und Geschwindigkeit v ($J+1$) die „fiktiven“ Lotpunkte so lange verbessert, bis der Horizont I erreicht wird. Erfolgt also die Beantwortung des Tests $I=J$ mit „ja“ dann ist die Konstruktion des $I \dots$ ten Horizontes abgeschlossen. Es wird auf dem Magnetband zwischengespeichert.

Nachdem der letzte Horizont K berechnet wurde (Test $I = K+1? = ja$), werden die Koordinaten x, y, z der Profilmunkte der einzelnen Horizonte vom Magnetband gelesen und über den Schnelldrucker ausgegeben. Sollen

Isolinien- oder Mächtigkeitkarten angefertigt werden, dann muß ein zweites Programm (Isohypsenkonstruktion) in den Computer eingegeben werden. Das Programm liest die Horizonte vom Magnetband und stellt sie im online-Betrieb auf dem *Calcomp-Plotter* graphisch dar. Das rechteckige Meßgebiet kann maximal aus 1400 Hexagonalgitterpunkten bestehen.

Das Programm belegt rund 6000 Hauptspeicherplätze und ca. 18 000 Plätze auf dem Zusatzkernspeicher.

Die graphisch ausgegebenen Isolinienkarten (Abb. 4) können entweder als vorläufige Arbeitsunterlagen verwendet oder nach entsprechender abschließender Beschriftung und fotografischer Vergrößerung – soweit erforderlich – den Ergebnisberichten beigelegt werden.

Das von *STOJANOW* aufgestellte Zeichneprogramm erlaubt auch die graphische Darstellung von Profilschnitten.

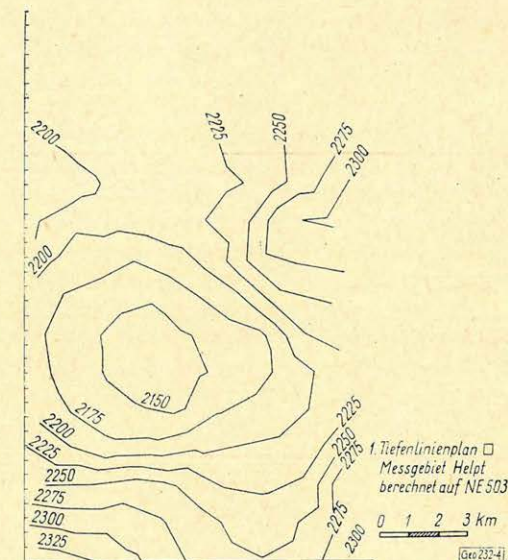


Abb. 4. Tiefenlinienplan, Messgebiet Helpt
Berechnet auf NE 503

4. ábra. Mélységvonal-vázlat a Helpt-i mérési területről (Az Elliot 503-on számolva)

Фиг. 4. План изолиний глубин для района Хелпг; Вычисления проведены на ЭВМ Эллиот 503

Für die Berechnung der Reflexionspunkt-Koordinaten an 560 Gitterpunkten werden bei drei Reflektoren ca. 5 min. Maschinenzeit benötigt. Die anschließende graphische Darstellung auf dem on-line-Plotter erfordert nochmals etwa 55 min. Eine wesentliche Reduzierung der benötigten Ma-

schinenzeit ist nur durch den Einsatz eines magnetbandgesteuerten Zeichenautomaten zu erwarten.

Die Transformation von Isochronen in Tiefenlinien ist mit Hilfe des vorliegenden Programmes unter folgenden Voraussetzungen möglich:

Die Isochronen dürfen keine Unterbrechungen aufweisen. Störungen bzw. reflexionslose Zonen sind daher durch Isochronen von Phantomhorizonten zu überbrücken. In der Nähe solcher Zonen ist das zu untersuchende Gebiet zu unterteilen und die Teilgebiete zu überlappen; dies ermöglicht eine anschließende Interpretation der Störungen. Tiefenlinienkarten werden nur von rechteckigen Meßgebieten hergestellt.

Zur Konstruktion können in ihrem Aufbau verschiedenartige Geschwindigkeitsansätze eingegeben werden. So ist es u. a. möglich, zwischen verschiedenen

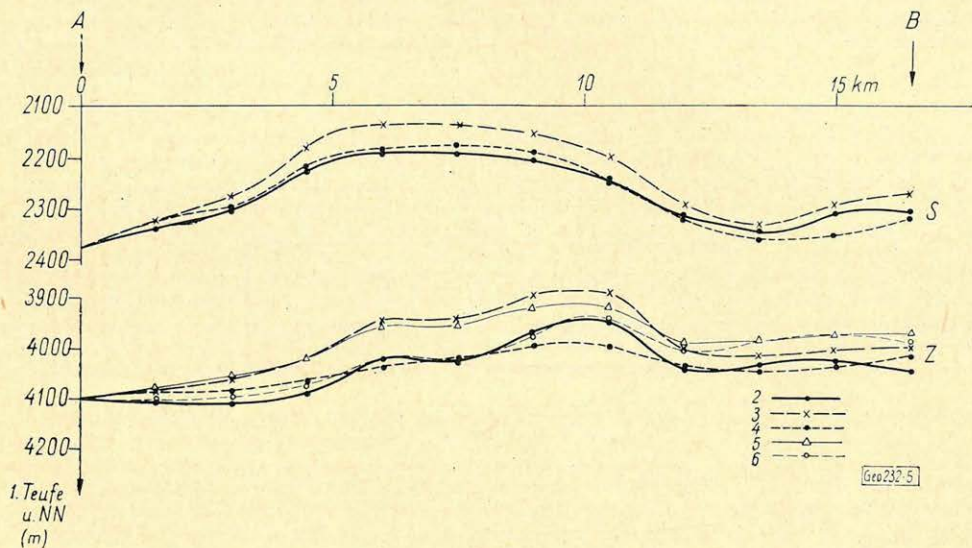


Abb. 5. Profile mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsvarianten

- 1 Teufe
- 2 — □ — konst. Schichtgeschw. (6. Schichten)
- 3 — * — kombinierter V-Ansatz
- 4 — - - - - aus Ergebnisber. Helpt
- 5 — △ — mittlere Geschwindigkeit
- 6 — 0 — konst. Schichtgeschwind. (3 Schichten)

5. ábra. Profilok különböző sebességvariánsokkal

- 1 Mélység
- 2 konstans sebesség (6 réteg)
- 3 kombinált sebesség-feltevés
- 4 Helpt-i eredményjelentés alapján
- 5 átlagos sebesség
- 6 konstans sebesség (3 réteg)

Фиг. 5. Разрезы с различными вариантами скоростей

- 1 — глубина
- 2 — постоянная пластовая скорость (6 пластов)
- 3 — комбинированный закон изменения скоростей
- 4 — из отчета по району Хелпт
- 5 — средняя скорость
- 6 — постоянная пластовая скорость (3 пласта)

Reflexionsgrenzen oder für unterschiedliche geologische Stockwerke spezielle Geschwindigkeits-Teufenfunktionen zu verwenden, wie sie von *REINHARDT* für den Nordteil der DDR vorliegen. Da der Tiefenlinienverlauf stark von horizontalen und vertikalen Geschwindigkeitsgradienten beeinflusst werden kann, ist es vorteilhaft, zur Interpretation eine Anzahl von Tiefenlinienplänen heranzuziehen, die sich auf unterschiedliche Varianten von Geschwindigkeitsansätzen begründen. Besonders für die Beurteilung tiefer und flacher Strukturen ist es von großem Wert, wenn Tiefenlinienpläne bzw. — Profile mit unterschiedlichen Geschwindigkeitsvarianten konstruiert werden. Durch die beschriebene digitale Berechnung können derartige zusätzlichen Wünsche sehr schnell und exakt erfüllt werden (*Abb. 5.*). Darüber hinaus führt die Berücksichtigung der Strahlenbrechung im Raum zu einer genaueren Interpretation der reflexionsseismischen Ergebnisse.

An der Vervollständigung der hier vorgelegten und noch lückenhaften Programmbibliothek wird weiter gearbeitet.

BERTHA ISTVÁN

1886 szept. 10. — 1969. febr. 21.

Egyesületünk egyik alapító tagját veszítettük el. Mint okleveles gépészmérnök, harmadfél évtizedig a MÁVAG-ban működött, de mérnöki munkája mellett már 1926-tól kezdve az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben is végzett laboratóriumi és számoló munkát. Később, mint az Intézet tudományos munkatársa, terepi munkálatokban is részt vett.

Munkáját mindegyik munkahelyén mindig példamutató pontossággal és lelkiismeretes szorgalommal végezte. Kedves, szerény és közvetlen lényével munkatársainak megbecsülését és őszinte szeretetét érdemelte ki.

Mindig figyelemmel kísérte Egyesületünk munkáját és sok tagtársunkhoz baráti kapcsolat fűzte.

Kedves jó Pista Bácsink! Emlékét mindig kegyelettel őrizzük!

Renner János