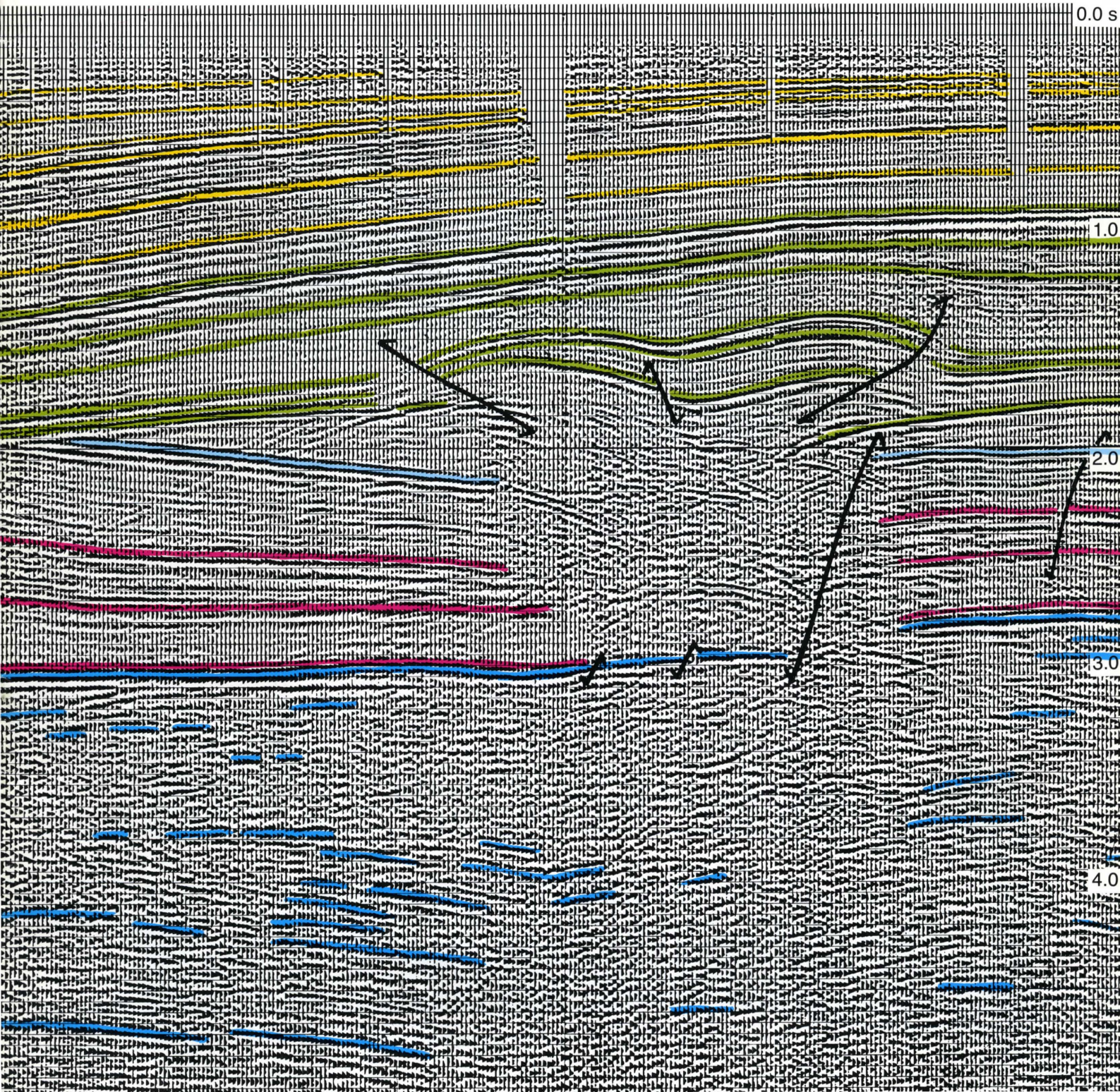
PRAKLA-SEISMOS GMBH

Seismic Interpretation



Allgemeines

Inhalt

Allgemeines und Auswertungsbeispiele	
Flächenseismik	
Refraktionsseismik	
Spezialuntersuchungen	
Strukturanalyse	

Contents

General and Interpretation Examples	1 – 9
3-D Seismics	10 – 17
Refraction Seismics	18 – 19
Special Investigations	20 – 22
Structural Analysis	23 – 24

Die Erforschung des Untergrundes der Erde, die schon seit Jahren wegen des ständig zunehmenden Rohstoff- und Energiebedarfs immer mehr intensiviert wird, hat in jüngster Zeit durch die zunehmende Verknappung des Erdöls weltweit neue entscheidende Impulse erhalten.

Das größte Hilfsmittel zur Untersuchung des Aufbaus der Erdkruste ist die angewandte Geophysik und hier besonders die Seismik, speziell die Reflexionsseismik. Die Ergebnisse, welche durch die seismischen Messungen und die anschließende Datenverarbeitung gewonnen werden, bedürfen einer exakten und fachgerechten Interpretation; erst dann gewinnen sie Aussagekraft, werden sie verständlich und anschaulich. Obwohl die großen Fortschritte in der Datenverarbeitung auch für die Auswertung der Meßergebnisse in zunehmendem Maße Hilfe durch Automatisierung bringen, bleibt die Interpretation durch den Menschen nach wie vor unersetzbar.

Der Auswertung seismischer Messungen ist von PRAKLA-SEISMOS schon immer größte Aufmerksamkeit entgegengebracht worden. Die Tatsache, daß die geologischen Verhältnisse im Untergrund Deutschlands sehr vielfältig und weithin auch kompliziert sind, bedeutet, daß die hier ausgebildeten Auswerter durch eine denkbar gute Schule gegangen sind, ehe sie mit der Auswertung von Messungen in anderen Gebieten der Erde betraut werden und weitere Erfahrungen sammeln. Der weltweite Einsatz dürfte mit ein Beweis für die Leistungsfähigkeit der Auswerter von PRAKLA-SEISMOS sein. Zur Zeit sind sie in vielen Ländern, verteilt über alle fünf Erdteile, tätig. Die Auswertungsabteilung hat erfahrene Fachleute (Geophysiker, Geologen, Vermessungs- und Bergingenieure, Techniker und Zeichner), die den Auftraggebern bei der Lösung ihrer Auswertungsprobleme helfen, ganz gleich, ob es sich um

- Reflexionsseismik
  - Landmessungen
  - Seemessungen
  - Unterschießungen
  - 3D-Seismik
- Refraktionsseismik
- Untertagemessungen
- Grenzflächenbestimmungen

handelt.

The subsurface exploration of the Earth, which has been increasing over the years due to the growing demands for raw materials and energy, has recently been intensified because of the world-wide oil shortage.

The most important method used in investigating the upper layers of the earth's crust is applied geophysics, mainly seismics, and in particular reflection seismics. The results yielded by seismic surveys and subsequent data processing need to be accurately and skillfully interpreted; only then can they provide a comprehensible and clear scientific result. Although important advances in data processing have provided increasing assistance by enabling automation in the interpretation of survey results, the human interpreter remains as indispensible as ever.

The interpretation of seismic surveys has always been regarded by PRAKLA-SEISMOS as of the greatest importance. The variety and complexity of geological structures found in Germany have provided PRAKLA-SEISMOS' interpreters with broad based experience and have prepared them for almost every interpretational problem which may be encountered. Their world-wide employment indicates the degree of confidence which clients have in the high standard of PRAKLA-SEISMOS' interpreters.

At present they work in many lands, in every continent. The Interpretation Department has experienced experts (geophysicists, geologists, land surveyors and mining engineers, technicians and draughtsmen) who are engaged in solving the clients' interpretation problems, no matter whether they involve:

- Reflection seismics
  - Onshore surveys
  - Offshore surveys
  - Undershooting
  - 3-D seismics
- Refraction seismics
- Underground seismic surveys
- Seismic determination of the boundaries of irregular geological bodies (e.g. salt domes, intrusions etc.).

Titelseite: Seismogrammprofil, senkrecht zur Verbindungslinie zwischen zwei engbenachbarten Salzstöcken

Title page: seismogram section, perpendicular to a line between two adjacent salt stocks

Außerdem werden von Korrekturgruppen der Auswertungsabteilung im engen Kontakt mit dem jeweiligen seismischen Feldtrupp und dem Datenzentrum statische Korrekturen – hauptsächlichen für VIBROSEIS*-Messungen – berechnet, die eine wesentliche Grundlage für die Herstellung einwandfreier reflexionsseismischer Sektionen sind. Hierbei werden soviel Daten wie möglich herangezogen: Ersteinsätze, Nahlinien, Aufzeiten, Reflexionen, geologische Aufschlüsse usw. PRAKLA-SEISMOS hat derzeit insgesamt 51 Auswertungs- und 9 Korrekturgruppen im Einsatz.

Den Auswertungs- und Korrekturgruppen stehen in der Zentrale in Hannover eigens mehrere Kleinrechenanlagen mit Zusatzgeräten zur Verfügung. Diese werden u. a. eingesetzt bei der Berechnung von statischen Korrekturen, bei der Umrechnung von Lotzeiten in Tiefen sowie deren Darstellung und ermöglichen auch durch Bildschirm-Dialog eine interaktive Auswertung.

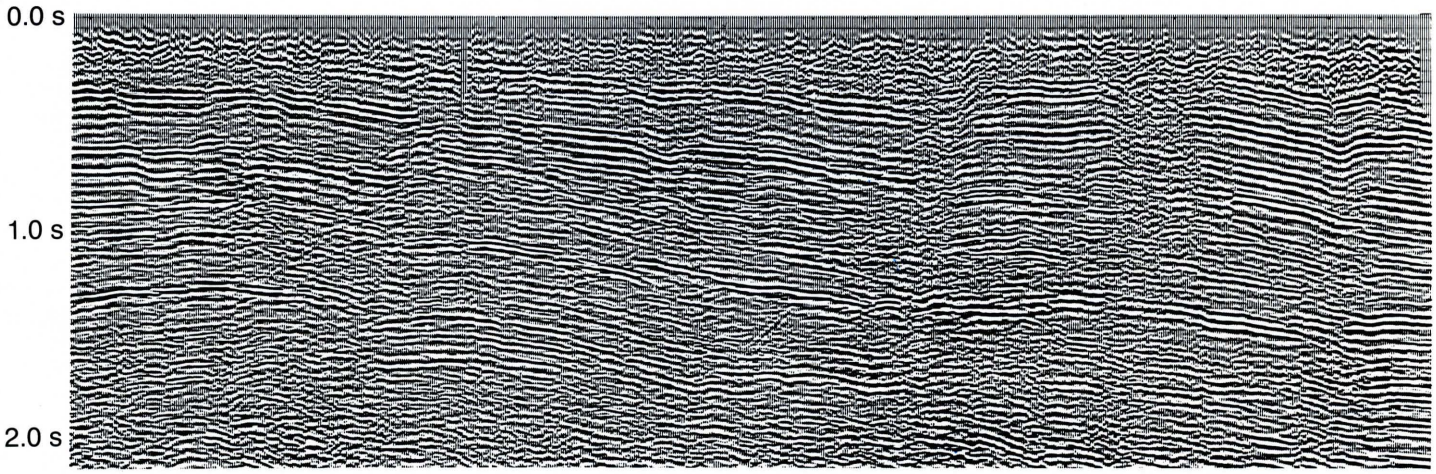
Es ist verständlich, daß bei der Vielfalt der Auswertungsprobleme kein allgemein gültiges Schema zur Anwendung kommen kann, sondern daß eine individuelle Auswertung entsprechende Methoden verlangt.

Furthermore, correction groups in the Interpretation Department, working in close contact with the respective seismic field crew and the data centre, compute static corrections, mainly for VIBROSEIS*surveys. This work is of importance in producing optimum reflection seismic sections. As many data as possible are drawn upon to compute the statics (e.g. first arrivals, short refraction lines, uphole times, reflections, geological information, etc.).

At present PRAKLA-SEISMOS employs a total of 51 interpretation and 8 correction groups. In the Hannover centre mini computers with ancillary equipment are exclusively available to the interpretation and correction groups. These computers are used for the calculation of static corrections, for time-depth conversions, and their presentation, and interactive interpretation through screen display.

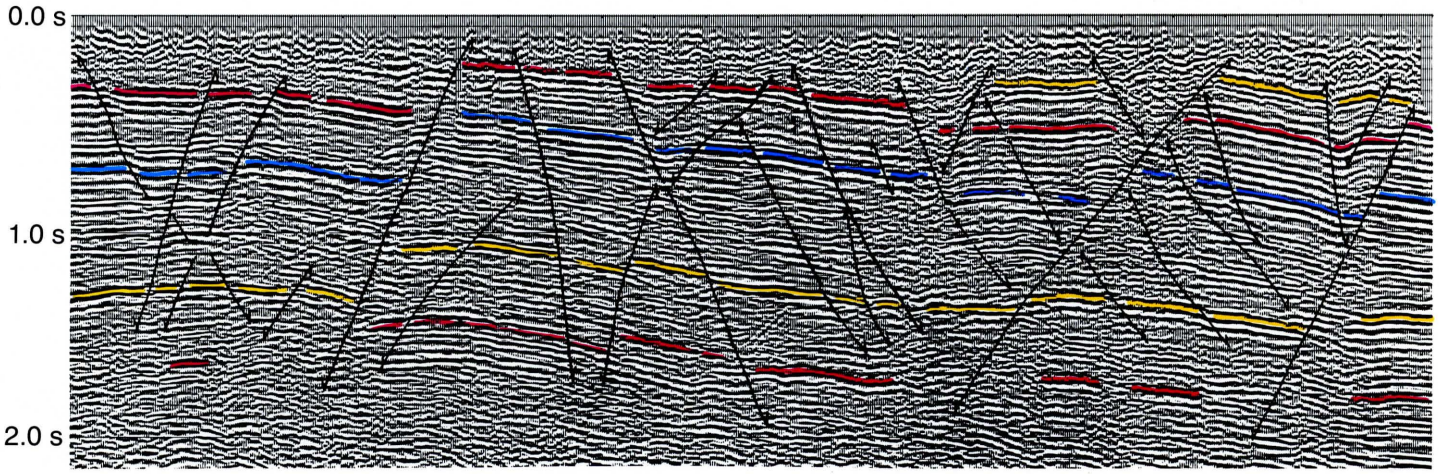
Of course, no single generally valid procedure can solve widely differing interpretation problems. Every individual interpretation requires its own specific method.

* Trademark of Continental Oil Company



Auswertung eines Zeitprofils mit Bruchtektonik im Rheintalgraben

Interpretation of a time section showing fault-tectonics in the Rhine Graben



Allgemeines

Hier soll kurz umrissen werden, wie im allgemeinen eine reflexionsseismische Auswertung etwa abläuft:

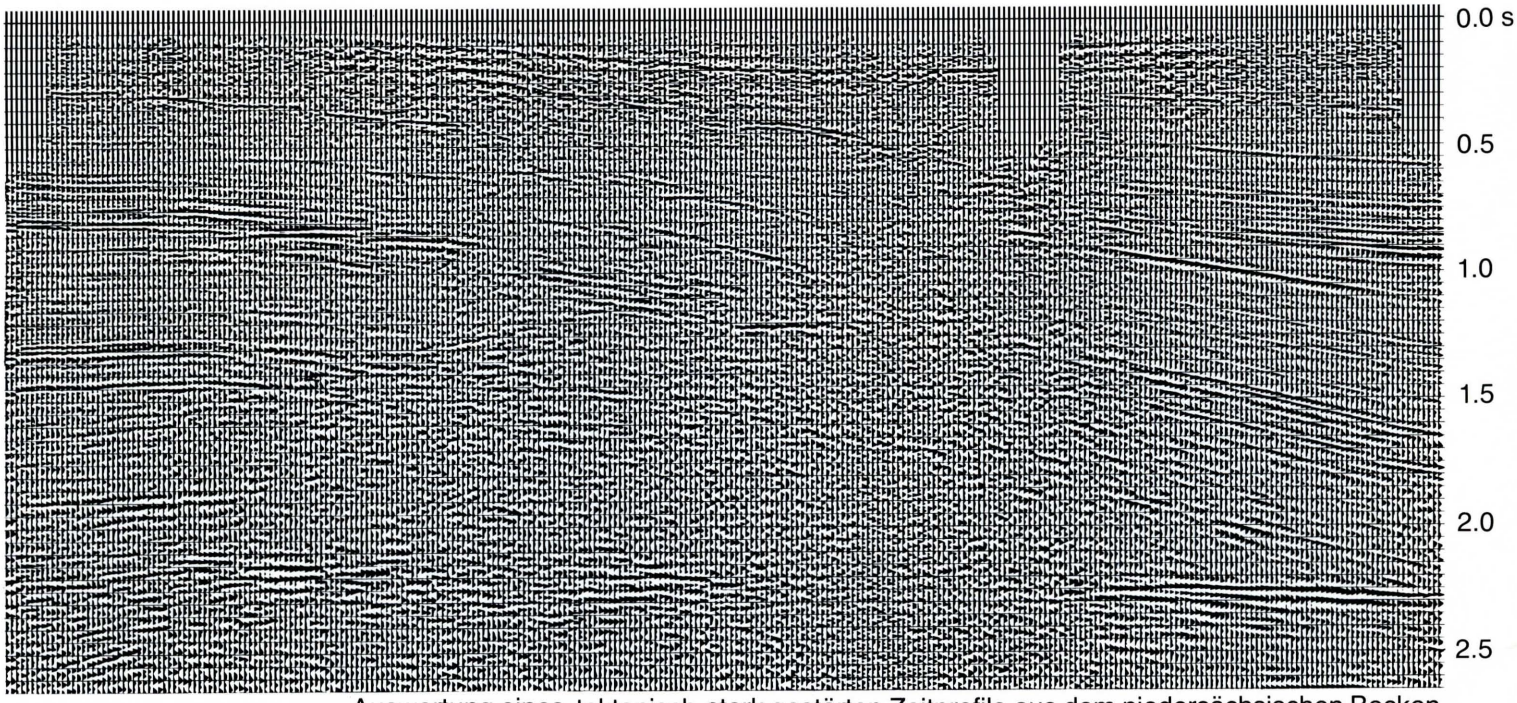
In den Seismogrammprofilen werden die Reflexionen angerissen und bezeichnet. Hinter dieser knappen Aussage verbirgt sich die wesentliche Arbeit des Auswerters, die eigentliche »Kunst« des Auswertens. Eine vielseitige und langjährige Erfahrung des Auswerters ist hierbei von sehr großer Bedeutung, gilt es doch,

- die interessierenden primären Reflexionen von Mehrfachreflexionen, Diffraktionen, reflektierten Refraktionen, Seiteneffekten und anderen Störwellen zu unterscheiden,
- besonders in Gebieten mit komplizierter Tektonik die Reflexionen richtig zu korrelieren,
- die im Zeitprofil gegenüber einem Tiefenschnitt zwangsläufig auftretenden Verzerrungen zu erkennen und sinnvoll zu interpretieren.

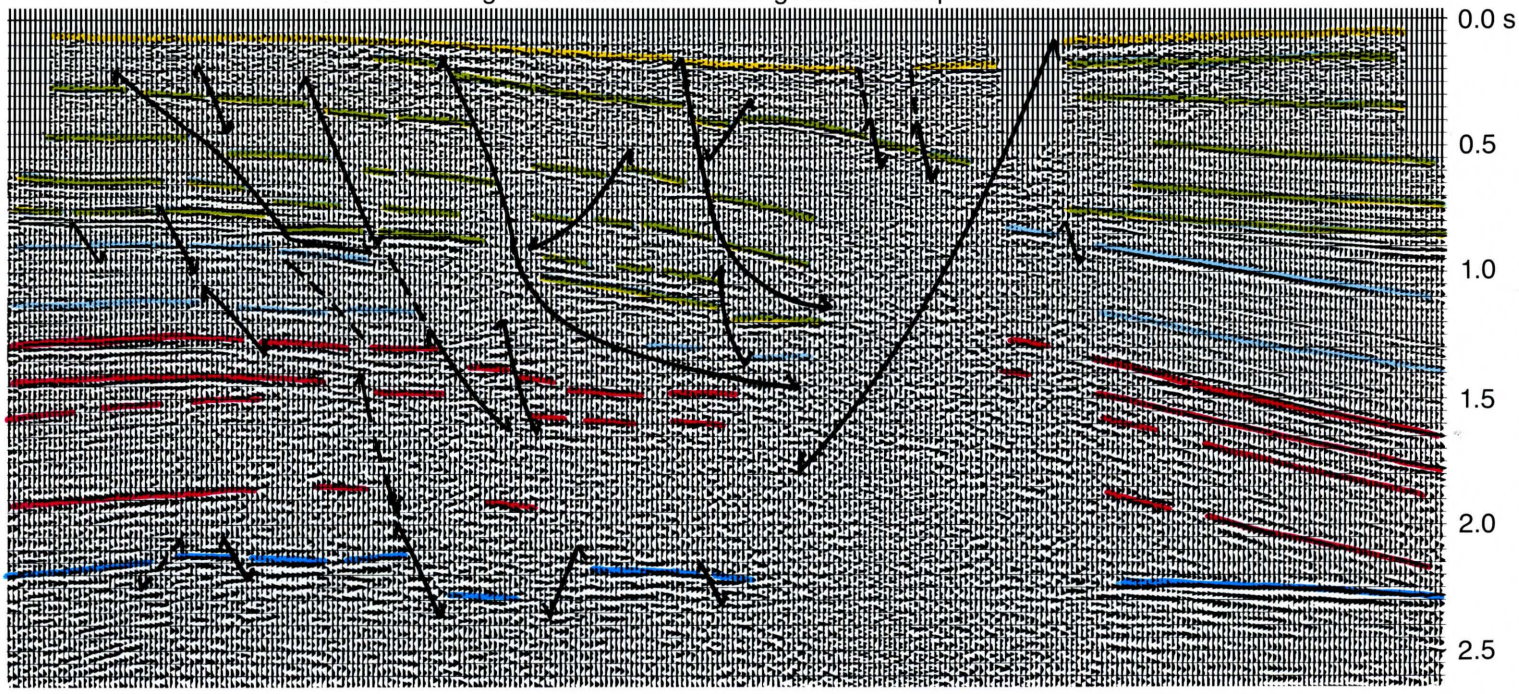
There follows a short description of how a reflection seismic interpretation is carried out:

The reflections are picked and marked on the seismogram sections. This short statement represents the essential element in the work of an interpreter, the real "art" of interpretation. Broad experience over many years is of very great importance for the interpreter when dealing with problems such as:

- distinguishing the primary reflections of interest from multiple reflections, diffractions, reflected refractions, side effects and other interferences
- correlating reflections in tectonically complex areas correctly
- recognizing and meaningfully interpreting distortions which always occur in time sections as opposed to depth sections.



Auswertung eines tektonisch stark gestörten Zeitprofils aus dem niedersächsischen Becken



Interpretation of a section from the Lower Saxonian Basin showing major faulting

Der erfahrene Seismiker richtet bei der Auswertung sein Augenmerk besonders auf die transgredierenden und ausbeißenden Horizonte, die unterschiedlichen Typen tektonischer Störungen, die Anzeichen für Riffe und auf die Veränderungen des Reflexionscharakters als möglichen Hinweis auf Fazieswechsel oder als direkte Indikation für Kohlenwasserstoffe.

Beispiele für die Auswertung von Profilen aus tektonisch stark gestörten Gebieten sind auf den Seiten 3 und 4 abgebildet.

Aufgrund der ausgewerteten Seismogrammprofile werden nun Zeitpläne, also Pläne mit Linien gleicher Laufzeiten bezogen auf ein bestimmtes Niveau, für interessierende Reflexionshorizonte angefertigt. Hieraus lassen sich für gewünschte Horizontintervalle Zeitdifferenzpläne gewinnen. Mit Hilfe von Geschwindigkeitsgesetzen, die in der Regel auf Ergebnissen von Geschwindigkeitsmessungen in Tiefbohrungen basieren, werden nun die in Form von Seismogrammprofilen vorliegenden gemessenen Zeitprofile oder auch die aus Zeitplänen entwickelten sogenannten interpolierten Zeitprofile in Tiefenprofile umgewandelt. Dies geschieht unter exakter Berücksichtigung der zweidimensionalen Strahlenbrechung und -krümmung unter Einsatz einer Rechenanlage. Die Darstellung erfolgt mit einem Zeichenautomaten. Schließlich werden nun auf der Grundlage von Tiefenprofilen unter Berücksichtigung der räumlichen Verschwenkung Tiefenpläne für die gewünschten Horizonte hergestellt. Aus Tiefenprofilen und Tiefenplänen werden erforderlichenfalls Mächtigkeits- und Tiefendifferenzpläne abgeleitet. Die Ergebnisse der Auswertung werden in einem Bericht zusammengefaßt, der alle angefertigten Anlagen enthält.

Ein Beispiel für die Darstellung von Auswertungsergebnissen ist auf den Seiten 6 und 7 dargestellt.

Die Auswertungsgruppen sind bestrebt, alle zur Verfügung stehenden Hilfsmittel für die Auswertung zu verwenden; hierbei kann es sich um Hilfsmittel handeln, die der Auftraggeber zur Verfügung stellt, z. B. Geschwindigkeitsmessungen in Tiefbohrungen, geologische Schichtenverzeichnisse von Bohrungen, Angaben über bergmännische Aufschlüsse, oder um Hilfsmittel, die das Datenzentrum liefert, z. B. verschiedene Geschwindigkeits-, Frequenz- oder Amplitudenanalysen, Migrationen, synthetische Seismogramme u. a.

Mit den abgebildeten Auswertungsbeispielen sowie den kurzen Ausführungen über Flächenseismik, Refraktionsseismik, Spezialuntersuchungen und Strukturanalysen soll ein kleiner Einblick in die vielfältigen, sehr unterschiedlichen Probleme gegeben werden, mit deren Lösung sich die Auswerter seismischer Messungen zu befassen haben.

The experienced seismologist brings his special skills to bear when interpreting unconformities and outcropping horizons, different types of geological faulting, reef-indications, and changes of reflection character, either as a possible pointer to facies changes or as a direct indicator of hydrocarbons.

Examples of interpreted sections from areas containing evidence of major tectonic movements are illustrated on pages 3 and 4.

From the interpreted seismic sections, time-maps are now prepared. In these maps, contours are drawn to link points of equal traveltime for horizons of prospective interest. From such maps, time-difference maps can also be derived for the interval between chosen horizons. By means of a velocity distribution, generally based on well-velocity surveys, the actual time-sections or interpolated time-sections, derived from time maps, are now converted into depth sections. This is usually carried out by a computer which calculates precisely the 2-dimensional ray curvature and refractions, the results being displayed by a plotter. Finally, depth contour maps for the respective horizons are drawn on the basis of depth sections, taking account of cross-dip effects. From depth contour maps and depth sections, thickness and depth interval maps can be derived where desired. The interpretation results are described in a report which also contains all the enclosures which have been prepared.

An example of the presentation of interpretation results is shown on pages 6 and 7.

The interpretation groups endeavour to apply all available auxiliary aids to the interpretation. These include aids which clients make available, for example velocity surveys from wells, geological borehole-logs, and mining data. Special processing from the data centre can also be drawn upon, for example various analyses concerning velocities, frequencies and amplitudes, migration results and synthetic seismograms.

With the illustrated interpretation examples, as well as the short descriptions of 3-D seismics, refraction seismics, special investigations and structural analyses, an insight is given into the many different problems with which a seismic interpreter is confronted.

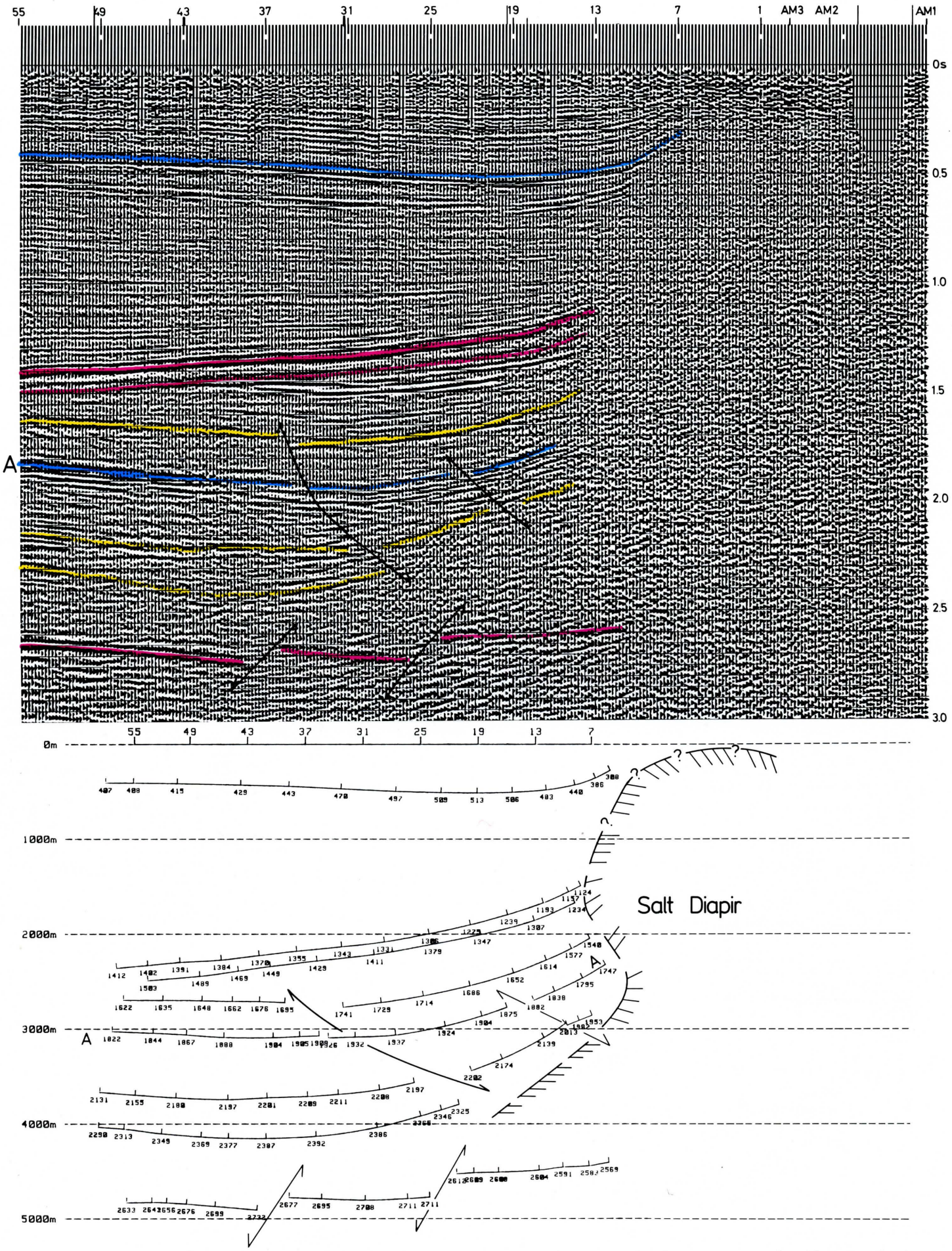
Den folgenden Firmen sei für die Freigabe der benutzten Abbildungen gedankt:

BEB Gewerkschaften Brigitta und
Elwerath Betriebsführungsgesellschaft mbH
Bergbau AG Niederrhein
Bergbau AG Westfalen
C. Deilmann AG
DEMINEX – Deutsche Erdölversorgungsgesellschaft mbH
Deutsche Schachtbau- und Tiefbohrgesellschaft mbH
Deutsche Texaco AG
Gelsenberg AG

Thanks are due to the following companies for permission to use the material displayed:

Hermann von Rautenkranz –
Internationale Tiefbohrges. mbH u. Co. KG – ITAG
Mobil Oil AG in Deutschland
Oljeprospektering AB
Preussag AG
Ruhrgas AG
Wintershall AG
Konzessionsinhaber des Nordseeprofils
Permit holders of the North Sea section.

Darstellung von Auswertungsergebnissen

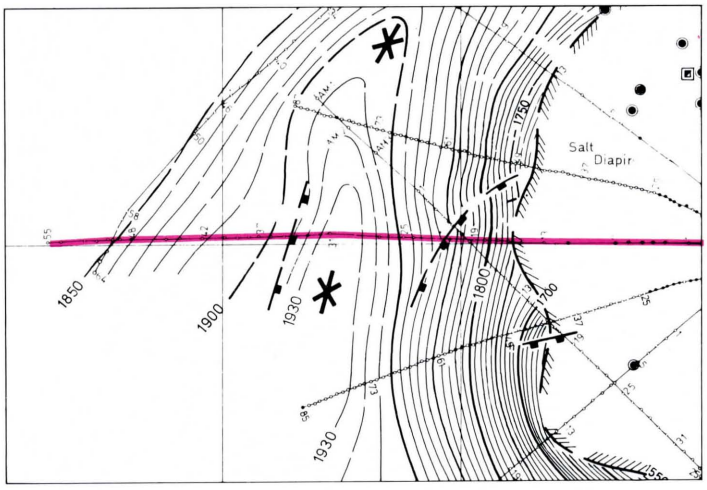


oben: ausgewertetes Seismogrammprofil (Zeitprofil)

unten: entsprechendes Profil in Tiefendarstellung, berechnet mit dem Programm MIGB und vom Plotter gezeichnet

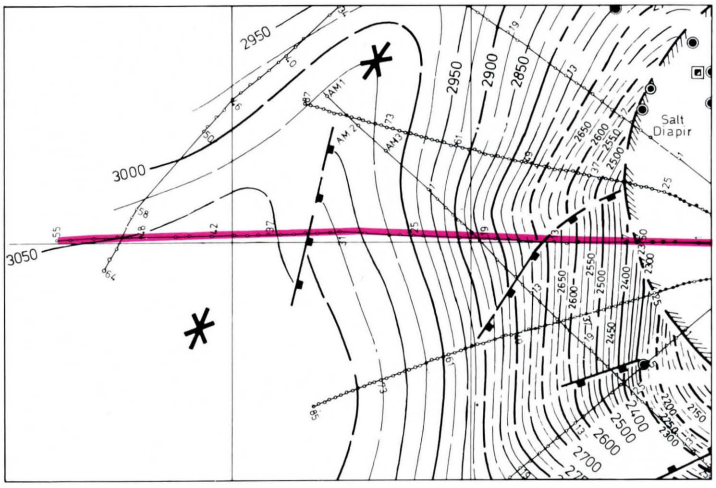
top: interpreted seismogram section (time section)

bottom: corresponding section in depth presentation computed with the MIGB program and drawn by plotter



Ausschnitt aus dem Zeitplan für Horizont A

part of the time map of horizon A



Ausschnitt aus dem Tiefenplan für Horizont A

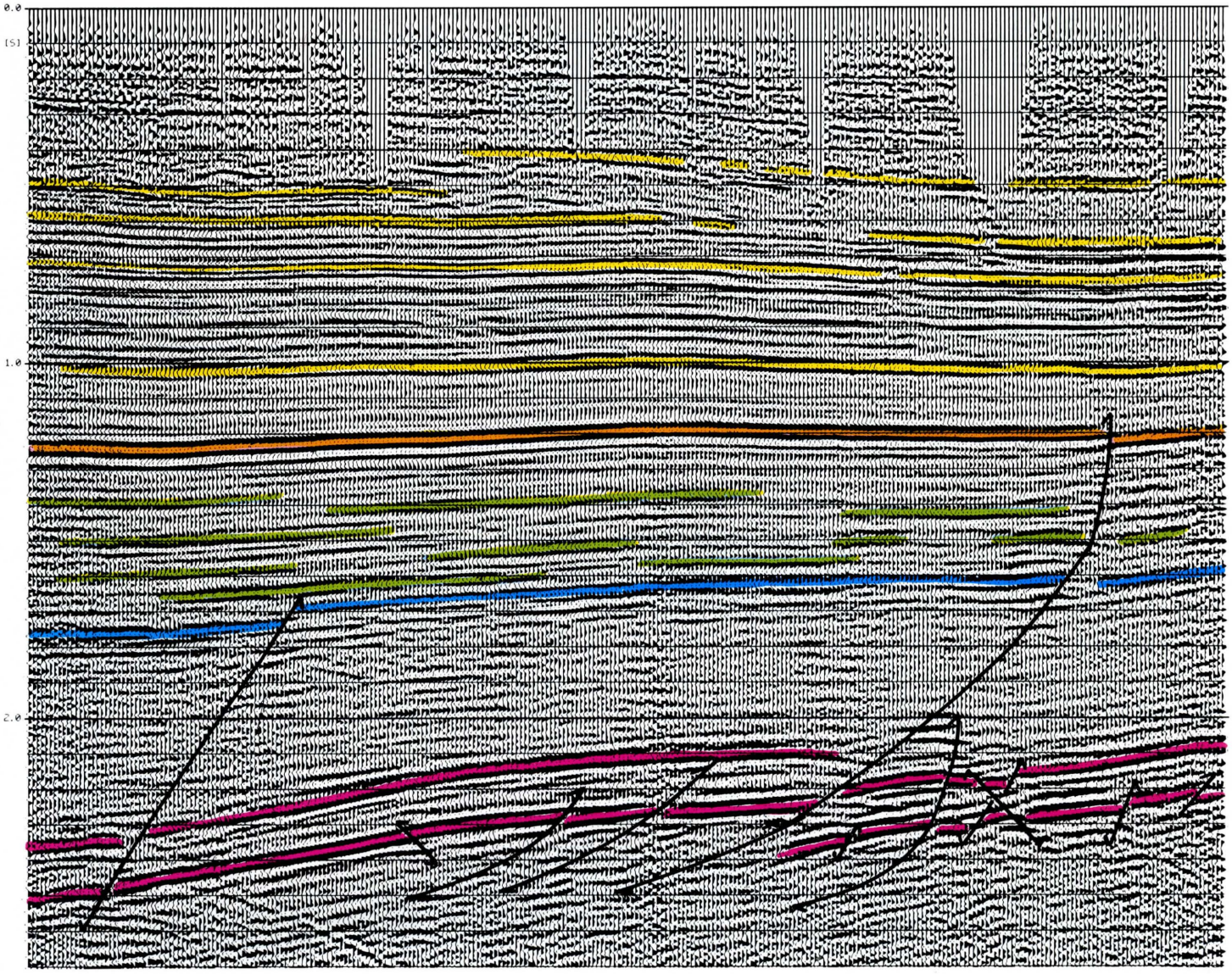
part of the depth map of horizon A

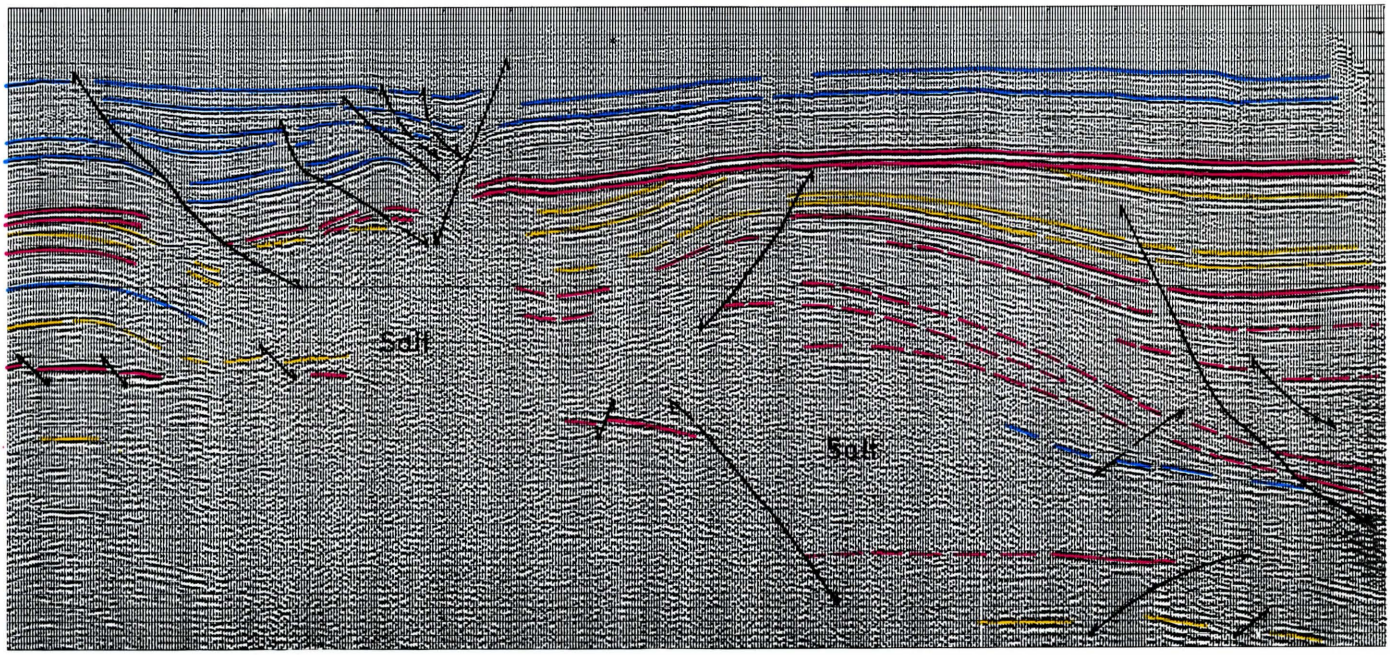
Alpenvorland

Alpine Foreland

Seismogrammprofil aus dem deutschen Alpenvorland, im unteren Teil gestört

Seismogram section from the German Alpine Foreland, showing faults in the lower horizons





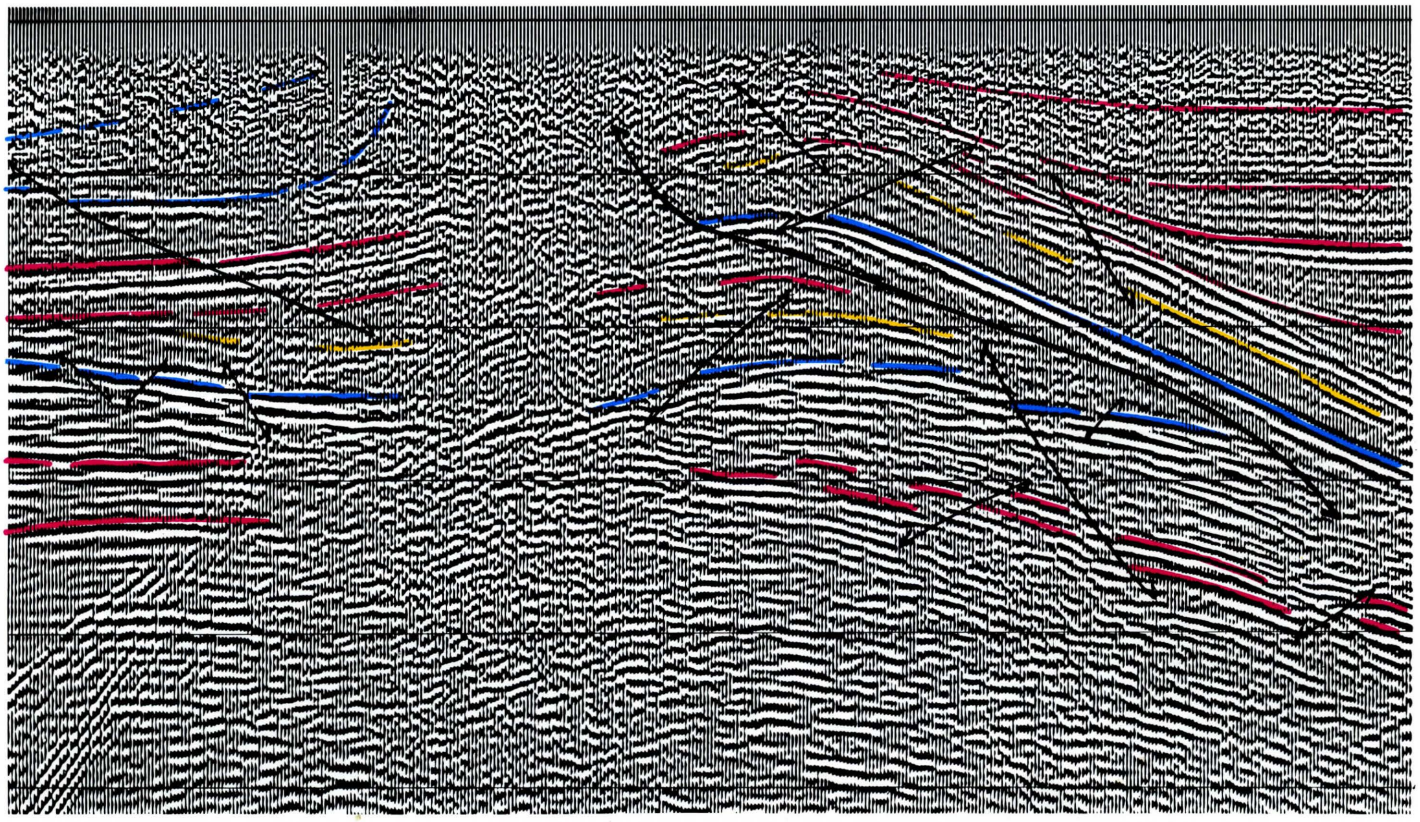
Seismogrammprofil aus Schleswig-Holstein mit großer Verwerfung in den tieferen Schichten und Salztektonik im Oberbau

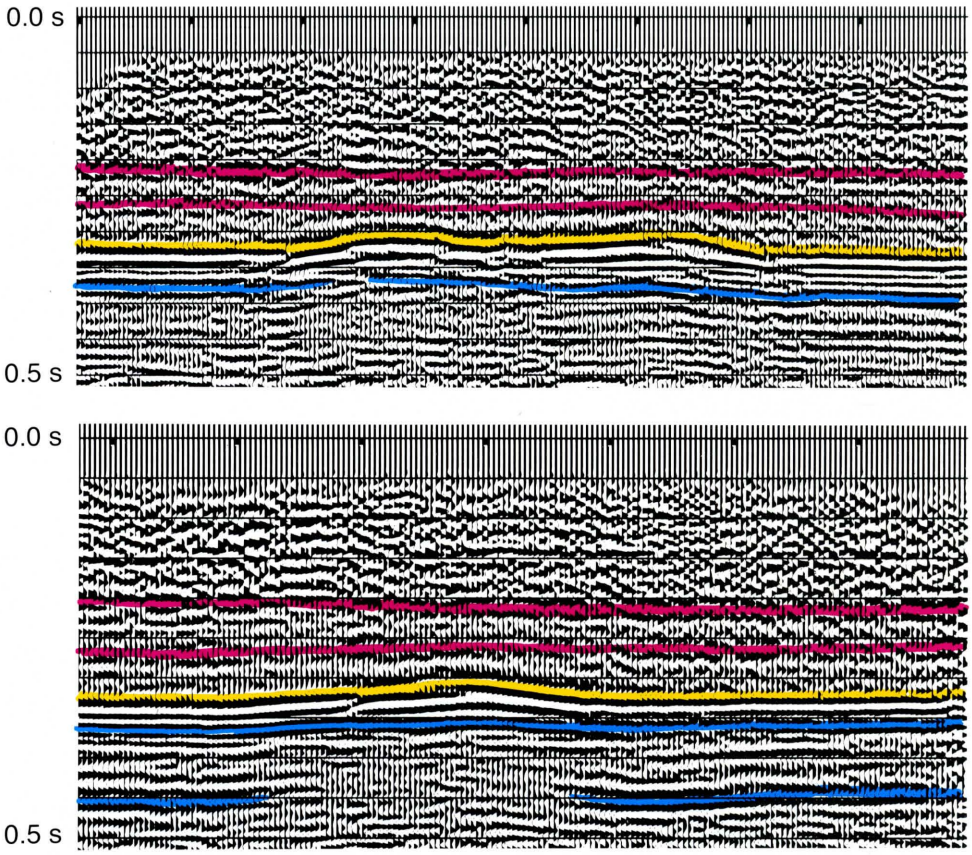
Seismogram section from Schleswig-Holstein showing different stages of salt structure development on the upthrown and downthrown blocks of a large fault

Überschiebung Overthrust

Seismogrammprofil aus NW-Deutschland mit großer und weiter Überschiebung, als Interpretationshilfe diente das Programm-System ASP (Geschwindigkeitsstudien).

Seismogram section from NW Germany with large and extended overthrust; program-system ASP was used as an aid to interpretation (velocity studies).





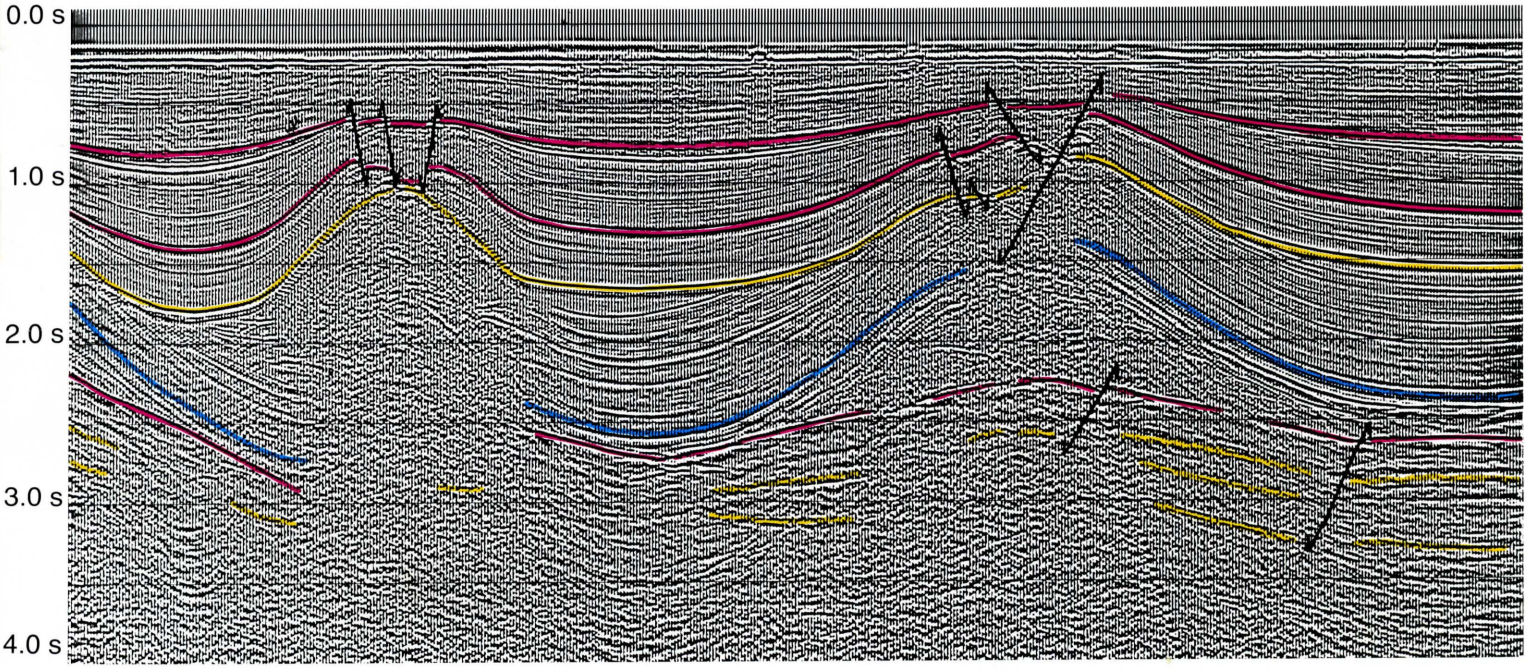
Seismogrammprofile mit ausgeprägten Riffen
Seismogram sections showing reef evidence

Seeseismik

Marine Seismics

Seismogrammprofil aus der deutschen Nordsee

Seismogram section from the German North Sea



Flächenseismik

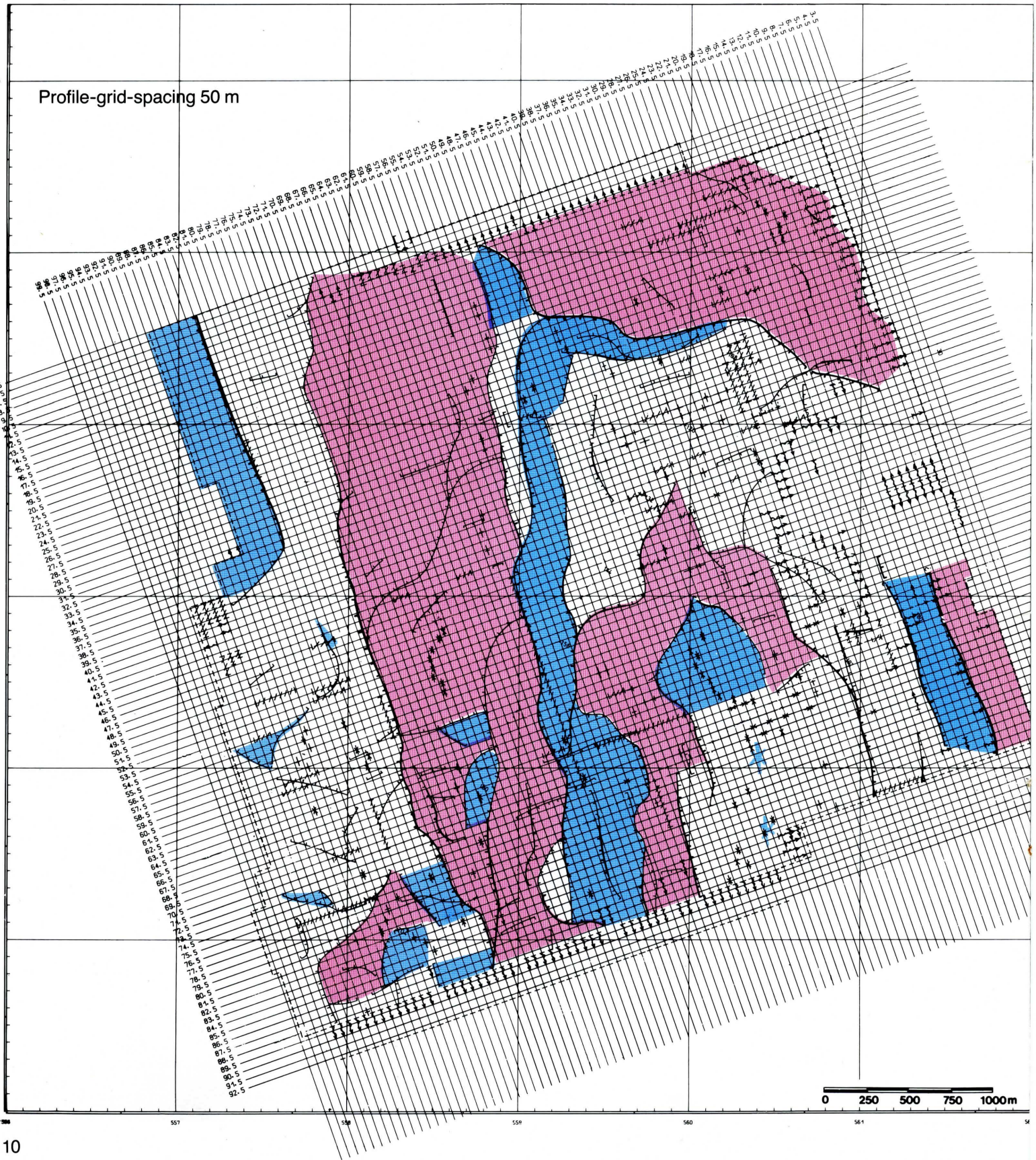
Feintektonik

High Resolution Fault Analysis

Im Gegensatz zu herkömmlichen reflexionsseismischen Messungen mit einem meist weitmaschigen, unregelmäßigen Profilnetz wird bei der 3D-Seismik eine flächenhafte Vermessung vorgenommen, die zu einem regelmäßigen und engen Raster von Untergrundpunkten führt. Nach der speziellen Datenverarbeitung solcher Messungen steht für die Interpretation eine sehr große Zahl von meist 2D- oder 3D-migrierten Zeit- und Tiefenprofilen in zwei senkrecht aufeinanderstehenden Richtungen zur Verfügung. Auf Wunsch können aber auch in beliebigen anderen Richtungen Profile dargestellt werden. Links unten ist der Störungsplan der Karbonoberfläche einer 3D-Messung im Ruhrgebiet dargestellt. Mit einem 50 m-Untergrundraster wurde eine außerordentliche große Informationsdichte erreicht, die eine detaillierte Kartierung von z.T. auch kleinen Abschiebungen ermöglichte. Unten rechts ist eine Anzahl in 50 m-Intervallen aufeinanderfolgender Zeitprofile dargestellt.

Störungsplan der Karbonoberfläche

Fault Map of the Top Carboniferous



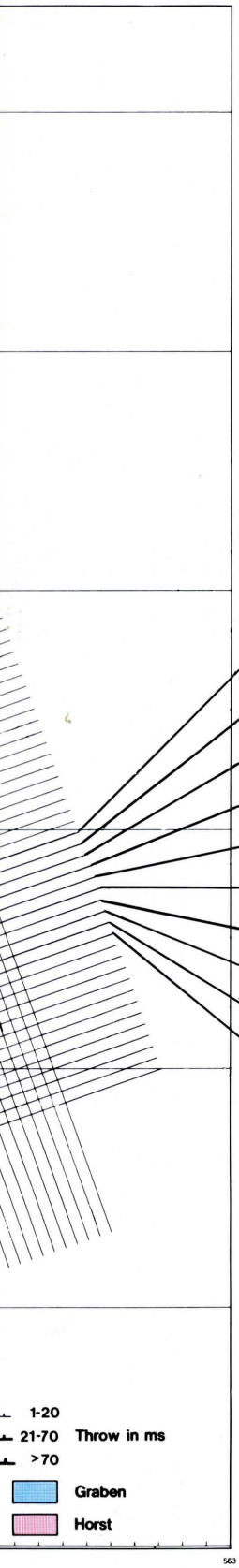
Kulissenprofile

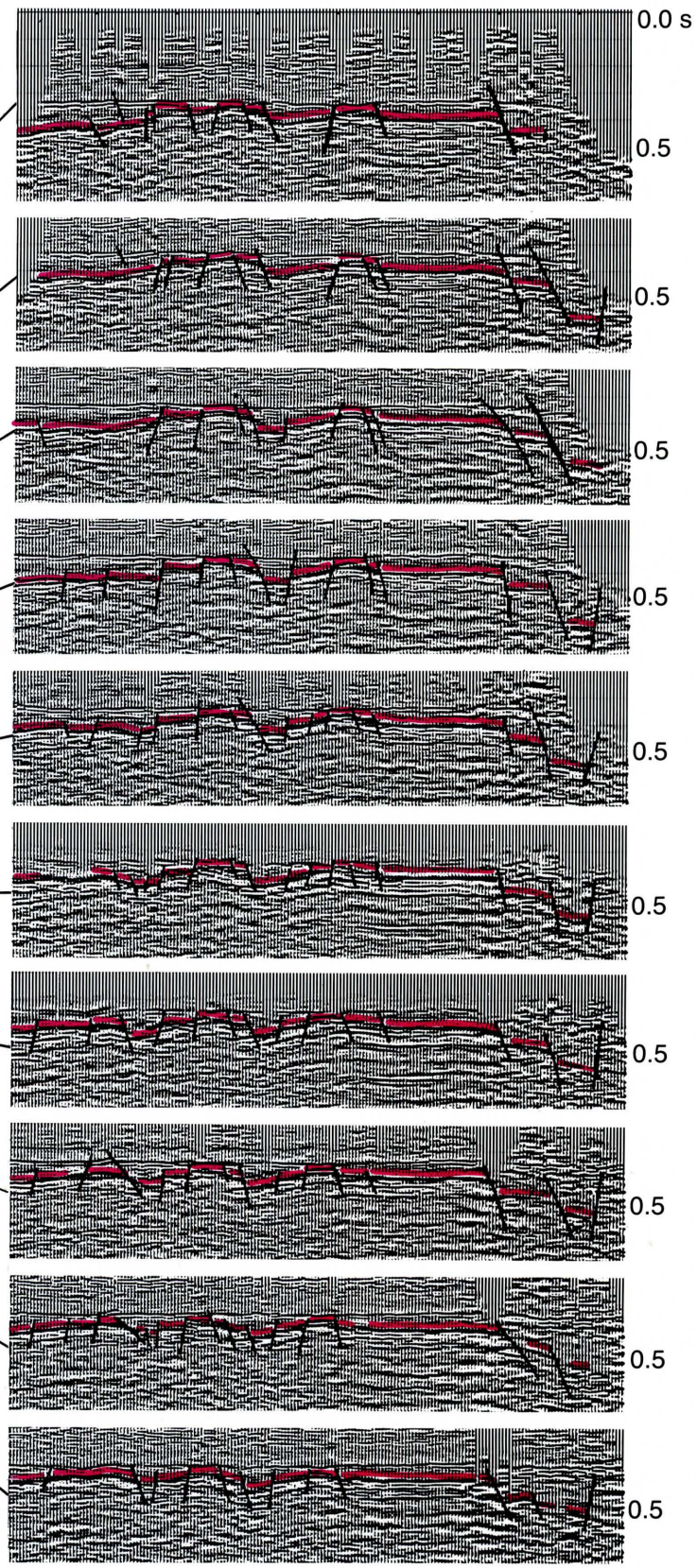
Echelon Profiles

In contrast to conventional reflection seismic surveys which usually have a wide and irregular line network, 3-D seismics deals with an areal survey which leads to a regular and dense subsurface coverage. After special data processing of such surveys a very large number of mainly 2-D or 3-D migrated time and depth sections is made available for interpretation in two perpendicular directions or in any other arbitary direction. Below on the left the fault map of the Top Carboniferous from a 3-D survey in the Ruhr district is shown. From a 50 m subsurface grid an unusually high information density was obtained,which enabled the detailed mapping of even small faults. Below right a number of successive time sections at 50 m intervals is presented.

Kulissenprofile (50 m Abstände)

Profile sequence (50 m intervals)

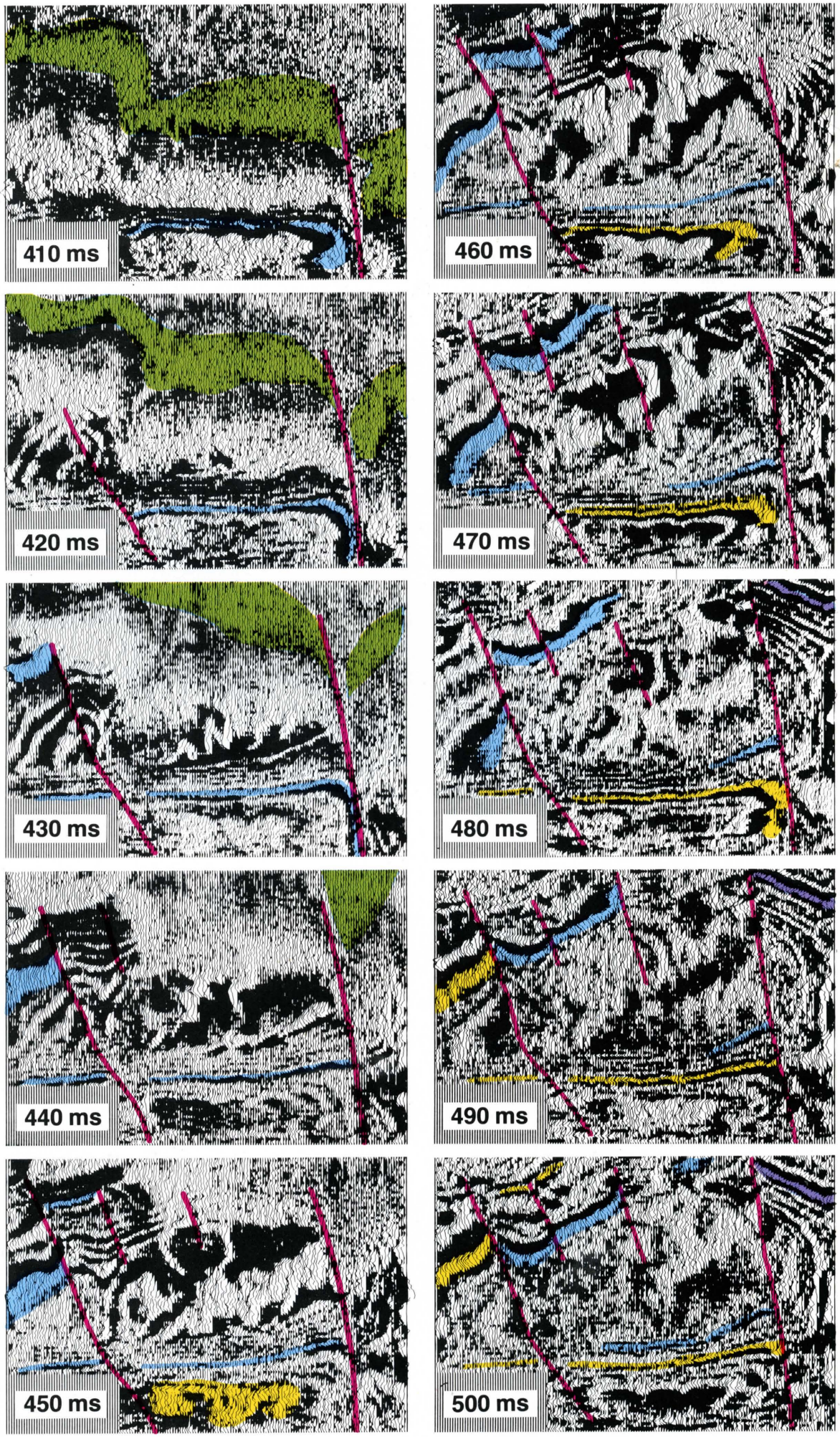




Zeitscheiben

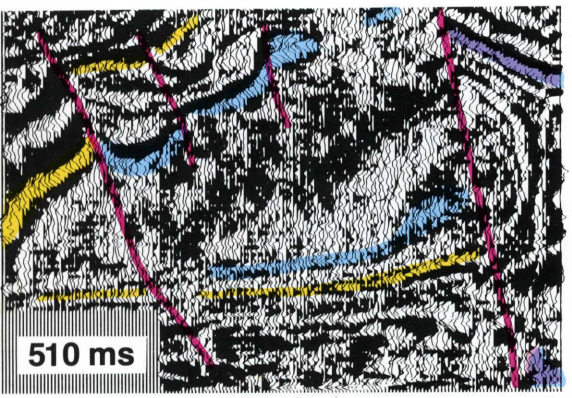
Bei Anwendung der 3D Finite-Difference-Migration können horizontale Schnitte ausgegeben werden. Nebenstehend ist eine Folge von solchen Schnitten im Zeitbereich mit Abständen von jeweils 10 ms – ebenfalls aus dem Ruhrkarbon – abgebildet. Sie veranschaulichen sehr eindrucksvoll das Lagerungsbild der Deckgebirgsbasis (grün) und von vier Horizonten aus dem Oberkarbon (violett, blau, gelb und orange) sowie wesentliche Abschiebungen (rot) im Laufzeitbereich von 410 bis 600 ms. Zur Verdeutlichung der räumlichen Beziehungen zwischen Horizontal- und Vertikalschnitten ist der horizontale 530 ms-Zeitschnitt auf der folgenden Seite in größerem Maßstab und mit detaillierterer Auswertung je einem ausgewählten Vertikalschnitt in den Richtungen A-B und C-D gegenübergestellt.

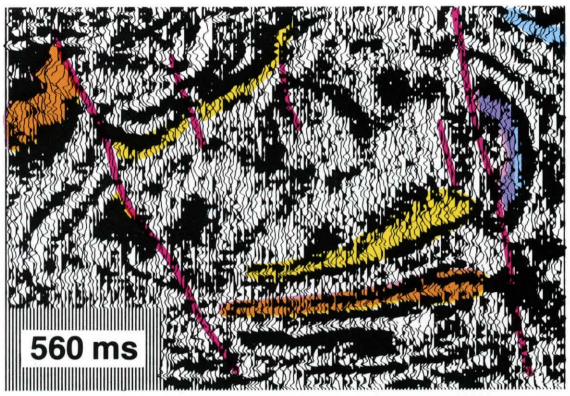
Besonders deutlich treten in der Horizontalschnittfolge die Langzeit-(Mulden-)Strukturen für den blauen Horizont von 460 ms bis 550 ms und für den gelben Horizont von 500 ms bis 600 ms hervor, wobei der jeweils betreffende Horizont mit wachsender Laufzeit mehr und mehr zusammenrückt. Bei Kurzzeit-(Sattel-)Strukturen ist die entgegengesetzte Veränderung der Horizonte zu beobachten; gute Beispiele hierfür sind der gelbe und der orange-farbige Horizont, beginnend mit 450 ms bzw. 520 ms.

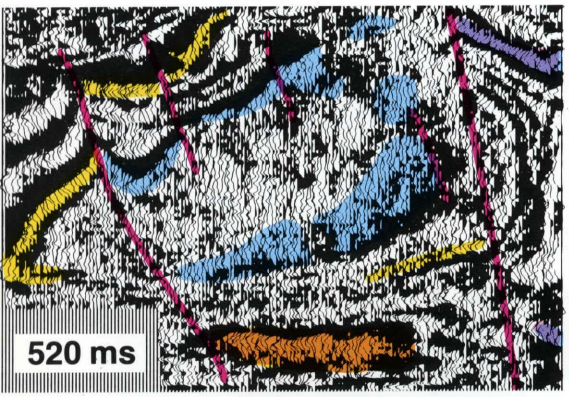


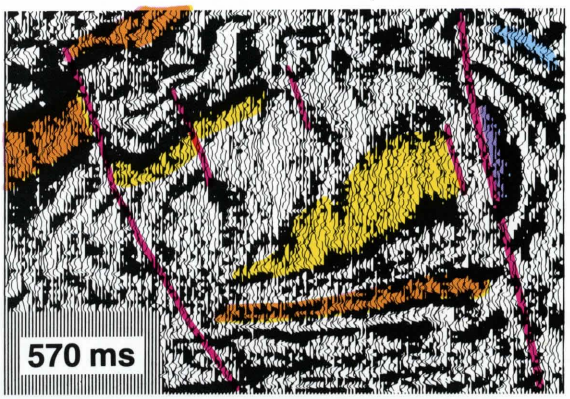
Horizontale Zeitschnitte in 10 ms-Abständen

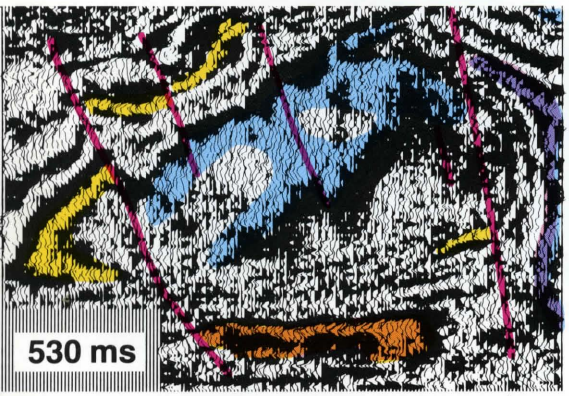
Time slices

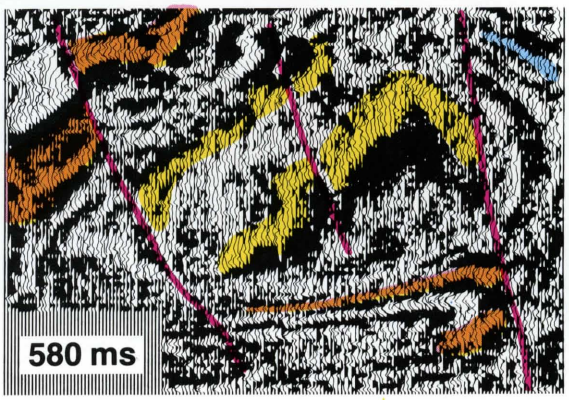


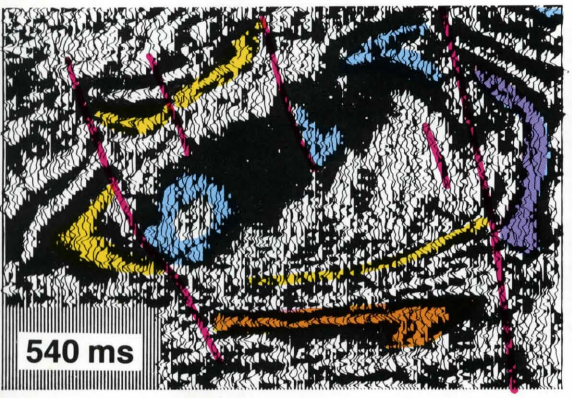


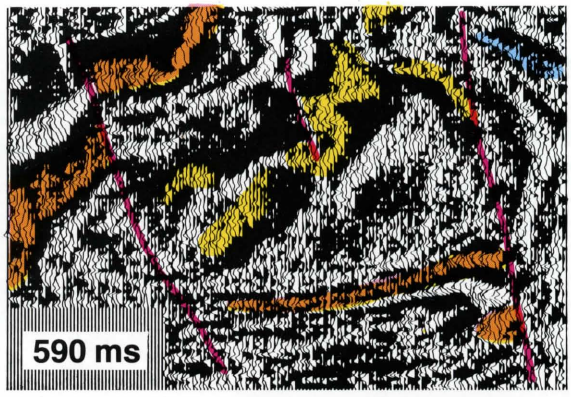


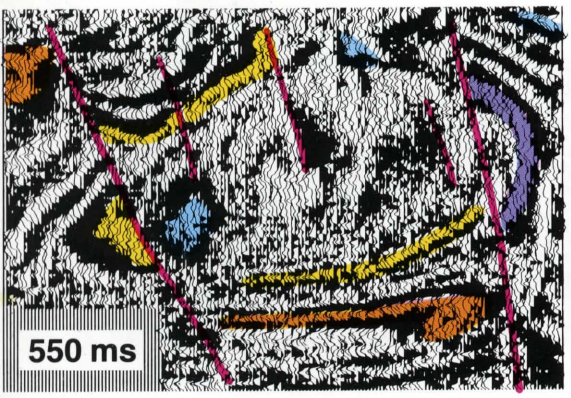


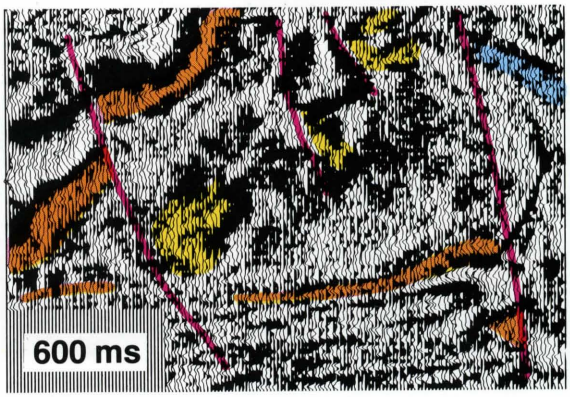












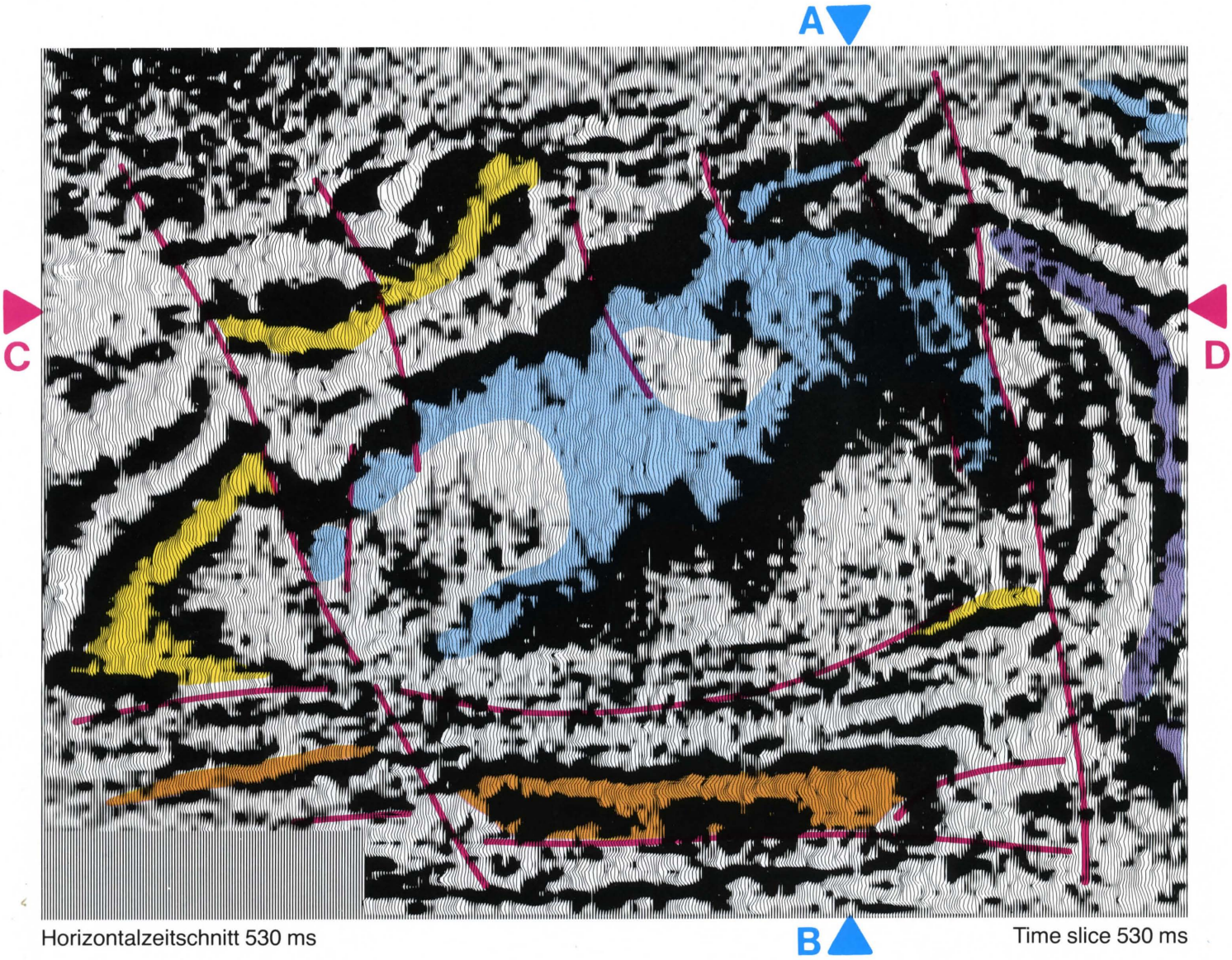
Using 3-D Finite Difference Migration, horizontal time slices can be displayed. A sequence of such time slices of the Ruhr Carboniferous at 10 ms intervals is shown. In the traveltime range from 410 to 600 ms the structural features of the base of the overburden (green) and of four horizons from the Upper Carboniferous (violet, blue, yellow and orange), as well as important normal faults (red) are very impressively illustrated. In order to elucidate the spatial relationship between horizontal and vertical sections, the 530 ms time slice, in enlarged scale and with detailed interpretation, is shown on the following page (14) for comparison with selected vertical sections in both the A-B and C-D directions.

In the time slice sequence long traveltime areas (synclinal structures) are particularly prominent, for the blue horizon from 460 to 550 ms and for the yellow horizon from 500 to 600 ms. In each case the part of horizon visible becomes smaller with increasing traveltime. Short traveltime areas (anticlinal structures) show the opposite effect, good examples of this are seen in the yellow and orange horizons beginning at 450 and 520 ms respectively.

Time slices
at 10 ms intervals

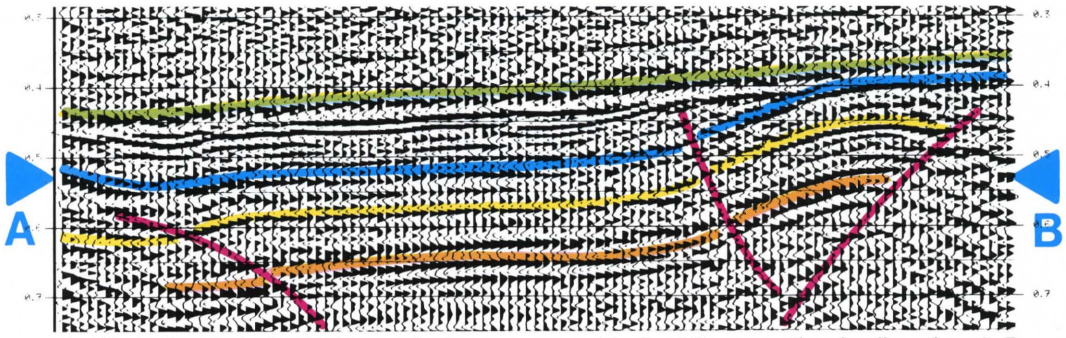
Horizontal- und Vertikalschnitte

Horizontal and Vertical Sections



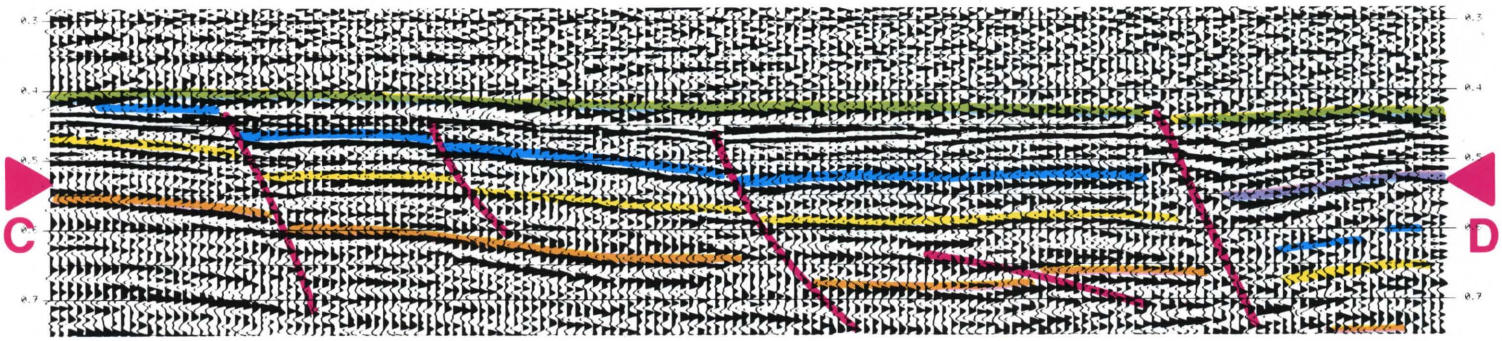
Horizontalzeitschnitt 530 ms

Time slice 530 ms



Vertikalzeitschnitt in Richtung A-B

Vertical time section in direction A-B



Vertikalzeitschnitt in Richtung C-D

Vertical time section in direction C-D

Computergestützte Auswertung

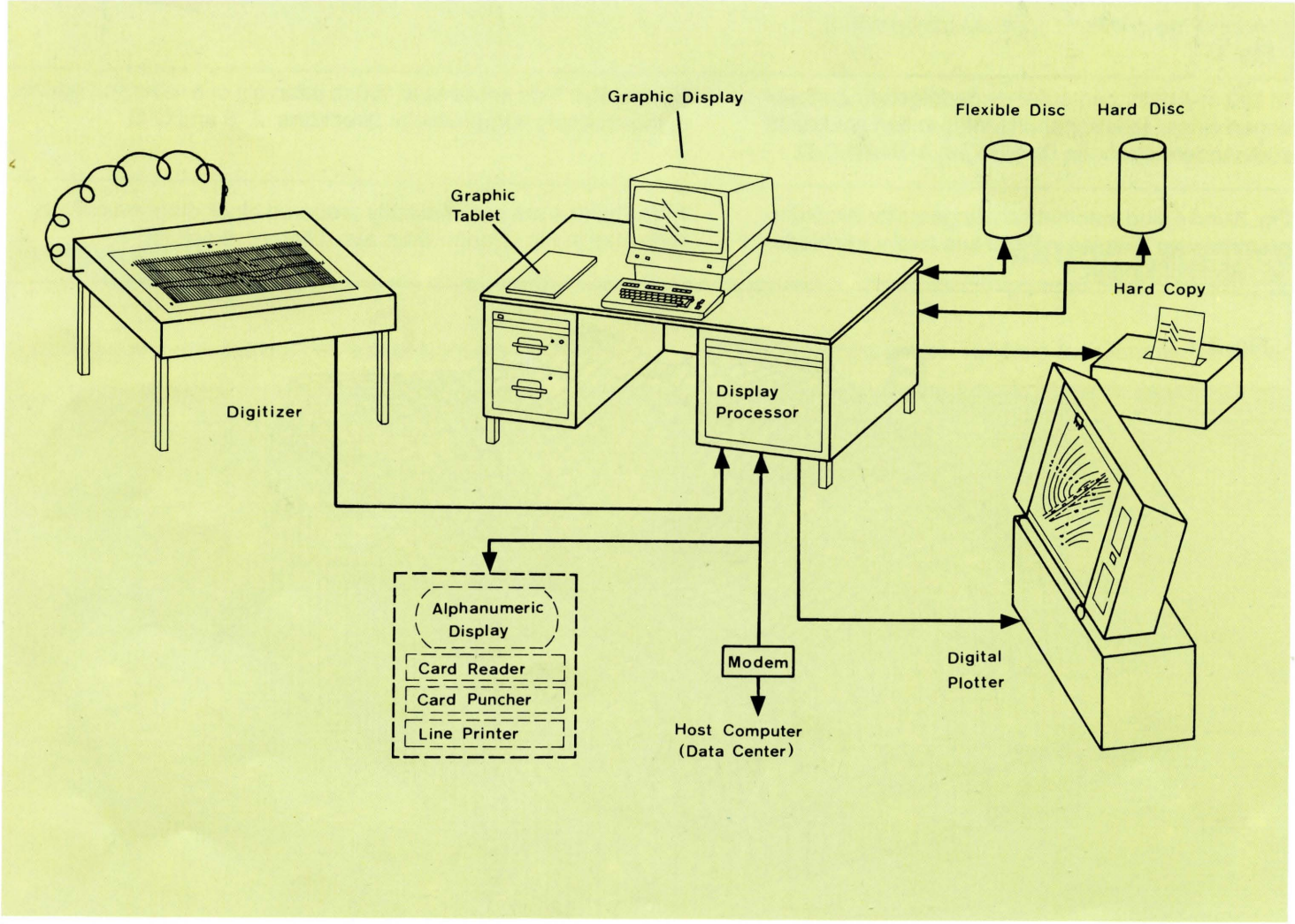
Um die sehr großen Datenmengen, die bei 3D-Messungen anfallen, schneller und zuverlässiger bearbeiten zu können, wurde ein System für computergestützte interaktive Interpretation entwickelt. Einen Überblick über die hierbei eingesetzten Geräte und deren Verknüpfung sind dem untenstehenden Bild zu entnehmen. Nach Eingabe der vorläufig ausgewerteten Sektionen über den Digitalisiertisch gestattet das System eine rasche Vergitterung und Kontrolle der Reflexionsergebnisse, die interaktiv – durch Bildschirm-Dialog – verbessert werden können. Beispiele für Ergebnisse, die von **einem** ausgewählten Horizont stammen und auf dem Bildschirm sichtbar gemacht und über Kopiergerät bzw. Plotter ausgegeben wurden, sind auf der folgenden Doppelseite zu sehen.

Computer-Aided Interpretation

In order to be able to process the huge amounts of data which become available through 3-D surveys faster and more reliably, a computer-aided, interactive interpretation system was developed. A general view of the equipment installed can be seen in the illustration below. After input of the preliminary interpreted sections using a digitizer, the system quickly makes a comparison and control of the reflection results, which can be improved interactively through screen display. On the following double page, examples of results originating from **one** selected horizon are shown, these were displayed on the screen and can be output either through a hard copy apparatus or plotter.

Interaktives graphisches System
für computergestützte Auswertung

Interactive graphic system
for computer-aided interpretation



Computergestützte Auswertung

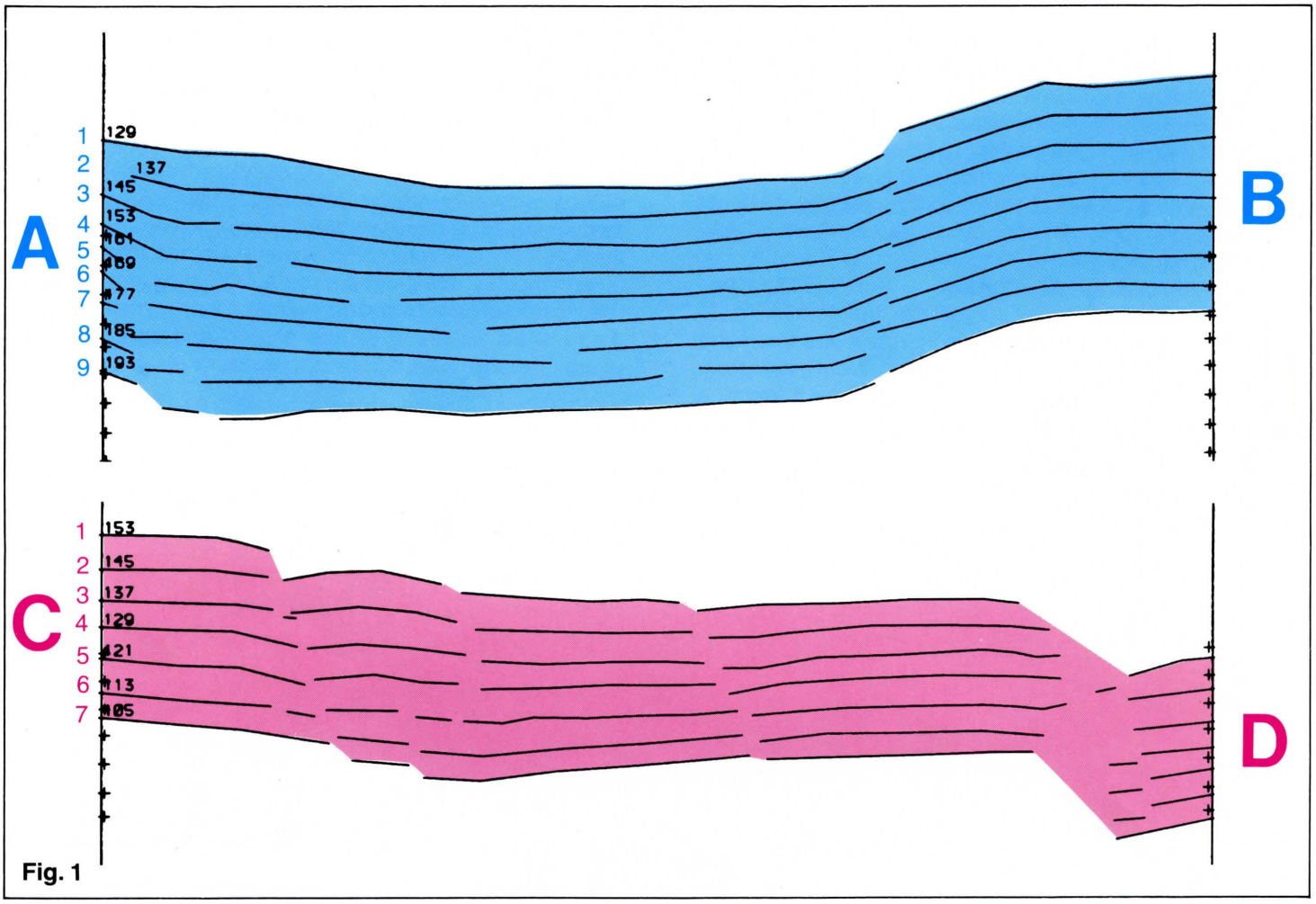


Fig. 1

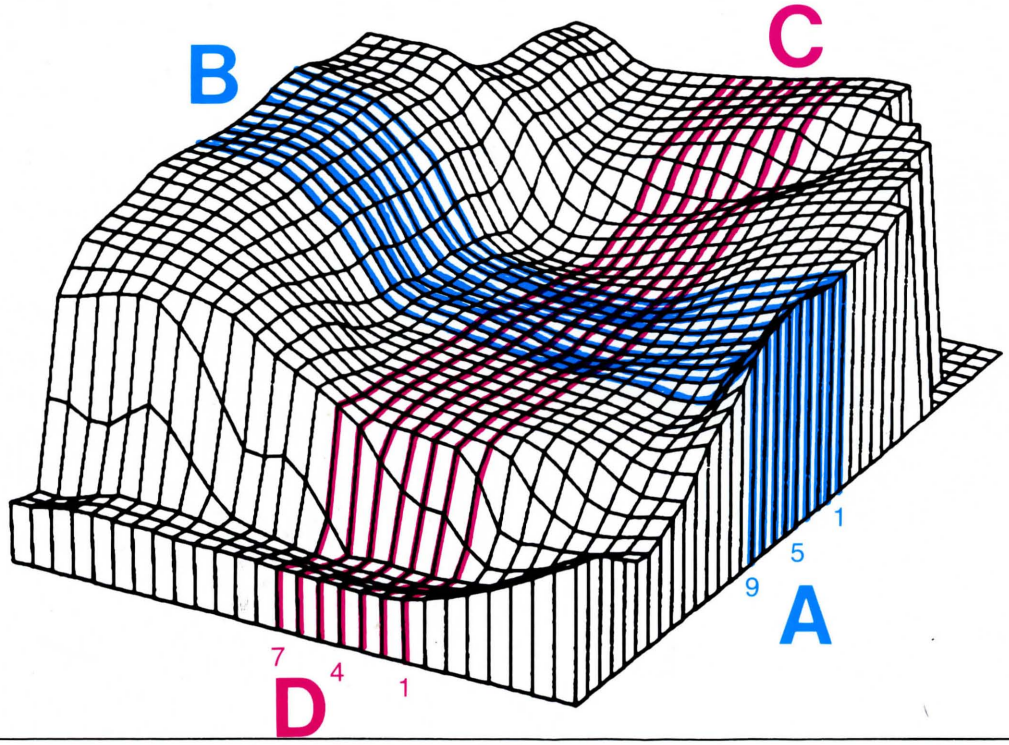
In 100 m-Abständen aufeinanderfolgende Zeitsektionen eines Reflexionshorizontes in den senkrecht zueinanderstehenden Richtungen A-B und C-D.

Successive time sections at 100 m intervals of a reflection horizon in the mutually perpendicular directions A-B and C-D.

Fig. 3 und 4 sind automatisch dargestellte Blockdiagramme vom Zeitplan in Fig. 2 aus zwei verschiedenen Blickrichtungen.

Figs. 3 and 4 are automatically prepared block diagrams of the time map in Fig. 2 seen from two different directions.

Fig. 3



Computer-Aided Interpretation

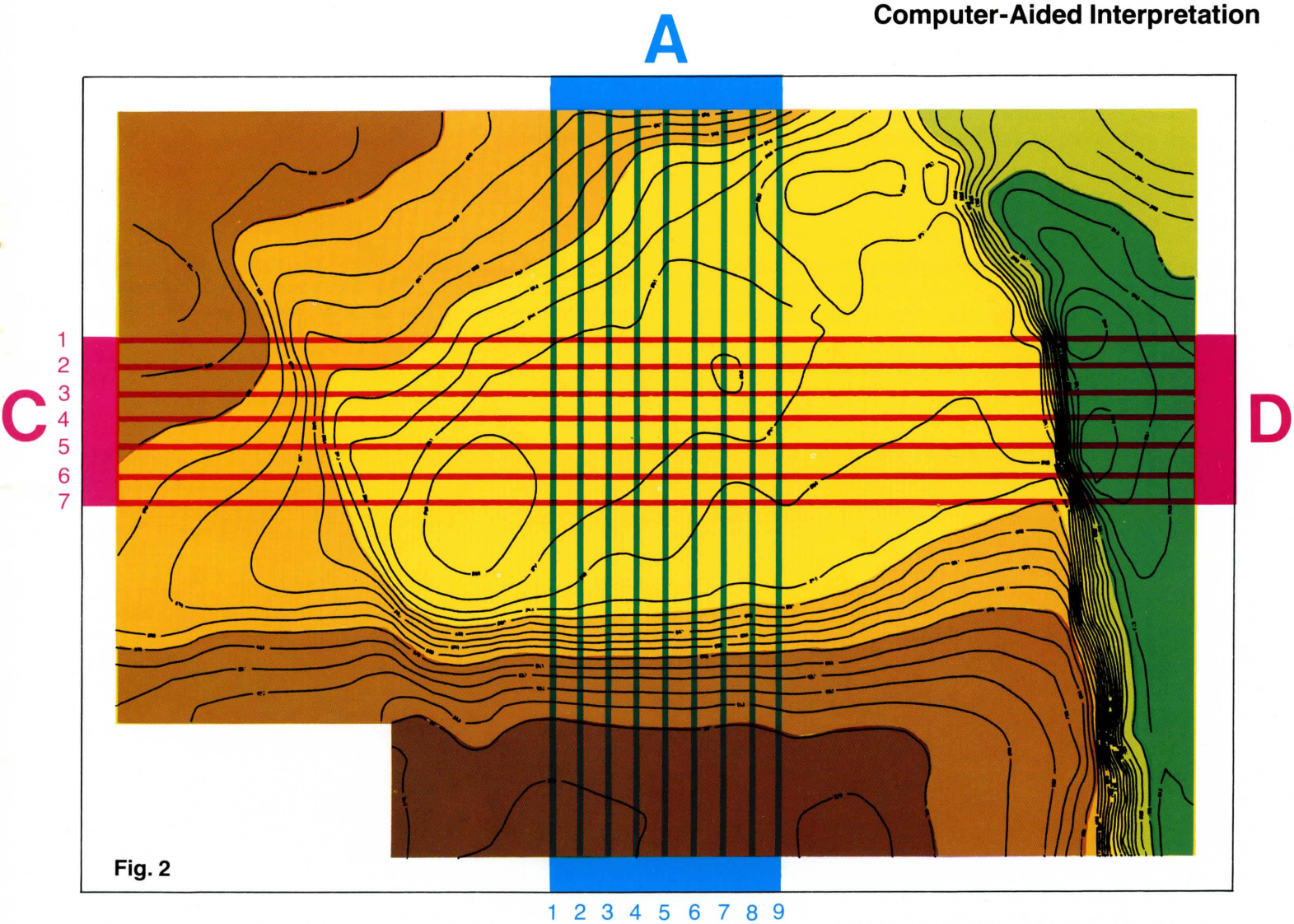
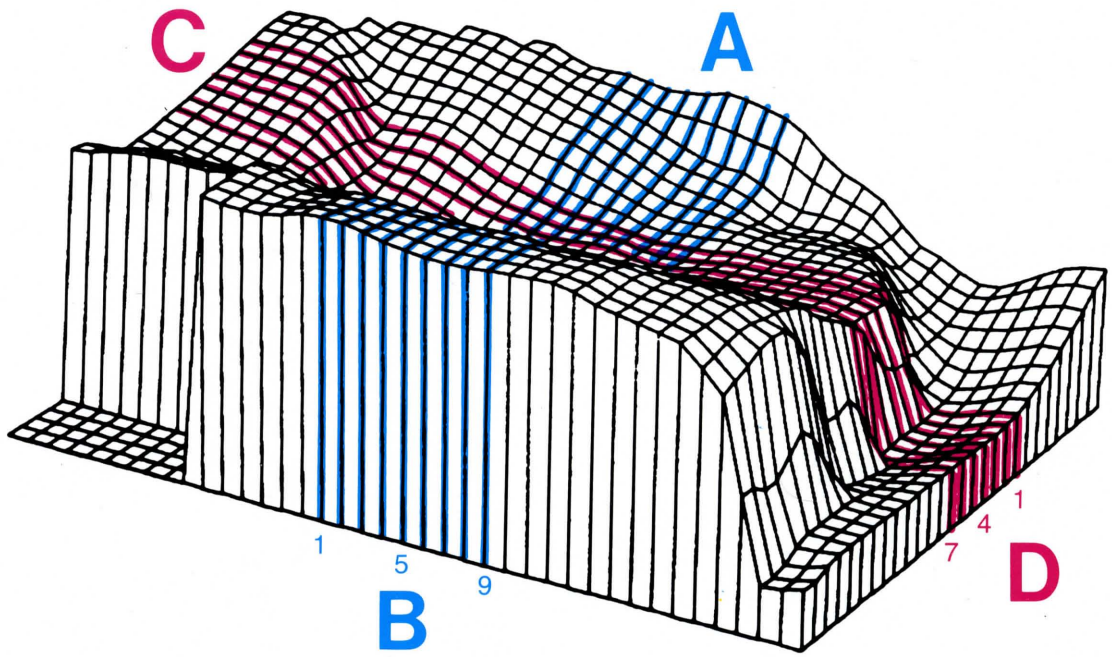


Fig. 2

Automatisch dargestellter Zeitplan des gleichen Horizontes wie in Fig. 1 vom gesamten Meßgebiet.

Automatically contoured time map of the same horizon as in Fig. 1 showing the total survey area.

Fig. 4



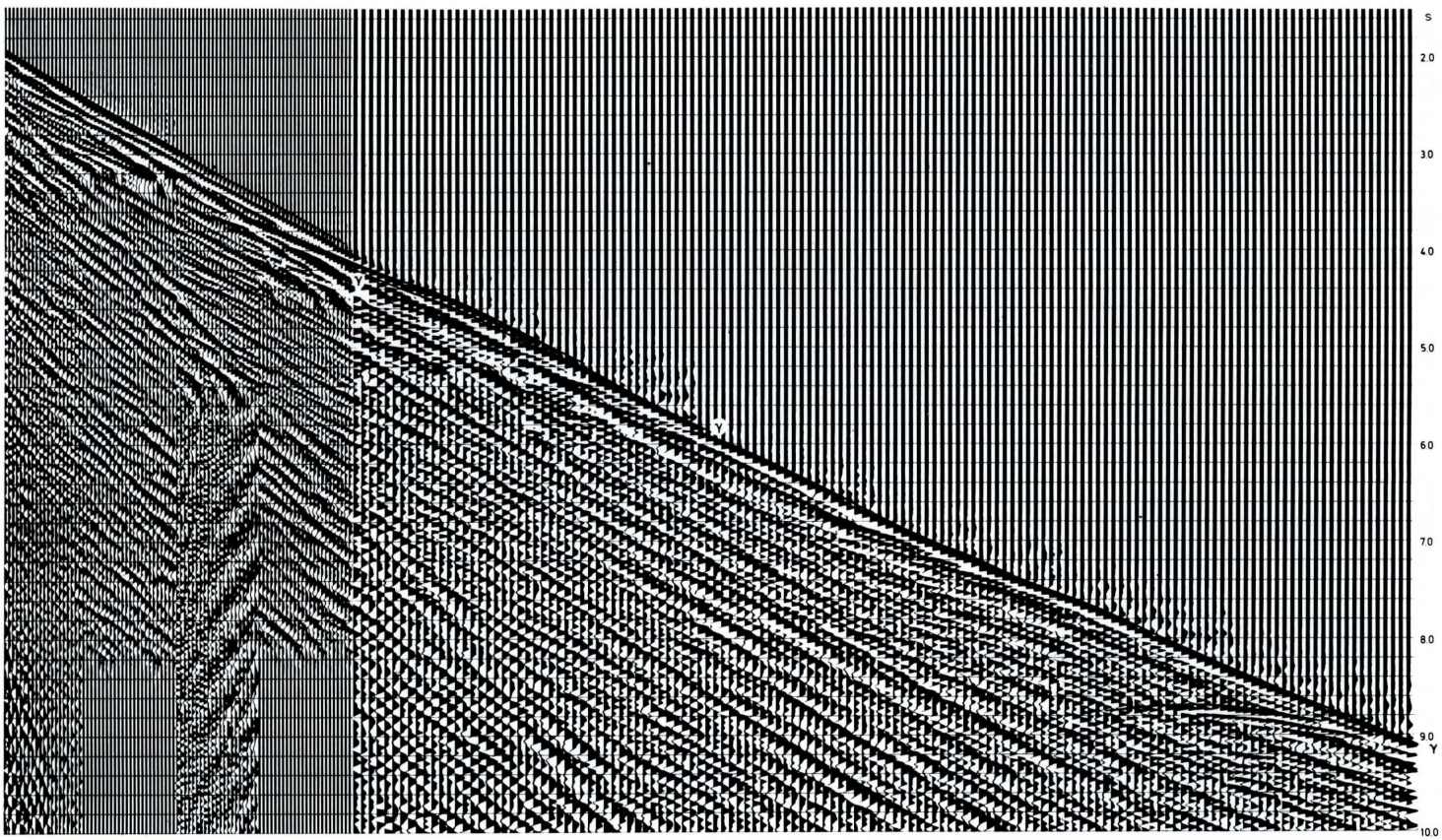
Refraktionsseismik

1
Seismogrammfolge einer refraktionsseismischen Messung (einseitig) mit Störung (Laufzeitversatz) im Basement-Refraktor γ.

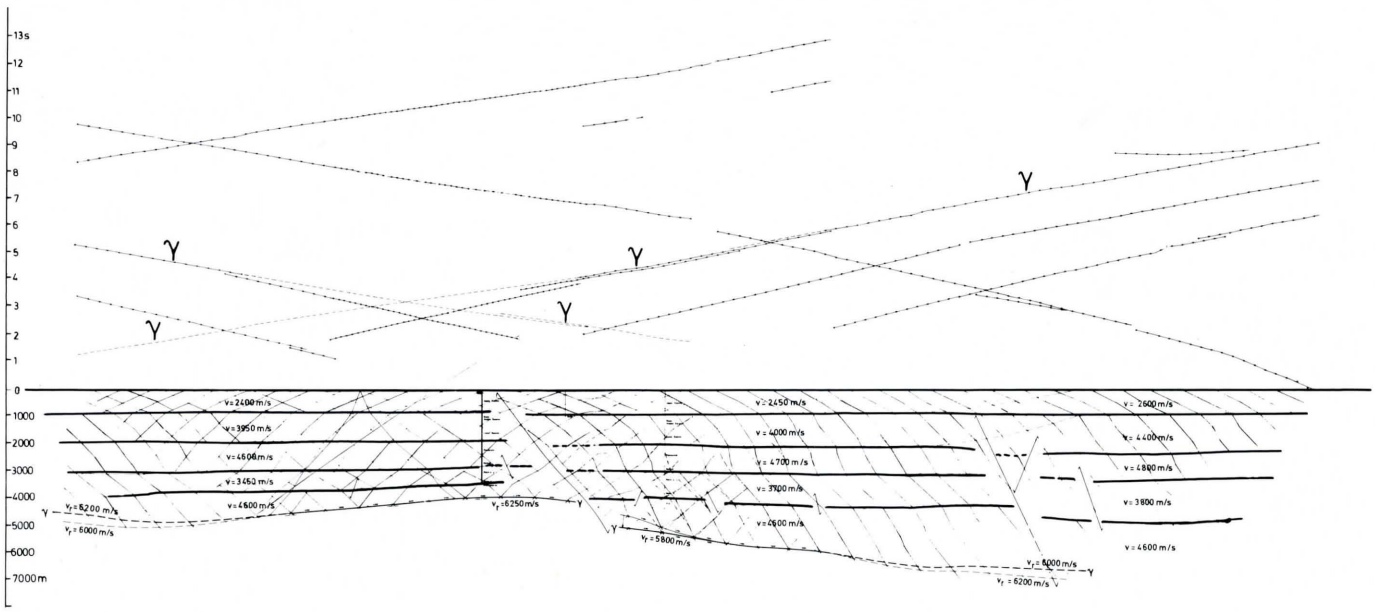
1
Refraction-seismic section with fault indication in the basement refractor γ.

2
Laufzeitkurven der Schußpunkte des gesamten Refraktionsprofils von 45 km Länge. Darunter die Tiefendarstellung des Basement-Horizontes γ nach der Wellenfront-Methode. Die Geschwindigkeitsverteilung im Hangenden war vorgegeben.

2
Traveltime curves of a refraction line of 45 km length with depth-interpretation of the basement refractor γ using the wavefront method. The velocity information for the overburden is based on reflection seismics.



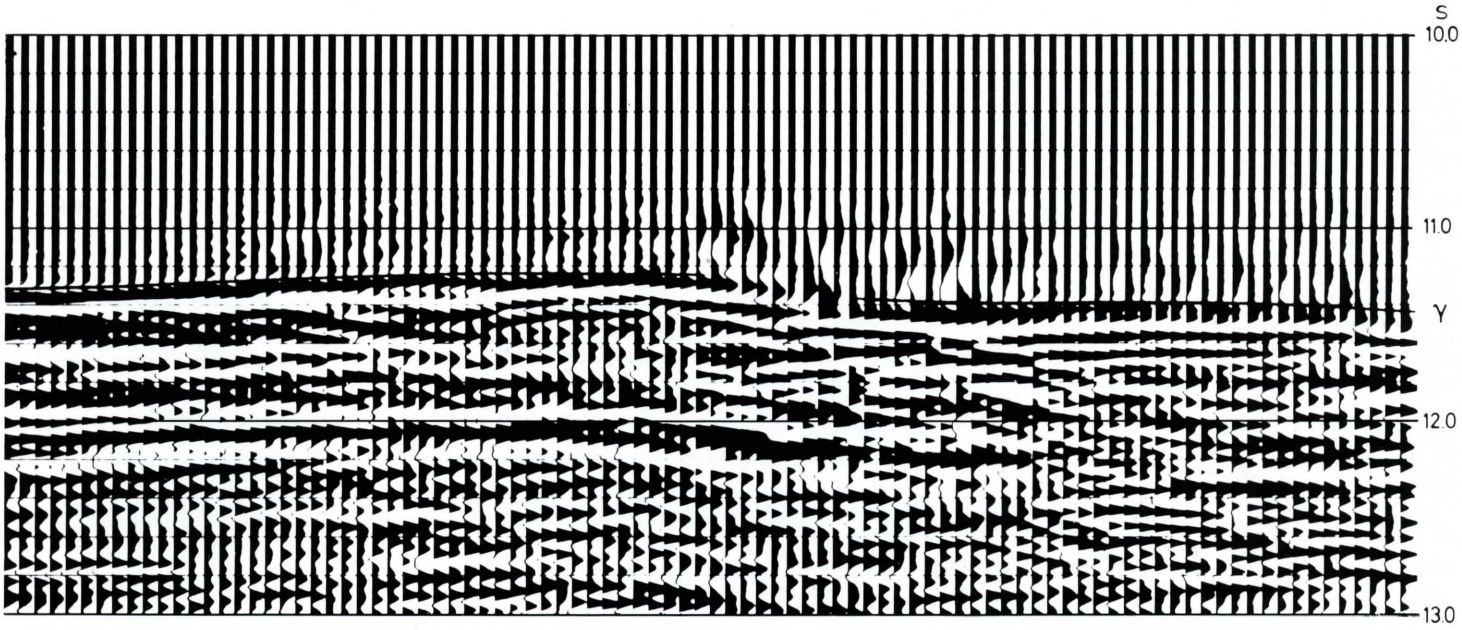
1



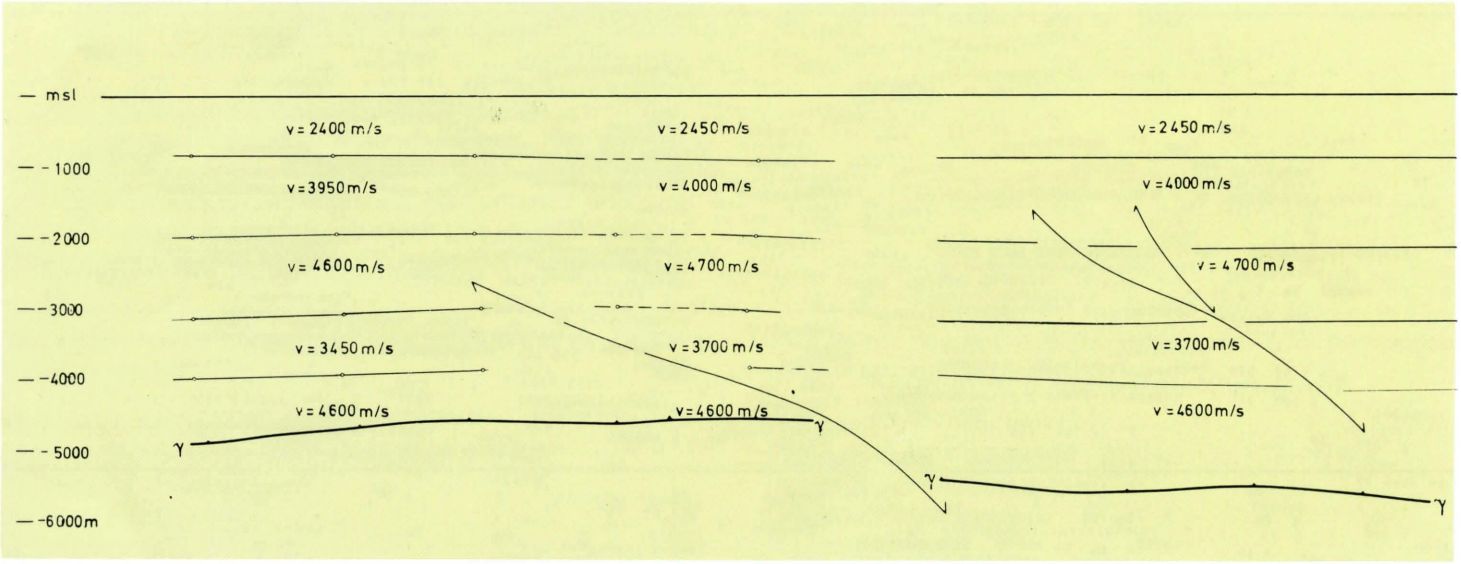
2

3
Störungsnachweis mittels refraktionsseismischer Queraufstellung (Bogen- oder Streuerschießen). Der Abstand zwischen Schußpunkt und Geophon-Auslage beträgt 56 km.

3
Fault detection from seismic broadside refraction survey (arc shooting). Lateral offset between shotpoint and receiver line was 56 km.



3a Seismogrammfolge
Seismogram section



3b Tiefendarstellung
Depth presentation

Bright Spot

Mit Hilfe von Geschwindigkeits-, Amplituden- und Frequenzstudien können Aussagen über lithologische Verhältnisse (z. B. Fazieswechsel) gemacht werden.

Die folgende Farbdarstellung von Reflexions-Polarität und -Amplitude nach PRAKLA-SEISMOS' "Real Amplitude Processing" zeigt im Zentrum einen mit einem Gasfeld verknüpften "Bright Spot".

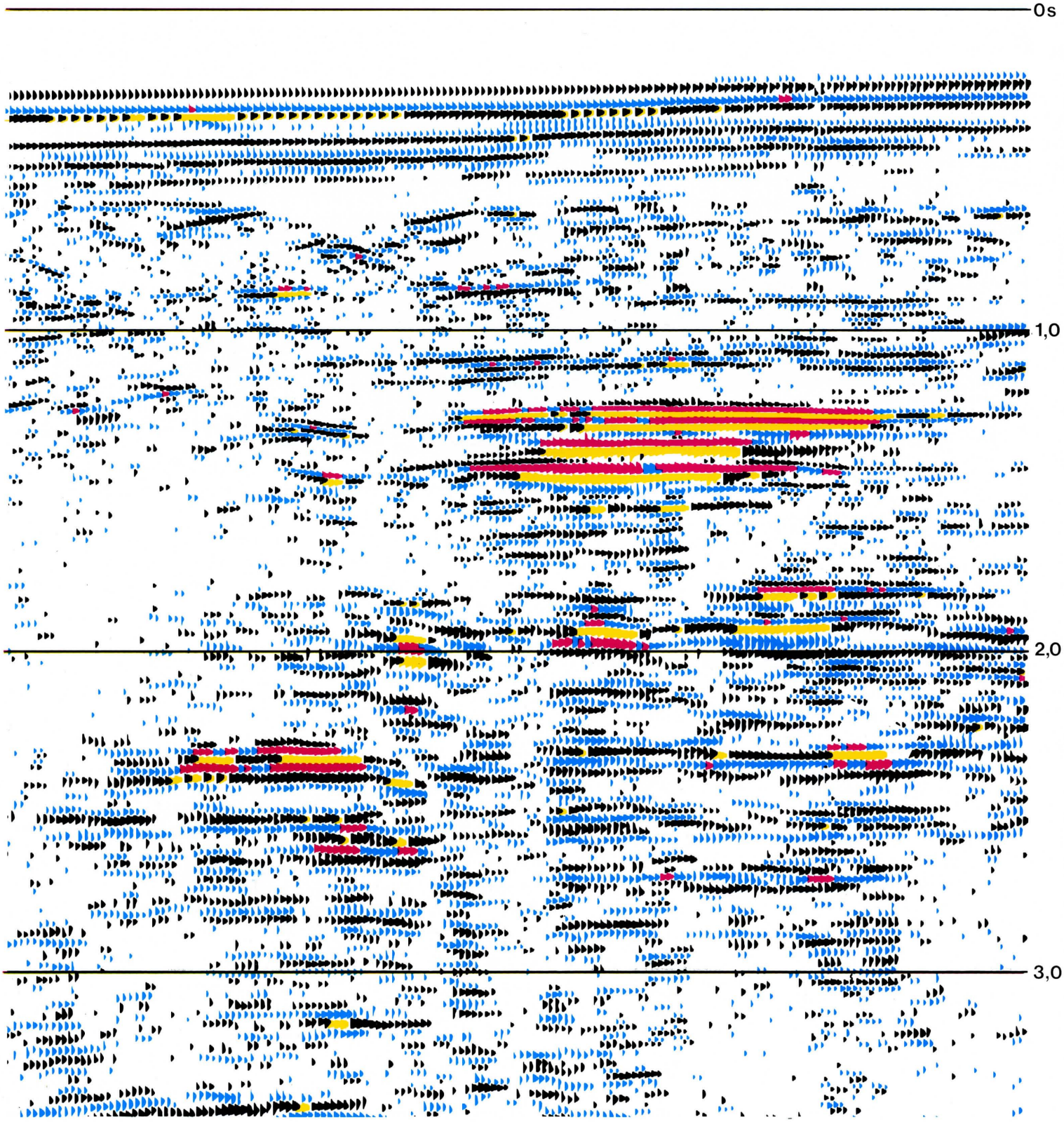
With the aid of velocity, amplitude and frequency studies statements about lithological relations (for example facies change) can be made.

The coloured polarity/amplitude display of a stacked section, based on PRAKLA-SEISMOS' "Real Amplitude Processing" shows in the centre a "bright spot", associated with a gas field.

Scaled Amplitude Presentation of RAMP-Stack:

	positive Amplitude	negative Amplitude
Amplitudes between levels 2 and 6:	blue	black
Amplitudes above level 6:	red	yellow

Amplitudes below level 2 are suppressed



Gasspeicherkontrolle

Bestimmung der Gasfüllung in einem natürlichen Speicher durch Amplitudenvergleiche

Ein poröser, wasserführender Sand dient als Gasspeicher. Der Grad der Gasfüllung ist erkennbar an der Amplitude der Reflexion vom Speicher. Abbildung 1 zeigt im rechten Teil eines Seismogrammprofils große Amplituden für die Reflektion A (Speicher) als Indikation für die Gasfüllung des Speichers. Die Reflexion vom Horizont P im Liegenden des Speichers ist hier stark geschwächt durch Transmissionsverlust infolge des großen Reflexionskoeffizienten von A.

Abbildung 2 zeigt zwei unterschiedliche Füllungszustände des Speichers, dargestellt durch die Kartierung des Amplitudenverhältnisses A/P im Randbereich des gasgefüllten Gesteins: schwache, punktierte Linien = größere Füllung, stärkere Linien = geringere Füllung.

Für eine quantitative Auswertung werden synthetische Seismogramme angefertigt, wobei die Mächtigkeit des gasgefüllten Sandes schrittweise verändert wird und die theoretischen Amplituden mit den im Feld gemessenen verglichen werden. Daraus ergibt sich ein Diagramm (Abb. 3), welches es gestattet, aufgrund des Amplitudenverhältnisses A/P Aussagen über den Grad der Gasfüllung des Speichers zu machen.

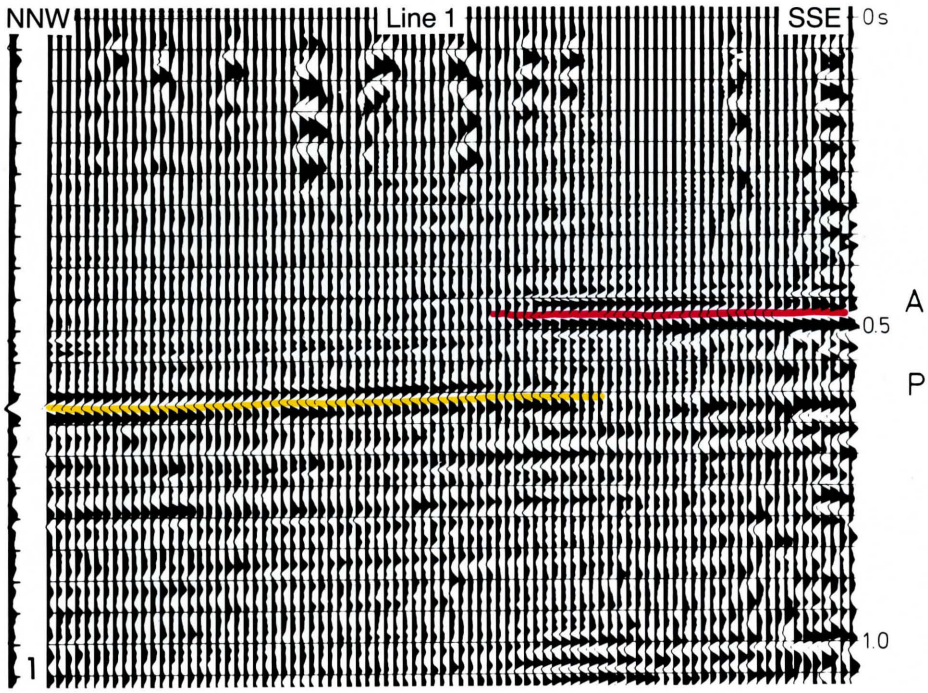
Gas Reservoir Control

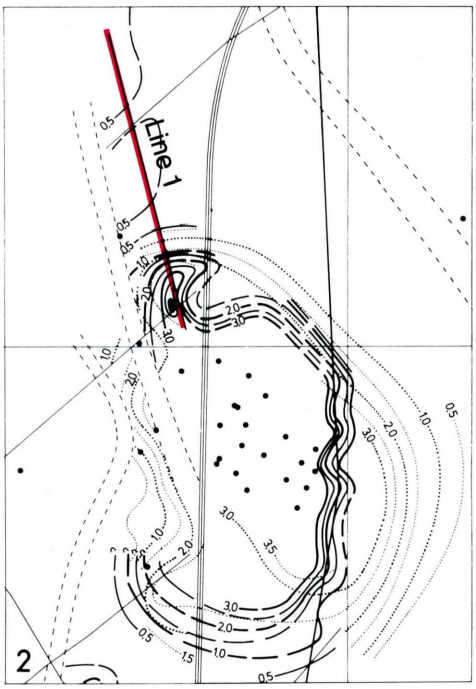
Information on gas fill in a natural reservoir by means of amplitude comparison

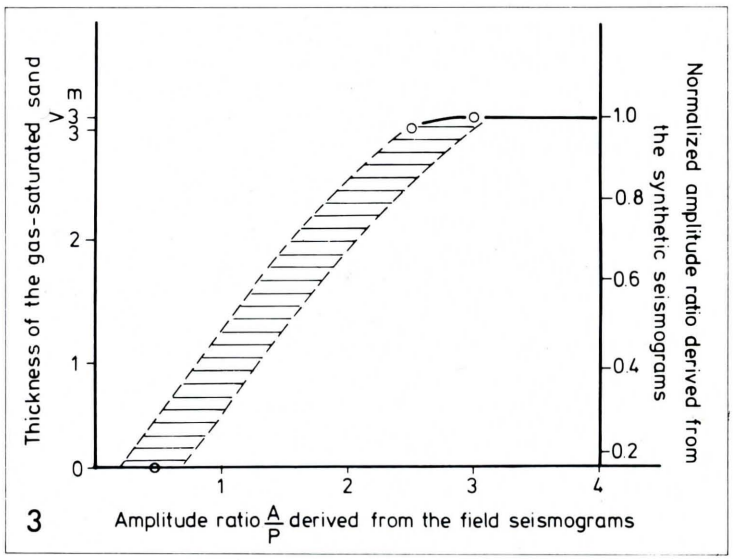
An aquifer is used for gas storage. The degree of the gas fill is recognizable from the amplitude of the reservoir reflection. In Figure 1 the right hand side of the seismogram section shows large amplitudes for reflection A (reservoir), indicating gas filled sand. The reflection from the underlying horizon P is here strongly attenuated, because of the transmission loss due to the high reflectivity of A.

Figure 2 indicates two different degrees of gas fill, defined by mapping the amplitude ratio A/P at the edge of the gas filled sand: dotted lines = larger fill, heavier lines = smaller fill.

For a quantitative interpretation synthetic seismograms are made, in which the thickness of the gas filled sand is changed step by step. The theoretical amplitudes derived from the synthetic seismograms are compared with the amplitudes obtained from the field seismograms. From these considerations a diagram is made (Fig. 3) from which conclusions about the degree of gas fill of the aquifer based on the amplitude ratio A/P can be drawn.





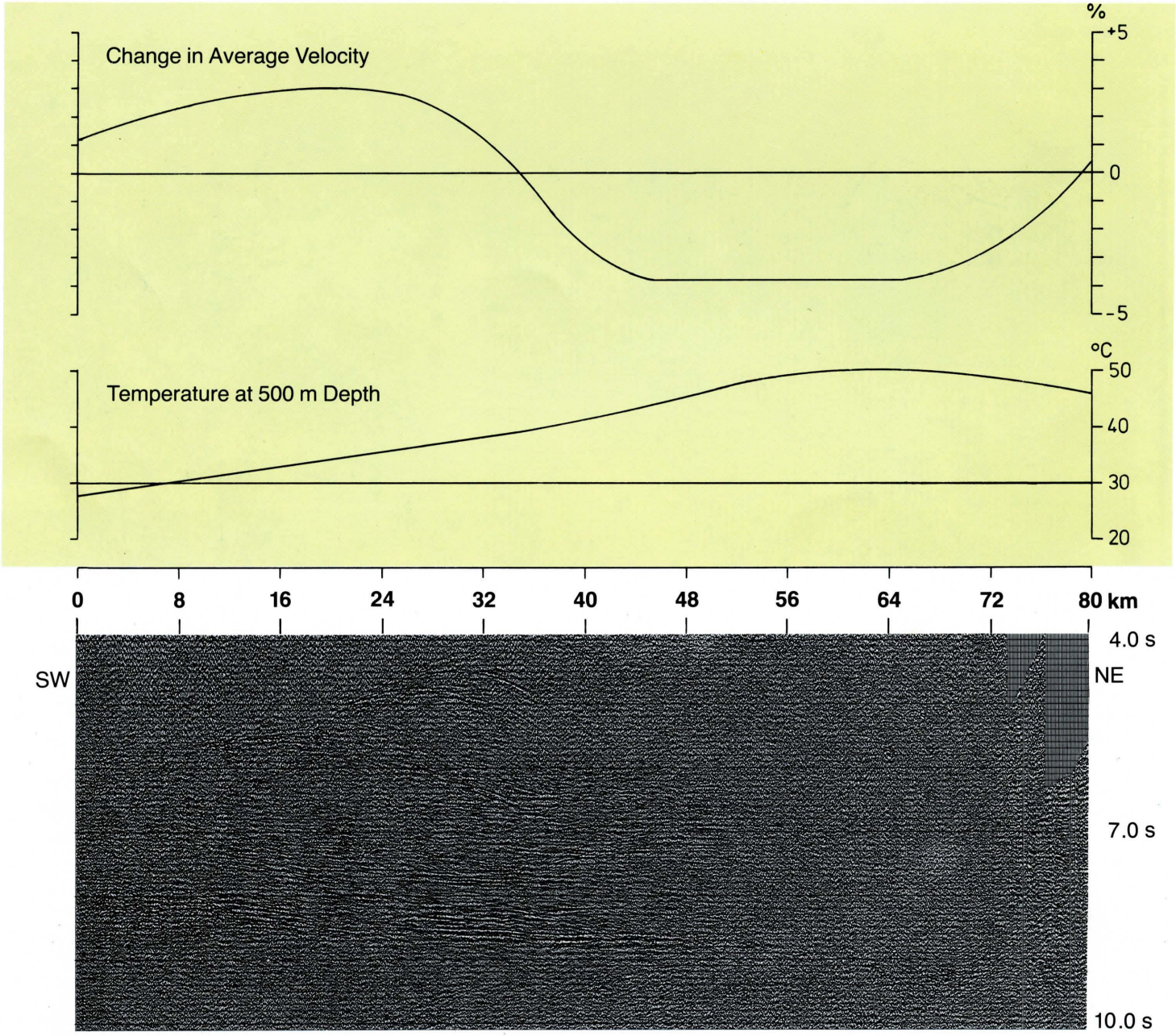


Erdwärme-Anomalie

Im Bereich einer in Süddeutschland gelegenen positiven Erdwärme-Anomalie wurden neben anderen Untersuchungen auch seismische Messungen durchgeführt. Das Ziel war u.a., eventuelle Reduktionen der seismischen Geschwindigkeiten im Bereich der Wärme-Anomalie festzustellen. Bei Reflexionsseimik mit Mehrfachüberdeckung und maximalen Schuß-Geophon-Entfernungen von ca. 23 km wurden für Reflexionen aus dem Bereich der Mohorovičić-Diskontinuität Move-out-Zeiten von über 0,8 s erhalten, die eine sehr genaue Geschwindigkeitsbestimmung gestatteten. Der abgebildete 80 km lange Ausschnitt von 3,9 bis 10,1 s aus einem Profil, welches etwa parallel zu den Alpen quer über die Anomalie verläuft, zeigt mit Laufzeiten zwischen 7,5 und 9 s im SW sowie 8,5 und 10 s im NE die meist sehr kräftigen Moho-Reflexionen. Die obere Kurve gibt den prozentualen Wechsel der errechneten Durchschnittsgeschwindigkeit bis zu den Moho-Reflexionen wieder. Im Bereich des Wärmedomes, zu dessen Verdeutlichung in der unteren Kurve die Temperatur in 500 m Tiefe aufgetragen ist, weist die Durchschnittsgeschwindigkeit eine Abnahme von einigen Prozent gegenüber der Umgebung auf.

Geothermal Anomaly

Seismic surveys were carried out alongside other investigations in the region of a positive geothermal anomaly in South Germany. The aim was, amongst others, to determine possible reductions of the seismic velocities in the region of the geothermal anomaly. Using reflection seismics with multiple coverage and maximum shot-geophone distances of about 23 km, move-out times of more than 0.8 s were obtained for reflections at the level of the Mohorovičić discontinuity, which allowed very accurate velocity determinations. The illustrated part of a seismic section from 3.9 to 10.1 s, which runs approximately parallel to the Alps and obliquely over the anomaly, exhibits the mostly very good Moho reflections at traveltimes between 7.5 and 9.0 s in the SW and 8.5 and 10.0 s in the NE. The top curve shows the percentage change of the calculated average velocity down to the Moho reflections. In the region of the anomaly which is shown in the lower curve, where the temperature at a depth of 500 m is plotted, the average velocity exhibits a decrease of a few percent compared with the surroundings.

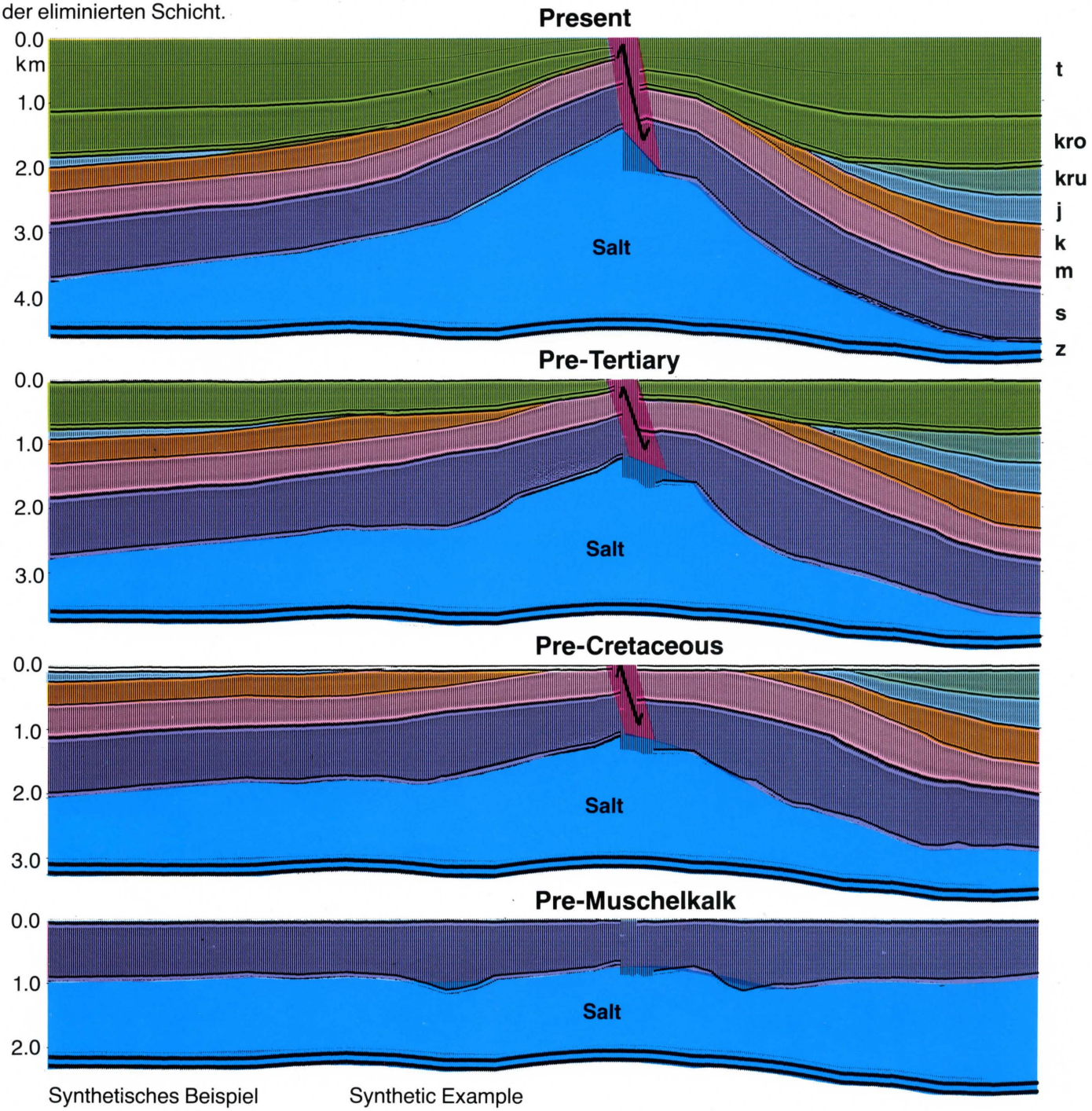


Profilausschnitt mit Moho-Reflexionen

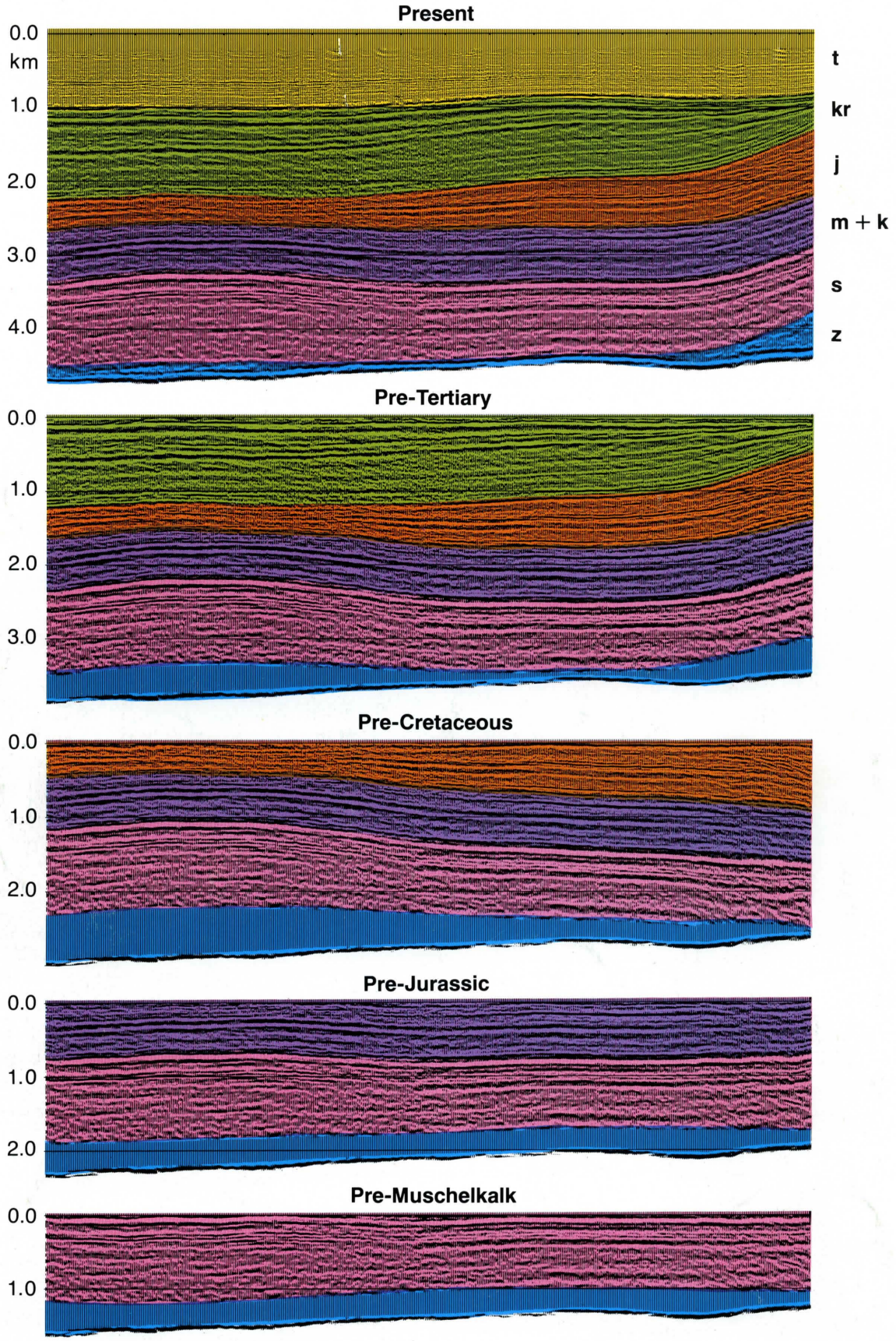
Part of Seismic Section showing Moho-Reflections

Für die Lösung spezieller Auswertungsprobleme kann die Rekonstruktion der Lagerungsverhältnisse zu bestimmten geologischen Zeiten von Nutzen sein. In solchen Fällen wurden bisher Strukturanalysen mit ziemlich großem Zeitaufwand von Hand durchgeführt. Nunmehr ist PRAKLA-SEISMOS in der Lage, diese Analysen viel schneller und zuverlässiger mit Hilfe von Computer und Plotter zu bearbeiten.
Auf dieser und der folgenden Seite sind zwei Beispiele für automatische Strukturanalysen abgebildet. In beiden Fällen handelt es sich um Tiefenprofile mit Salztektonik. In vier bzw. fünf Bildern wird die Situation vom heutigen Stand über mehrere Zwischenstadien bis zum Ende des Buntsandsteins zurückverfolgt. Das automatische Programm hebt ausgewählte Schichtgrenzen nacheinander bis zur Null-Marke an, trägt also gewissermaßen Schicht für Schicht ab. Hierbei werden jeweils alle liegenden Schichtgrenzen bis zur Zechsteinoberkante einschließlich mitangehoben, und zwar unter Berücksichtigung der wahren Mächtigkeiten. Für die Zechsteinbasis erfolgt bei jeder Schichtabtragung eine En-bloc-Anhebung um den Betrag der mittleren Mächtigkeit der eliminierten Schicht.

For the solution of special interpretation problems the reconstruction of the layering at defined geological times can be advantageous. Structural analyses in such cases were up to now carried out by hand, a time-consuming process. Now, PRAKLA-SEISMOS is able to carry out these analyses much faster and more reliably with the aid of a computer and plotter.
On this and the following page, two examples of automatic structural analysis are illustrated. Both cases deal with depth sections showing salt tectonics. In one example four diagrams, and in the other five, trace the structural situation from the present, over several intermediate stages, back to the end of the Lower Triassic. The automatic program raises selected layer boundaries up to the zero mark, consequently "removing", as it were, the overlying layers. In doing so, all interfaces down to the Top Zechstein are successively raised taking into account the true thicknesses. Every layer-boundary removal results in the "en bloc" raising of the Base Zechstein amounting to the mean thickness of the eliminated layer.



Synthetisches Beispiel Synthetic Example



Beispiel nach Meßergebnissen

Example of survey results

PRAKLA-SEISMOS

PRAKLA-SEISMOS GMBH · HAARSTRASSE 5 · P.O.B. 4767 · D-3000 HANNOVER 1
PHONE: (5 11) 80 72-1 · TELEX: 9 22 847/9 22 419 · CABLE: PRAKLA · GERMANY

© Copyright PRAKLA-SEISMOS GMBH, Hannover 1980