

Einige Hinweise für die reflexionsseismische Untersuchung tektonischer Störungen anhand von Beispielen aus der DDR

G. LÖSER — E. KÖHLER — W. KURRAT

A bevezetésben a szerzők szembeállítják a reflexiós szeizmikus diszkontinuitás-térképezéshez a nemzetközi kutatási gyakorlatban levezetett kritériumokat a DDR-ben elért állapottal. Példák és statisztikus vizsgálatok alapján kimutatják, hogy tektonikai diszkontinuitások objektív megállapítását gyakran felszíni hatások és mérés technikai szabálytalanságok akadályozzák, ha tisztán a korreláció-megszakadásra, mint kritériumra támaszkodunk.

A továbbiakban azt tárgyalja a dolgozat, hogy milyen terepi-, illetve interpretációs-eljárások igényelnek megfelelő eredményeket. Különösen a kis ugrásmagasságú tektonikai diszkontinuitások vizsgálata nál kínálkoznak a többszörös fedéses eljárás egyes variánsai mert ezek módot adnak a felszíni, és mélység-hatás egyértelmű elválasztására. Itt a dolgozat beszámol az első tapasztalatokról.

Míg a felső perm-ben (Zechstein-ben), a mezozoikumban és a kainozóikumban szeizmikus reflexiós vezérhorizontok segítik bizonyos mértékben a diszkontinuitások utáni kutatást, tehát módot adnak az objektív kritériumok alkalmazására, addig a régebbi üledékekben az átfogó reflexiós horizontok csaknem teljesen hiányzanak. A dolgozat végén néhány példán bemutatják a szerzők, hogy itt milyen úton lehet a megoldást megközelíteni.

Сопоставляется международная практика сейсмического картирования методом отраженных волн с состоянием этих работ в ГДР. Опираясь на практические примеры и на результаты статистических исследований авторы показывают, что объективному выявлению тектонических нарушений часто препятствуют поверхностные эффекты и недостатки техники измерения, если при этом в качестве признака наличия тектонических нарушений берутся только разрывы в корреляции.

В дальнейшей части работы рассматривается эффективность различных методов полевых работ и интерпретации. Отдельные варианты многократного перекрытия оказываются эффективными главным образом для выявления тектонических нарушений небольшой амплитуды, поскольку они позволяют однозначно отделить поверхностные эффекты от глубинных. В связи с этим приводятся результаты первых опытных работ, проведенных в ГДР.

В то время, как о отложениях верхней перми (цехштейна), мезозоя и кайнозоя выявлению тектонических нарушений в определенной мере способствует наличие опорных отражающих горизонтов, позволяющее использовать объективные критерии, в более древних отложениях почти полностью отсутствуют сплошные отражающие горизонты. В заключение на некоторых примерах представляются пути приближенного решения этой задачи.

Einleitend werden aus der internationalen Fachliteratur abgeleitete Kriterien zur reflexionsseismischen Störungskartierung dem in der Erkundungspraxis der DDR erreichten Stand gegenübergestellt. Anhand von Beispielen und statistischen Untersuchungen wird nachgewiesen, daß eine objektive, eindeutige Festlegung tektonischer Störungen oft durch Oberflächeneinflüsse und meßtechnische Unregelmäßigkeiten erschwert wird, solange die Korrelationsunterbrechung als oft alleiniges Hauptkriterium verwendet wird.

Weiterhin wird diskutiert, welche Feld- und Interpretationsverfahren geeignete Ergebnisse erwarten lassen bzw. bringen. Insbesondere für die Erkundung tektonischer Störungen kleiner Sprunghöhen bieten sich verschiedene Varianten der Mehrfachüberdeckung an, die eine eindeutige Trennung zwischen Oberflächen- und Tiefeneffekt erlauben. Über erste Erfahrungen kann berichtet werden.

Während im oberen Perm (Zechstein), im Mesozoikum und Känozoikum reflexionsseismische Leithorizonte die Störungssuche in gewissem Umfang noch begünstigen, die Anwendung objektiver Kriterien also erlauben, fehlen durchgehende Reflexionshorizonte in den älteren Ablagerungen fast völlig. Welche Lösungswege hier beschritten werden, wird anhand abschließender Beispiele erläutert.

Das Schwergewicht der geologisch-geophysikalischen Erkundung von Erdöl und Erdgas verlagert sich mehr und mehr in Richtung auf die Lösung komplizierterer Aufgabenstellungen. Zu den schwierigsten Fragen gehört ohne

Zweifel auch die Lokalisierung und speziellere Untersuchung tektonischer Störungen. Hier versagen häufig die anderen Verfahren bzw. sie können nur Teilbeiträge liefern, so daß der Reflexionsseismik besondere Bedeutung zukommt.

Zahlreiche Veröffentlichungen in der internationalen Fachliteratur befassen sich mit der erwähnten Problematik und geben theoretische und praktische Lösungswege an. Sowohl in der DDR als auch z. B. in der ČSSR und der VR Ungarn wird intensiv an dieser Aufgabe gearbeitet. Bei Gesprächen mit Fachkollegen anlässlich des letzten Symposiums in Leipzig, aber auch bei Besuchen geophysikalischer Institutionen in Brno und Budapest hatten wir uns von den erzielten Fortschritten überzeugen können. Es sei auch an den Vortrag von Rädler auf dem XI. Symposium 1966 in Budapest oder an das in der ČSSR und VRU praktizierte Verfahren der geologischen Interpretation seismischer Profilschnitte erinnert.

Wir möchten hier über einige Ergebnisse einer umfassenden Spezialauswertung der Literatur und über den in der DDR-Erkundungspraxis erreichten Stand der Störungsfestlegung unter verschiedenen geologischen Bedingungen informieren. Wir möchten darstellen, welche Möglichkeiten zur seismischen Störungskartierung wir sehen und wie diese Möglichkeiten gegenwärtig genutzt werden.

1967 wurde eine Zusammenfassung und Literaturzusammenstellung über „Einige Kriterien für das Auffinden tektonischer Störungen aus reflexionsseismischem Primärmaterial“ (Löser 1967) ausgearbeitet und allen seismischen Meßtrupps des VEB Geophysik Leipzig zur Verfügung gestellt. Die angeführten 17 kinematischen und 7 dynamischen Kriterien sind darin ausführlich erläutert und mit einer Bewertung versehen worden. Hier kann nur eine kurze Übersicht gegeben werden.

Abb. 1 enthält eine Zusammenstellung dieser Kriterien. Kaum eines der Kriterien ist isoliert anwendbar, wenn eine eindeutige Aussage über Vorhandensein und Charakter tektonischer Störungen gefordert wird, und jedes der Kriterien ist nur dann effektiv, wenn alle Einflüsse der Oberfläche (Morphologie, Langsamschicht, seismogeologisches Profil, Ankopplungsbedingungen, gewählte Parameter) und technische Störeinflüsse eliminiert sind. Das erfordert Sorgfalt und optimalen Aufwand von der Vorbereitung und Durchführung der Feldarbeiten bis zur Bearbeitung und Interpretation des Primärmaterials.

In welchem Umfange objektive Gesichtspunkte bei der Störungsfestlegung eine Rolle spielten, beweist das Ergebnis einer statistischen Überprüfung reflexionsseismischer Berichte aus den Jahren 1966 (38 Berichte) und 1967 (30 Berichte).

Abb. 2 zeigt, daß das Kriterium *I. 1* (Korrelationsunterbrechung) dominiert z. T. kombiniert mit *I. 2* (Laufzeitsprünge), *I. 3* (Neigungswechsel) oder *I. 4* (Störwellen, Interferenzen). Die restlichen 20 Kriterien wurden nur vereinzelt erwähnt.

Abb. 3 bringt die Diskrepanz zwischen der Aufgabenstellung und den gewählten Lösungsmethoden noch deutlicher zum Ausdruck: Auf den seismischen Profilen bzw. in den Profilbeschreibungen wurden 270 mal *I. 1*, ca. 60 mal *I. 2*, 35 mal *I. 3* und 45 mal *I. 4* angegeben. Das schließt nicht aus, daß die Geophysiker weitere Kennzeichen beachtet haben, die sie nur nicht erwähnten.

ohne Kennzeichen gelegentlich anwendbar

* anwendbar
 ** sicher
 *** wichtig, sehr sicher, unbedingt heranzuziehen

Isme rtetőjel nélkül alkalmazható
 * alkalmazható
 ** biztos
 *** fontos, nagyon biztos, feltétlenül bevinni

Nr. szám	Bewertung Értékelés	Kurzbezeichnung des Kriteriums	Kritérium rövid jellemzése
I. Kinematische Kriterien			Kinematikus kritériumok
1	*	Korrelationsunterbrechungen	Korrelációs szakadások
2	***	Phasensprünge/Versetzungen	Fázisugrások/vézérhorizontok eltolódása
3	**	Leitreflexionen	Dőlésváltozások
4	*	Neigungswechsel	Torzulások, interferenciák, különböző zavarhullámok
5	*	Verzerrungen, Interferenzen, versch. Störwellen	Anomálishan dőlt fázisengelyek
6	***	Anomal geneigte Phasenachsen	Difrakciós hullámok keletkezése
7	**	Auftreten von Diffraktionswellen	Reflektált-refraktált hullámok fellépése
8	*	Auftreten reflektierter Refraktionswellen	Ellentmondások a szeizmikus és fúrási adatok között
9	*	Widersprüche zw. seismischen u. Bohrergebnissen	Zárási hibák
10	*	Ringschluss fehler	Elvonszolódások
11	*	Anschieppen	Vastagságváltozások
12	*	Mächtigungsänderungen	Sebességváltozások
13	*	Geschwindigkeitsänderungen	Átfedések
14	*	Überlappungen	Lehatolási mélység változások
15	*	Änderungen der Eindringtiefe	Törési felület árnyékoló hatása
16	***	Schirmwirkung der Bruchfläche	Felszíni és mélységi hatások szétválasztása
17	*	Trennung von Oberflächen- und Tiefeneffekt	„Törésekkel kapcsolatos látszólagos boltozatok” megjelenése
17	*	Auftreten „vorgesch. strukt. Antiklinalen”	
II. Dynamische Kriterien			Dinamikus kritériumok
1	*	Allg.-Änderung d. dynam. Besonderheiten	A dinamikus sajátosságok általános megváltozása
2	*	Änd. d. Amplituden, Intensität, Energieverteilung	Az amplitúdók, intenzitás, energielosztás változása
3	*	Änd. d. Phasenzahl oder Phasenfolge	A fázisok számának vagy a fázisok egymáshoz viszonyított elmozdulásának megváltozása
4	*	Wellenwechsel	Hullámváltások
5	*	Änderung des Frequenzspektrums	Frekvenciaspektrum megváltozása
6	*	Änd. d. korrelierten Reflexionskoeffizienten	A korrelált reflexiókoefficiensek változása
7	*	Änd. d. Korrelationsfunktion	Korrelációs függvény megváltozása
		без обозначения — иногда применяемые	11 Изменения мощности
		** — применяемые	12 Изменения скоростей
		*** — уверенные	13 * Перекрытия
		*** — важные, очень уверенные, обязательно используемые критерии	14 Изменения глубинности
			15 * Эффект экранирования плоскости сброса
			16 *** Дифференциация поверхностей и глубинных эффектов
№№	Оценка	Краткая характеристика критериев	17 Появление „предполагаемых структурных антиклиналей”
I. Кинематические критерии			II. Динамические критерии
1	*	Прерывы в корреляции	1 * Общее изменение динамических особенностей
2	***	Фазовые смещения/смещения опорных отражений	2 * Изменение амплитуд, интенсивности волн и распределения энергии
3	**	Изменение угла наклона	3 * Изменение числа или последовательности фаз
4	*	Искажения, интерференции, различные волныпомехи	4 * Смена волн
5	*	Оси синфазности с аномальным наклоном	5 * Изменение частотного спектра
6	***	Появление дифракционных волн	6 * Изменение коррелируемого коэффициента отражения
7	**	Появление отраженных преломленных волн	7 * Изменение корреляционной функции
8	*	Противоречия между сейсмическими данными и данными бурения	
9	*	Невязки	
10	*	Смещения	

Abb. 1. Kriterien zur seismischen Störungskartierung (nach LÖSER 1967)

1. ábra. Kritériumok a szeizmikus zavartérképezéshez Löser 1967 szerint)

Фиг. 1. Критерии для сейсмического картирования тектонических нарушений (по Лёзеру, 1967)

Die zitierte Anleitung zur Störungsfestlegung soll es unseren Geophysikern erleichtern, noch verantwortungsbewußter und vielseitiger und mit ergänzenden Spezialuntersuchungen die Störungssuche zu betreiben, die gegenwärtig so wichtig für die Erdölerkundung ist.

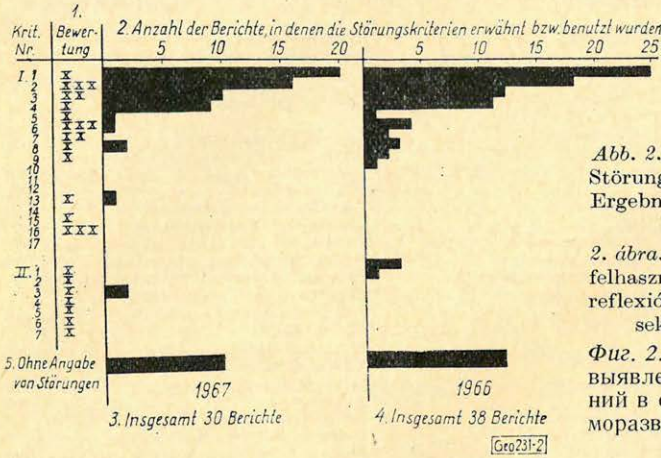


Abb. 2. Anwendung von Kriterien zur Störungssuche in reflexionsseismischen Ergebnisberichten der Jahre 1966 und 1967 (aus LÖSER 1968)

2. ábra. A zavarkeresési kritériumok felhasználása az 1966. és 1967. évi reflexiós szeizmikus eredményjelentésekben (Löser 1958 alapján)

Фиг. 2. Применение критериев для выявления тектонических нарушений в отчетах о результатах сейсморазведки за 1966 и 1967 гг. (по Лёзеру, 1968)

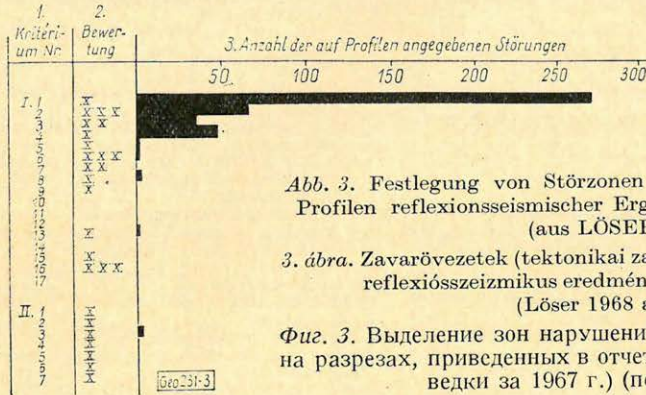


Abb. 3. Festlegung von Störzonen (tektonischer Störungen) auf Profilen reflexionsseismischer Ergebnisberichte des Jahres 1967 (aus LÖSER 1968)

3. ábra. Zavarövezetek (tektonikai zavarok) feltárása az 1967-es évi reflexiósszeizmikus eredményjelentések metszetein (Löser 1968 alapján)

Фиг. 3. Выделение зон нарушений (тектонические нарушения на разрезах, приведенных в отчетах о результатах сейсморазведки за 1967 г.) (по Лёзеру, 1968)

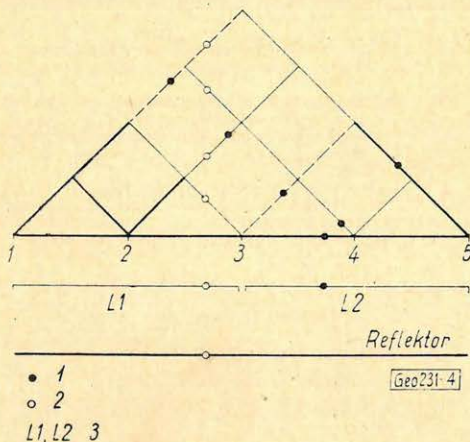


Abb. 4. Anwendung des Verfahrens mit Schußpunktvariation (Prinzipiskizze) (aus LAST 1968)

1 Oberflächeneffekt, 2 Tiefeneffekt
3 Linienaufstellungen

4. ábra. A robbantáspont-változtatási eljárás (elvi vázlat) alkalmazása (Last 1968 alapján)
1 Felszínhatás 2 Mélységi hatás
3 Vonalfelállítások

Фиг. 4. Применение способа вариации пунктов взрыва (принципиальная схема) (по Ласту, 1968)

Da selbst in den tektonischen Stockwerken, wo reflexionsseismische Leit-
horizonte die Störungsfestlegung erheblich begünstigen, eine eindeutige Inter-
pretation infolge Überlagerung von Oberflächen- und Tiefeneinflüssen schwer
ist, suchten wir nach Möglichkeiten, diese eindeutig zu trennen. Ein wesent-
liches Mittel dazu ist das von KOVALEVSKIJ (1964) beschriebene und bei
uns erfolgreich erprobte und weiterentwickelte „Verfahren der versetzten
Schußpunkte“ (Schußpunktvariation), eine Variante der Mehrfachüberdeckung,
auf die man besonders bei der Suche tektonischer Störungen geringer Sprung-
höhen nicht verzichten sollte.

Abb. 4 zeigt das Prinzip der Feldtechnik und Auswertung: Quer zu einer
vermuteten Störung wird eine Doppelaufstellung von 600 ... 1000 m Länge
ausgelegt. Je nach dem benötigten Überdeckungsgrad werden n Schußpunkte
darauf verteilt und nacheinander ausgeschossen. Jeder Schuß wird von beiden
Stationen registriert. Tiefeneffekte verschieben sich nach den Gesetzen der
geometrischen Optik im t - und x -Richtung, Oberflächeneffekte verbleiben am
gleichen Geophon. Wir führen die Auswertung nach dem Gamburcev-Schema
durch. Tiefeneffekte liegen dann übereinander (bis zu $n-1$ mal registriert),
Oberflächeneffekte schräg (n -mal registriert).

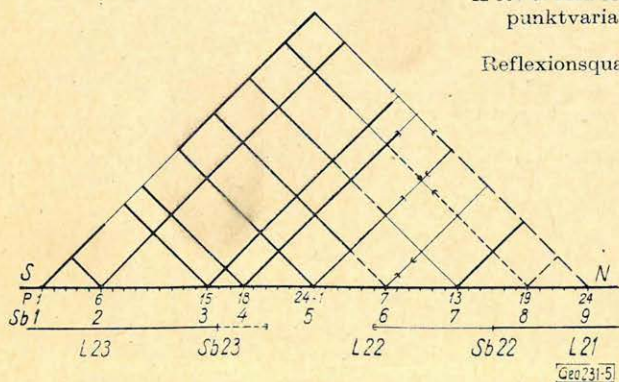


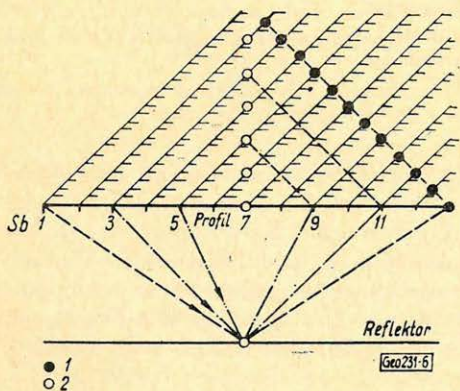
Abb. 5. Meßbeispiel des Verfahrens mit Schuß-
punktvariation. Aufstellungsweite 690 m,
Horizont Z

Reflexionsqualität: ————— sehr gut
————— gut
- - - - - fraglich

5. ábra. A robbantáspont-változ-
tatási eljárás mérési mintája. Fel-
állítási távolság: 690 m, Z-hori-
zont

Reflexióminőség: ————— igen jó
————— jó
- - - - - kérdéses

Фиг. 5. Пример применения
метода вариации пунктов
взрыва; длина установки
— 690 м. Горизонт Z



Качество отражений:

————— очень хорошие
————— хорошие
- - - - - спорные

Abb. 6. Verwendung der Einzelseismogramme
von Stapelmessungen zur Störungssuche (Gam-
burcev-Darstellung) (aus LAST 1968)

1 Oberflächeneffekt 2 Tiefeneffekt
3 Linienaufstellungen

6. ábra. Átfedéses mérések egyedi szeizmogram-
jainak alkalmazása zavarkeresésre (Gamburcev-
előállítás) (Last 1968 szerint). 1 Felszíni hatás
2 Mélységi hatás 3 Vonalfelállítások

Фиг. 6. Применение отдельных сейсмограмм, полученных при наблюдениях по способу
накопления, для выявления тектонических нарушений (представление по Гамбурцеву)
(по Ласту, 1968)

Abb. 5 ist ein Meßbeispiel aus dem Norden der DDR mit einem hohen Überdeckungsgrad. Hier konnte eine tektonische Störung mit einer Sprunghöhe von weniger als 50 m sicher nachgewiesen werden, was mit normalen Profil- und Linienaufstellungen nicht gelang.

Gleiche Gesichtspunkte gelten auch bei der Verwendung der Einzelseismogramme von Stapelmessungen (Abb. 6). Auch hier verschieben sich Oberflächen- und Tiefeneffekte unterschiedlich. Ausschnitte aus Einzelabspielungen von Magnetogrammen, die zur CRP-Stapelung aufgenommen wurden, deuten einmal auf tektonische Störungen (Abb. 7, Verschiebung um je 4 Spuren), dann auf Oberflächeneinfluß (Abb. 8, Verschiebung um je 2 Spuren).

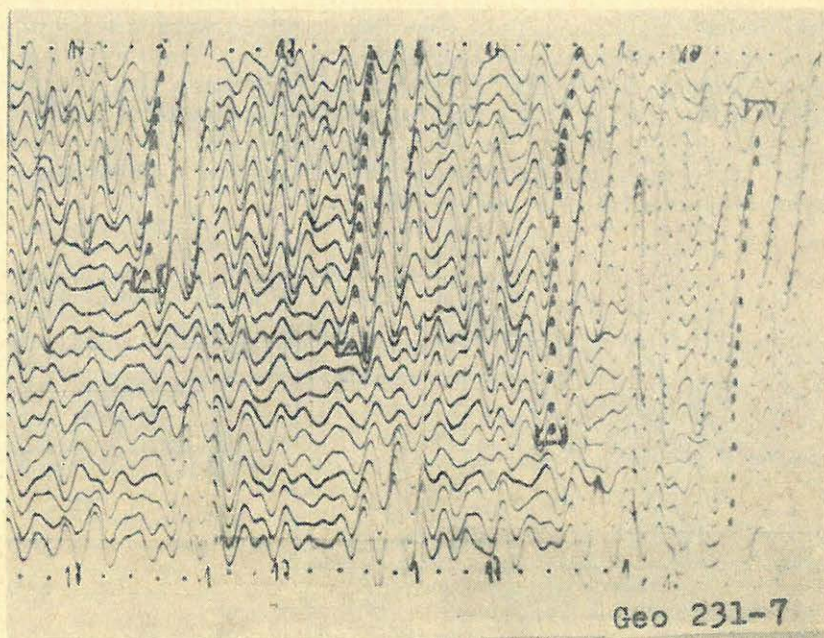


Abb. 7. Tiefeneffekt (Verschiebung um je 4 Spuren bei Sechsfachüberdeckung) auf Stapelseismogrammen (aus LAST 1968)

7. ábra. Mélységi effektus (négy nyomvonallal való eltolás hatszoros fedés mellett) a fedéses szeizmogramoknál (Last 1968 szerint).

Фиг. 7. Глубинный эффект (смещение по 4 трассам при шестикратном перекрытии) на сейсмограммах, полученных по методу ОГТ (по Ласту, 1968)

Es sei noch erwähnt, daß bei uns universelle Schußsysteme zur Mehrfachüberdeckung entwickelt wurden, die wahlweise die Liniensapelung („Laborlinien“, ebene und gerichtete ebene Wellenfronten), CRP-Stapelung, Auswertung mit Schußpunktvariation, verschiedene Korrelationszüge, Einfachprofilierung usw. gestatten. Geophon- und Schußpunktabstände lassen sich dabei beliebig variieren. Neben der Verbesserung der Qualität des Primärmaterials erhält man so eine große Zahl von Zusatzinformationen und Kontrollbeziehungen für die Störungskartierung.

Wenn störende Oberflächeneinflüsse nur von untergeordneter Bedeutung sind, können auch durch eine systematische Anwendung einfacher reflexionsseismischer Profilierungen mit gezieltem Einsatz von Verdichtungsmessungen

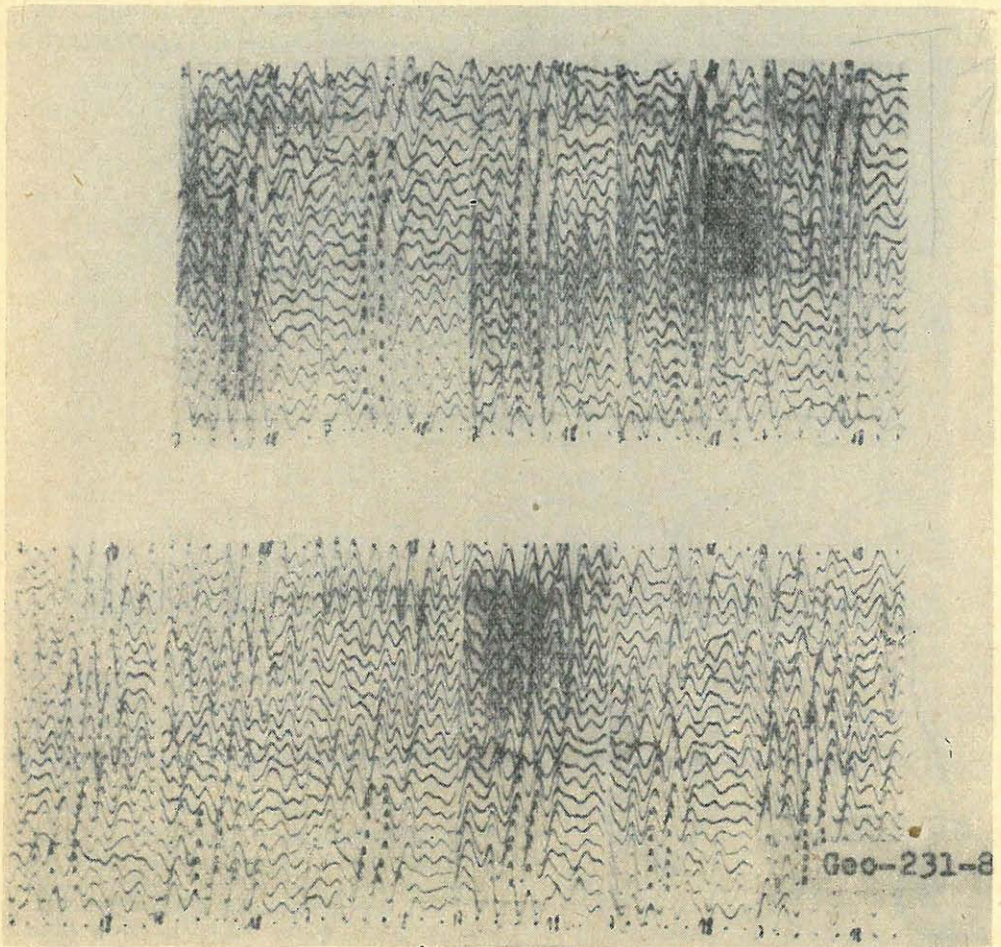


Abb. 8. Oberflächeneffekt (Verschiebung um je 2 Spuren) auf Stapelseismogrammen (aus LAST 1968)

8. ábra. Felszíni effektus (2-2 nyommal való eltolás) a fedésezseizmogramoknál (Last 1968 szerint)

Фиг. 8. Поверхностный эффект (смещение по 2 трассы) на сейсмограммах, полученных по методу ОГТ (по Ласту, 1968)

einerseits und konsequenter Beachtung komplexer Interpretationskriterien andererseits Erfolge beim Nachweis von verdeckten Störungen z. T. geringer Sprunghöhe erzielt werden.

Die folgenden Abbildungen zeigen das Beispiel einer Störung am Nordosten der DDR. Hier sollten Lage und Streichen der Störung, der Verlauf der Störungsränder, der Charakter und der innere Bau der Störzone präziser ermittelt werden, Auf Abb. 9 sind die vor Beginn der speziellen Messungen vorliegenden Kenntnisse über die Störung (unterbrochene Signatur) sowie die Profilanlage dargestellt. Die auf diesem Bild besonders markierten Bereiche betreffen die Profile bzw. Profilabschnitte, von denen im folgenden einige Ergebnisse übermittelt werden sollen.

In erster Linie dienen Querprofile der Erkundung von Begrenzung, Verlauf und Charakter von Störungen. Für die Bestimmung des Störungsrandes wurden folgende Kriterien herangezogen:

- I. 1 („Abbrechen“ der Korrelation dynamisch charakteristischer Reflexionen),
- I. 2 (Laufzeitversetzungen der Leitreflexionen),
- I. 3 (Änderungen der Neigung der Phasenachsen),
- I. 6 (Auftreten von Diffraktionswellen) bzw.
- II. 1, 2 und 3 (starke Veränderungen in der Dynamik der Reflexionswellen, d. h. in Phasenzahl, Frequenz- und Energiegehalt).

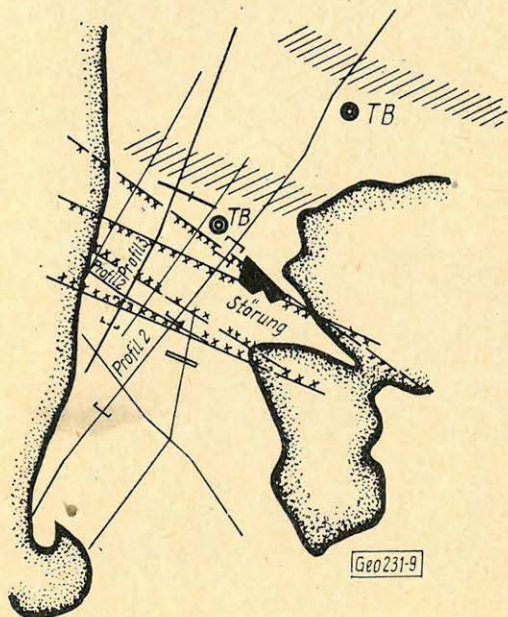


Abb. 9. Profilanlage und Ergebnisse der Reflexionsseismik bei der Erkundung einer Störung im Nordosten der DDR

9. ábra. Metszetek és a reflexiós-szeizmikus eredmények egy diszkontinuitás vizsgálatánál az NDK észak-keleti részében

Фиг. 9. Разрезы и результаты сейсмо-разведочной съемки, проведенной для выявления тектонического нарушения в северо-восточной части ГДР

Zwei Seismogrammeispiele sollen das verdeutlichen.

In Abb. 10 liegen zwei benachbarte Seismogramme – ohne Mischung und Filterung registriert – aus dem Bereich des Südrandes des Störungssystems vor. Während im Laufzeitbereich zwischen 1,1 und 1,6 s ungestörte Lagerungsverhältnisse vorliegen und die postsalinaren Reflexionshorizonte *M*, *S* und *X* durchgehend korrelierbar sind, weist insbesondere die Ausbildung der Reflexionen *Z* und *Z_w* auf das Vorhandensein von Dislokationen hin. Die Korrelation der Horizonte *Z* und *Z_w* muß unterbrochen werden, da sich das Schwingungsbild dieser Leitreflexionen erheblich ändert. Die im oberen Teil des Seismogrammblocks erkennbaren Wellenzüge, deren Phasenachsen nach größeren Laufzeiten hin abbiegen, sind möglicherweise als diffraktierte Wellen aufzufassen.

Auch auf den Parallelprofilen erkennt man bei ungestörten Verhältnissen im Laufzeitbereich von 0,8 . . . 1,6 s (Horizonte *K*, *M*, *S*) Komplikationen in den Zechsteinreflexionen, insbesondere bei *Z* und *Z_w*. Durch die von beiden Seiten, d. h. von den ungestörten Blöcken her, gesicherte Korrelation der

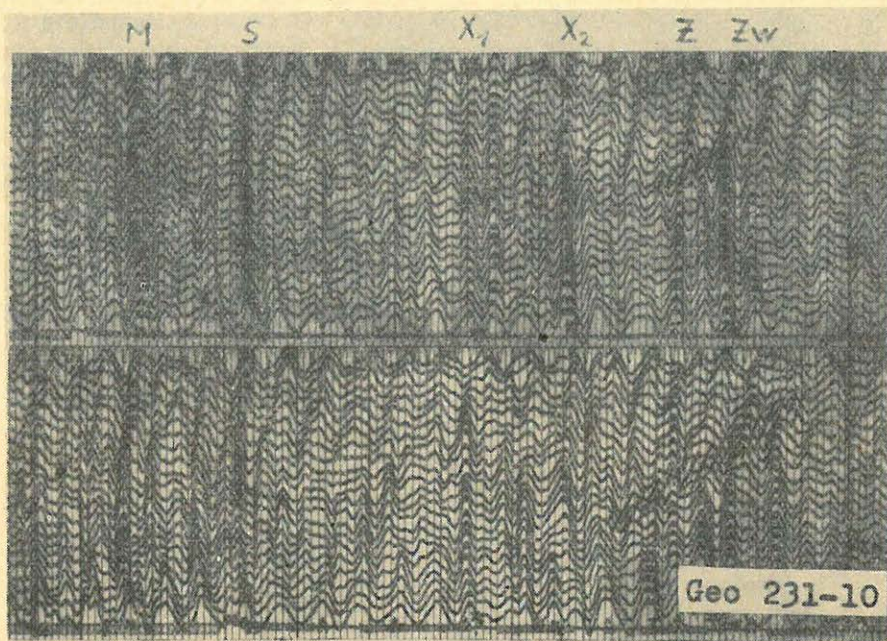


Abb. 10. Seismogrammbeispiel von einem Abschnitt des Profils 3 im Bereich des Südrandes des Störungssystems (Laufzeitbereich 1,0 bis 2,1 s) Parameter: Ausstellungsweite 345 m; Gruppenschüsse 5-fach linear, Basis 40 m, Bohrtiefe 24 m, Gesamtladung 50 kg; Geophonbündelung 10-fach, Basis 20m; ohne Mischung und Filterung registriert

10. ábra. Szeizmogram-példa a 3. metszet egy részéről a diszkontinuításos rendszer déli perem-tartományából (Útidőtartomány: 1,0–2,1 s).

Paraméterek: Térköz = 345 m; csoportos lövés: lineáris 5-szörös; alapvonal: 40 m; fúrás mély-ség: 24 m; ösztöltet: 50 kg; geofonkapcsolás: 10-szeres, alapvonal 20 m; regisztrálás: keverés és szűrés nélkül.

Фиг. 10. Пример сейсмограмм, полученных по профилю 3 в области южного края системы нарушений (интервал времен от 1,0 до 2,1 сек)

Параметры: длина установки – 345 м; линейная группировка пунктов взрыва – 5-крат-ная; база – 40 м; глубина взрывных скважин – 24 м; общий вес зарядов – 50 кг; группир-овка сейсмоприемников – 10 приборов на базе 20 м; запись без смещения и фильтрации

Leitreflexionen gelingt es, den gestörten Bereich zu lokalisieren. Erhebliche Unterschiede sind dabei sowohl in den Laufzeiten als auch in den Differenzlaufzeiten und im Wellenbild der beiden Leitreflexionen Z und Z_w festzustellen. Die plötzlichen Veränderungen der dynamischen Charakteristiken (im Bereich weniger seismischer Spuren) und Beugungserscheinungen auf den Seismogrammen stehen mit der Störungszone in direktem Zusammenhang und dienen zur Festlegung der Störungsränder. Die Seismogramme enthalten darüber hinaus Hinweise für einen „Zwischenblock“ innerhalb der Störzone. Einige dieser Ergebnisse sind in 2 schematischen Laufzeitprofilen zusammengefaßt, deren Lage in Abb. 9 durch verstärkte Linien hervorgehoben ist.

Das in Abb. 11 oben dargestellte Laufzeitschema entspricht einem Abschnitt des Querprofils im Bereich des Südrandes der Störung. Die überlappten Laufzeitkurven der Reflexionen Z und Z_w werden als von verschiedenen Blöcken stammend interpretiert. So können Reflexionen von der Tiefscholle südlich der Störung, vom Zwischenblock der Störzone und von der Hochscholle nördlich

der Störung herrühren. Unterstützt wird diese Deutungsvariante durch die interessanten Ergebnisse des Korrelationsprofils (Abb. 11 unten), welches in unmittelbarer Nähe des südlichen Störungsrandes, etwa parallel zum Streichen der Störung, vermessen wurde. Bei einem Laufzeitvergleich der auf diesem Profil registrierten Reflexionen bzw. Phasen – die einzelnen Reflexionen sind kaum voneinander zu trennen, da das Auflösungsvermögen nicht ausreicht – mit den auf dem Querprofil erhaltenen Impulsen ergibt sich, daß auf dem Korrelationsprofil die Leitreflexionen Z und Z_s je $2mal$ mit unterschiedlichen Laufzeiten und Empfangsrichtungen auftreten: einmal aus der Profilebene von einem etwa horizontal liegenden Zwischenblock und zum anderen von der Seite, von der nach Norden einfallende Tiefscholle. Mit dem in NW -Richtung zunehmenden Abstand des Profils vom südlichen Störungsrand kann erklärt werden, daß auf dem nordwestlichen Profilabschnitt nur noch Reflexionen vom Zwischenblock auftreten, die kürzere Laufzeiten aufweisen.

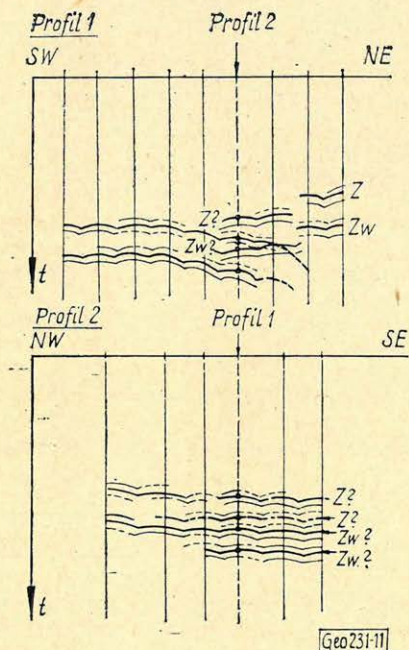


Abb. 11. Schematische Laufzeitprofilardarstellungen der Reflexionen Z und Z_w im Bereich der Störung

Profil 1: Querprofil über die Störung
 Profil 2: Korrelationsprofil etwa parallel zur Störung (in unmittelbarer Nähe des Südrandes der Störzone)

11. ábra. A Z és Z_w reflexiók sémátikus útidőprofilképei a diszkontinuitás tartományában:

1. profil: keresztben a diszkontinuitáson
2. profil: korrelációs-profil közel párhuzamosan a diszkontinuitással (a diszkontinuitási zóna déli peremének közelében)

Фиг. 11. Схематический временные разрезы отражений Z и Z_w в области зоны нарушений
 Разрез 1 – по поперечному профилю над нарушением

Разрез 2 – по корреляционному профилю, идущему почти параллельно нарушению (в непосредственной близости южного края зоны нарушений)

Indem man diese Deutung der reflexionsseismischen Ergebnisse berücksichtigt, erhält man folgendes Bild vom tektonischen Bau im Bereich der Störung (Abb. 12). Dieses schematische Tiefenprofil entspricht dem Konstruktionsergebnis des erwähnten Querprofils. Anhand dieses Profils lassen sich die Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten und einige dabei gewonnene Erkenntnisse zusammenfassen:

1. Die Existenz, Lage, Streichrichtung und Begrenzung der Störung konnten sicher nachgewiesen werden.

2. Der Charakter der Störung kann als staffelförmiger Abbruch der Zechsteinbasis mit einem etwa $500 \dots 700 \text{ m}$ breiten Zwischenblock aufgefaßt werden. Die Sprunghöhen betragen an beiden Rändern je etwa $100 \dots 150 \text{ m}$.

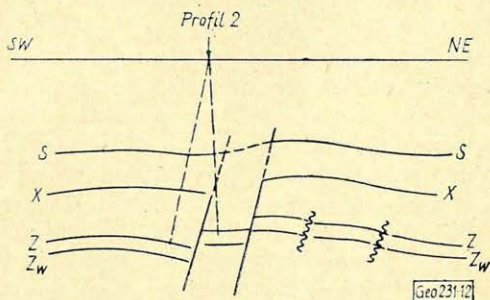
3. Die Störung wird durch das Zechsteinsalinat mehr oder weniger kompensiert, wodurch die postsalinaren Schichten lediglich ein flexurartiges Verhalten aufweisen.

4. Ein dichtes, gleichmäßig angelegtes Profilnetz ist für die detaillierte Erkundung von Störungen erforderlich.

Abb. 12. Schematisches Tiefenprofil (Profil 1) über die Störung; wahrscheinliche Interpretationsvariante von reflexionsseismischen Ergebnissen

12. ábra. Sémátikus mélységprofil (1. met-szet) a diszkontinuitás felett; a reflexiós-szeizmikus eredmények valószínű interpretá-ció s változata

Fig. 12. Схематический глубинный разрез (по профилю 1) над зоной нарушений; вероятный вариант интерпретации результатов сейсморазведки МОВ



5. Auch Korrelationsprofile, insbesondere solche in Störungsrandnähe, können Hinweise für die geophysikalisch-geologische Interpretation der Meßergebnisse enthalten und müssen daher sorgfältig und gründlich ausgewertet werden.

6. Die Anwendung einer Vielzahl von Kriterien im Sinne des ersten Teiles der Ausführungen ist notwendig, um die Sicherheit der geologischen Aussagen bei der reflexionsseismischen Untersuchung von Störungen zu erhöhen.

Abschließend möchten wir auf die spezielle Problematik der Verfolgung von Reflexionsgrenzen und tektonischen Störungen im Präzechstein der DDR eingehen. Das Fehlen von Leitreflexionen und das häufige Auftreten von Mehrfachreflexionen im Laufzeitbereich unterhalb des Z-Horizontes bereitet für die Störungssuche erhebliche Schwierigkeiten. Abb. 13 zeigt ein verallgemeinertes, schematisiertes Laufzeitprofil mit durchgehend korrelierbaren Leithorizonten bis zum Zechstein und mit nur über wenige Aufstellungen aushaltenden Phasenachsen aus dem Präzechstein.

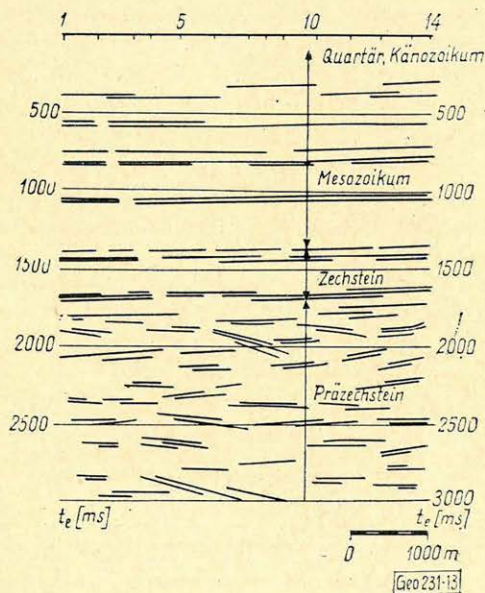


Abb. 13. Verallgemeinertes schematisiertes Laufzeitprofil aus dem Norden der DDR

13. ábra. Általánosított sémátikus útidőmetszet az NDK északi részéről

Fig. 13. Обобщенный схематический временный разрез по северной части ГДР

Für diesen Tiefenbereich liesen sich erst über eine Anzahl von speziellen Analysen, zu denen nicht zuletzt eine gründliche Störwellenanalyse gehörte, Anhaltspunkte über die Tiefenlage bzw. Lauf-

zeit von reellen Reflexionsgrenzen und über tektonische Störungen gewinnen.

Dazu wurde in einem Meßgebiet im Norden der DDR eine genaue Wellenbildanalyse im Laufzeitbereich des tiefsten noch über alle Profile verfolgbaren Leithorizontes unter Beachtung der bereits oben erwähnten Störungsmerkmale durchgeführt. Es handelte sich dabei um den Reflexionshorizont Z an der Zechsteinbasis. Dieser zeichnet sich durch das Auftreten einer größeren Anzahl von Störungen geringer Sprunghöhen aus. Setzt man voraus, daß diese Verwerfungen in der Regel unter einem bestimmten Winkel nach der Tiefe zu ihre Fortsetzung finden, so lassen sich auf den einzelnen Profilen durch die exakte Festlegung von Z-Störungen bereits entscheidende Ausgangspunkte für die Auffindung tektonischer Störungen im Präzechstein fixieren.

Das Fehlen von Leithorizonten unterhalb des Zechsteins machte es erforderlich, sich einen Überblick zu verschaffen, in welchen Laufzeitbereichen nach Z reelle Tiefenreflexionen auftreten und in welchem Umfang mit Mehrfachreflexionen aus dem mesozoischen Deckgebirge zu rechnen ist.

Zu diesem Zwecke wurden die Ergebnisse von seismischen Vertikalprofilierungen aus der Umgebung des Untersuchungsgebietes herangezogen, sowie Resultate von Geschwindigkeitsmessungen (in Form von $\Delta t/t_0$ - Analysen),

Parameter-Diagramm-Auswertungen von Profisseismogrammen mit doppelter Korrelation und Phasenhäufigkeitsbestimmungen aus dem eigentlichen Meßgebiet zusammengestellt. Aus dem Vergleich dieser Untersuchungsergebnisse konnte geschlußfolgert werden, daß reelle Tiefenreflexionen aus dem Präzechstein bevorzugt in zwei Laufzeitbereichen zu erwarten sind.

Diese Information führte dazu, daß bei der Korrelation der Phasennachsen auf den Seismogrammen den erwähnten Laufzeitabschnitten besondere Beachtung in bezug auf Störungsanzeichen geschenkt wurde. Es stellte sich heraus, daß für diese Laufzeiten zugleich die auffälligsten Störungsindikationen zutreffen und daß diese stets in unmittelbarer Nachbarschaft von Versetzungen oder Korrelationsunterbrechungen des Z-Horizontes zu beobachten sind.

Auffälligstes Störungsmerkmal war die plötzliche Neigungsänderung bestimmter Phasennachsen bzw. das Auftreten von vereinzelt stärker geneigten Reflexionen, die horizontal liegende Phasennachsen durchqueren. Es kann sich hierbei um Diffraktionswellen an Verwerfungen im Präzechstein handeln (Abb. 14).

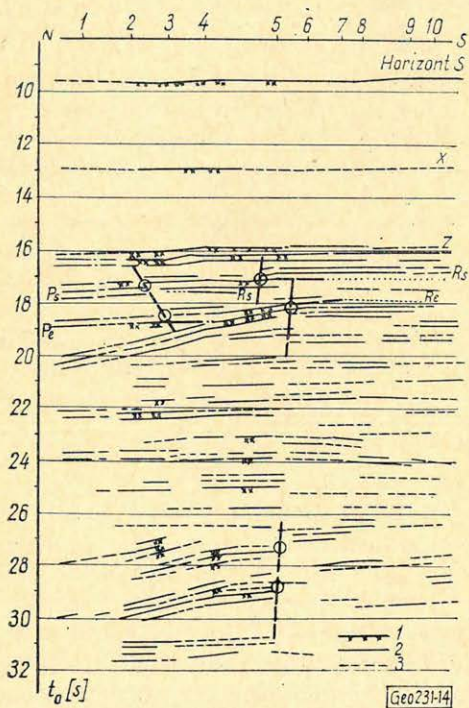


Abb. 14. Abschnitt eines reflexionsseismischen Laufzeitprofils mit geneigten Phasennachsen
14. ábra. Reflexiósszeizmikuskus útidőprofil ferde fázistengelyekkel

Фиг. 14. Отрезок временного разреза с наклонными осями синфазности

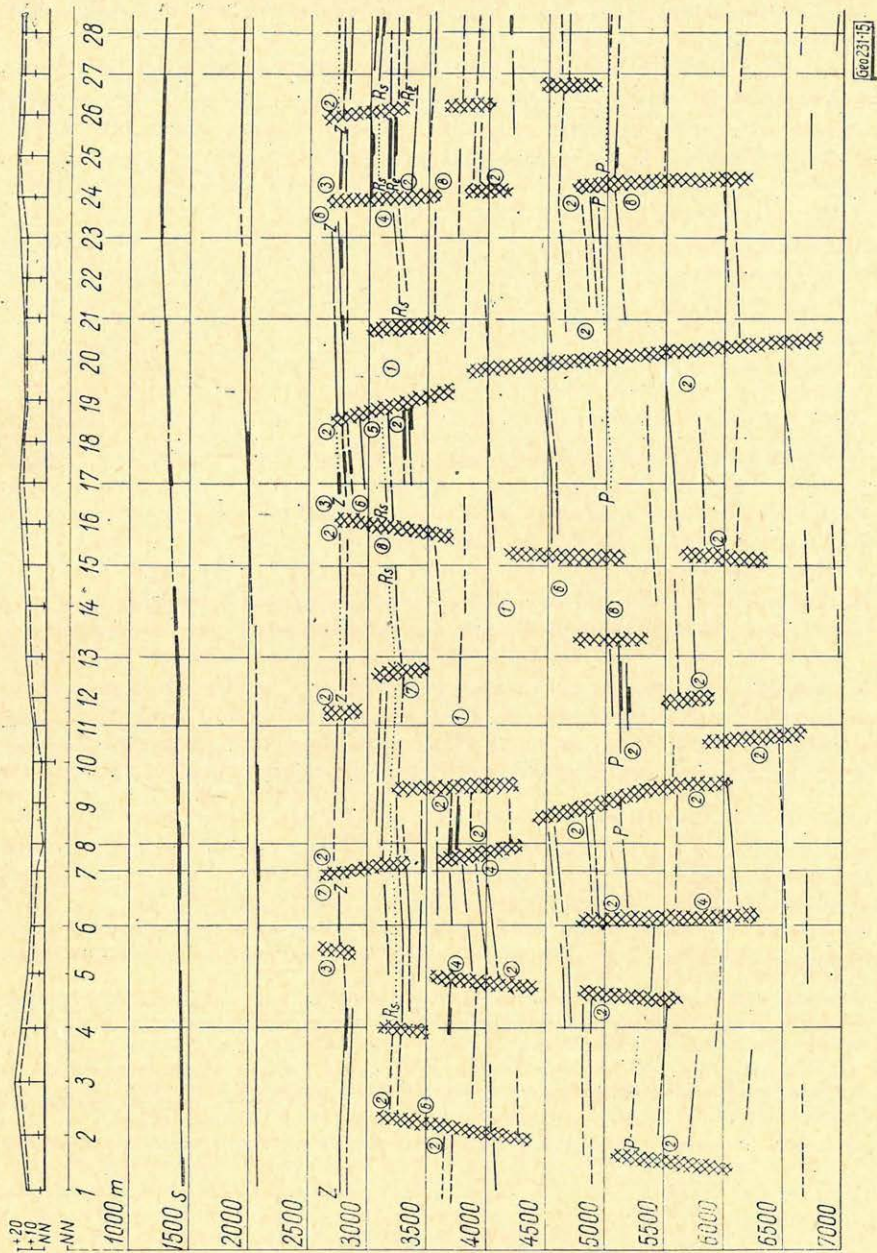


Abb. 15. Ausschnitt aus einem reflexionsseismischen Tiefenprofil mit Angabe des Tiefenbereiches der Störungsindikationen

15. ábra. Reflexiósszeizmikus mélység-profil részlete a diszkontinuitási indikációk mélységtartományának megadásával

Фиг. 15. Отрезок сейсмического глубинного разреза с указанием диапазона глубин с признаками наличия нарушений

Im Ergebnis der Störwellenanalyse wurden nach einem bestimmten Nummernsystem, das die Besonderheiten der einzelnen Störungsindikationen zum Ausdruck brachte, Störungssignaturen an den Stellen der Tiefenprofile eingezeichnet, an denen auf den entsprechenden Seismogrammen tatsächlich Störungsmerkmale der eingangs erwähnten Art zu erkennen waren. Bei der Interpretation der Meßergebnisse galten nur jene Profilabschnitte als sicher gestört, in denen sich in vertikaler Folge mehrere dieser Störungssignaturen befanden (*Abb. 15*).

Auf oberflächengeologisch oder technisch bedingte Qualitätsbeeinflussung wurde in diesem Zusammenhang besonders geachtet. Ein Vergleich mit Ergebnissen von benachbarten *RNP*-Profilen zeigte bezüglich der tektonischen Aussage über den tieferen Untergrund eine gute Übereinstimmung.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Mit einer eingehenden Wellenbildanalyse, die vor allem auf das Erkennen von Störungsanzeichen ausgerichtet war, erreichten wir in einem Untersuchungsgebiet im Norden der *DDR*

1. Angaben über das Vorhandensein tektonischer Störungen im Präzechstein,

2. die Gewinnung indirekter Anhaltspunkte für die Tiefenlage bzw. Laufzeit von reellen Reflexionsgrenzen unterhalb der Zechsteinbasis und

3. Hinweise auf Mehrfachreflexionen (vor allem dicht nach der Reflexion *Z*); Multiple ließen sich anhand ihres ruhigen Schwingungsbildes auf Profilabschnitten mit mehreren sicheren Störungsindikationen feststellen.

Darüber hinaus gelang es durch die Sichtung des gesamten späteren Laufzeitbereiches auf Störungsmerkmale rückwirkend die Deutung von Korrelationsunterbrechungen im Horizont *Z* als echte tektonische Störungen oder als bloße Interferenzeffekte zu sichern. Das ist insofern von großer Bedeutung, als der Horizont *Z* einen wichtigen Leithorizont im Norden der *DDR* darstellt.

LITERATURHINWEISE:

- Kovalevskij, G. L.*: Die Methodik der versetzten Schußpunkte für die Erforschung von Bruchstörungen. *Geologija i geofizika* 12 (1964), S. 108. . .110.
- Last, H.*: Beitrag zur seismischen Erkundung verdeckter tektonischer Störungen geringer Sprunghöhe im *Z*-Horizont. Seminararbeit (unveröffentlicht), Inst. f. Geophysikal. Erkundung u. Geologie d. *KMU* Leipzig 1968), 44 Seiten.
- Löser, G.*: Einige Kriterien für das Auffinden tektonischer Störungen aus reflexionsseismischem Primärmaterial. *VEB Geophysik* (Inst. f. Geophysikal. Erkundung u. Geologie (1967), 27 Seiten, 89 Lit. (unveröffentlicht).
- Löser, G.*: Methodik zur reflexionsseismischen Erkundung verdeckter tektonischer Störungen. Inauguraldissertation Math.-Nat. Fakultät d. *KMU* Leipzig (1968), 163 Seiten, 125 Lit. (unveröffentlicht).