

# Vorläufige Ergebnisse der Alpentraversen des NFP-20 "Geologische Tiefenstruktur der Schweiz"

Autor(en): **Finckh, P. / Freeman, R. / Holliger, K.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **54 (1988)**

Heft 126

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-211739>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# **Vorläufige Ergebnisse der Alpentraversen des NFP-20 «Geologische Tiefenstruktur der Schweiz»**

mit 25 Bildern

SCHWEIZERISCHE ARBEITSGRUPPE FÜR REFLEXIONSSEISMIK\*

## *Zusammenfassung*

NFP-20 ist ein Forschungsprogramm des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Ein Kredit von 11 Millionen Sfr., verteilt über 5 Jahre, steht zur Erforschung der Tiefenstruktur der Schweiz zur Verfügung.

Drei reflexionsseismische Alpentraversen bilden den Kern des Programmes. Die Reflexionsseismik wird von 20 weiteren erdwissenschaftlichen Projekten unterstützt.

Ein erster Bericht über NFP-20 erschien im April 1987 im Vol. 53, Nr. 124 dieses Bulletins (S. 59-74). Der damalige Bericht brachte die ersten Ergebnisse der Sprengschußseismik der Osttraverse, die im Herbst 1986 aufgenommen wurde.

Der vorliegende zweite Bericht bringt die ersten Ergebnisse der Sprengschußseismik der Westtraverse. Die Feldaufnahmen dieser Traverse durch die Berner- und Walliser-alpen wurden im Herbst 1987 ausgeführt.

Dank des massiven Einsatzes der Geophysiker unserer Institute, vor allem des EDV Teams der ETHZ, können nun auch die ersten Ausspielungen der Vibrationsseismik der Osttraverse vorgelegt werden.

## *Summary*

NFP-20 is a research program of the Swiss National Science Foundation for the advancement of scientific research. A credit of 11 million, distributed over 5 years has been allocated so far for the study of the crustal structures in the subsurface of Switzerland.

Three reflection seismic profiles across the Alps, with a total length of 300 Km are supported by 20 additional geoscience projects, such as gravimetry, magnetics, refraction seismic, seismicity, isotope geology etc.

A first report on the activity of NFP-20 appeared in volume 53, Nr. 124 of this bulletin, in April 1987. It included preliminary results of the explosion seismic of the Eastern Traverse. This article contains the results of explosion seismic of the Western Traverse and preliminary results of the vibroseis survey of the Eastern Traverse.

---

\* P. FINCHK, R. FREEMAN, K. HOLLIGER, St. MÜLLER, M. STÄUBLE, P. VALASEK; Institut für Geophysik, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich;

D. ALIOTH, L. BONINO-LEVATO, R. OLIVIER, Université de Lausanne, Institut de Geophysique, BFSH-2, Dorigny, 1015 Lausanne;

A. ESCHER, A. STECK, Université de Lausanne, Institut de Geologie, BFSH-2, Dorigny, 1015 Lausanne;

E. NIGGLI, A. PFIFFNER, Universität Bern, Mineralogisch-Petrographisches Institut, Baltzerstrasse 1, 3012 Bern;

S. SOUAD, J.J. WAGNER, Université de Genève, Lab. de pétrophysique, l'Université de Genève, Rue des Maraichers 13, 1211 Genève;

H. LAUBSCHER, Universität Basel, Geologisches Institut der Universität, Bernoullistrasse 32, 4056 Basel;

P. FRICKER, Schweiz. Nationalfonds, Wildhainweg 20, Postfach 2338, 3001 Bern;

R. SCHOOP, Wehrenbachhalde 32, 8853 Zürich-Witikon;

S. SMITHSON, Dept. of Geology and Geophysics, University of Wyoming, Laramy, USA;

P. LEHNER, W. FREI, P. HEITZMANN, Programmleitung NFP-20, Speerstrasse 39, 8805 Richteswil.

## 1. Überblick über das Gesamtprogramm

Im Rahmen der Europäischen Geotraverse fällt NFP-20 die Aufgabe zu, die Lücke zu schliessen zwischen den DEKORP Profilen (Deutsches Kontinentales Reflexionsprogramm) im Alpenvorland und den CROP ITALIA Profilen (CROSTA PROFONDA di ITALIA) im Süden der Alpen.

Das NFP-20 Programm besteht zur Hauptsache aus 3 reflexionsseismischen Alpen-traversen mit einer Gesamtlänge von ca. 300 km (**Bild 1** und **2**).

Die Osttraverse, aufgenommen im Herbst 1986, erstreckt sich von Wildhaus am Säntis bis an die Schweizergrenze im Val Madris, nordöstlich Chiavenna.

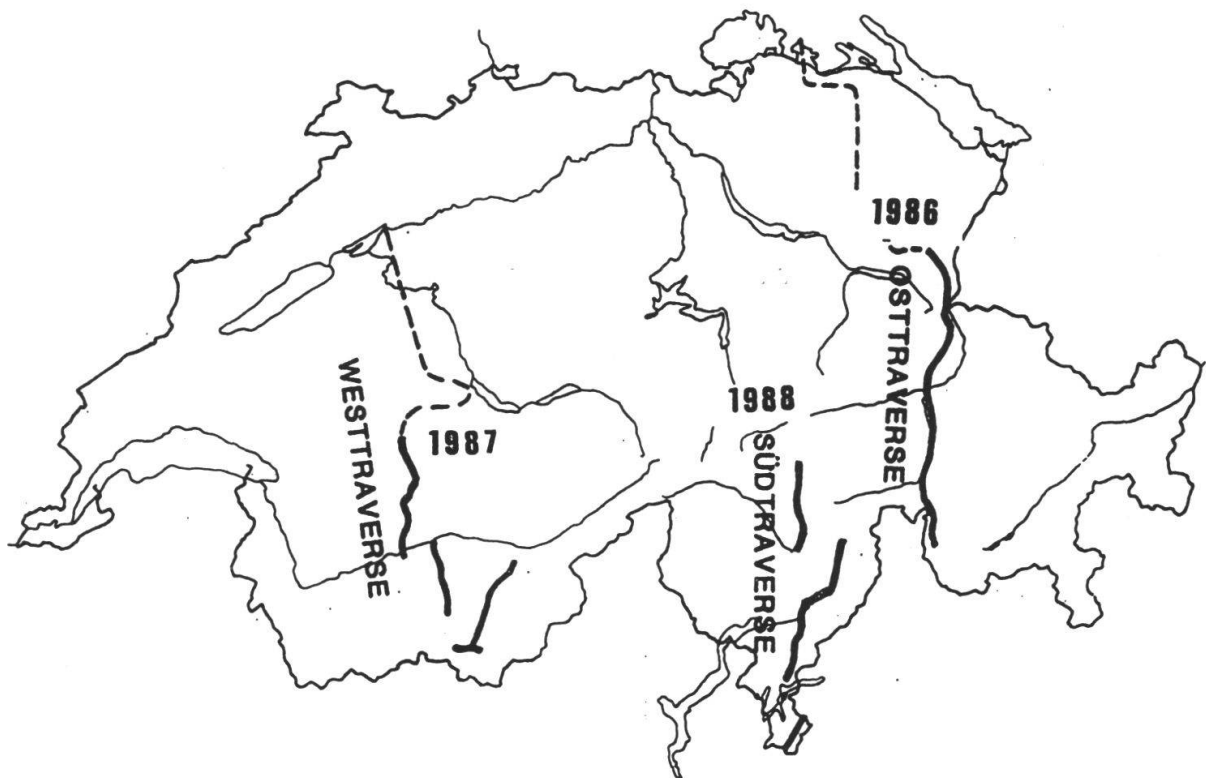
Die Westtraverse, aufgenommen im Herbst 1987, besteht aus drei Segmenten  
— Zweisimmen - Rawilpass - Grône im Rhonetal  
— Sierre - Zinal im Val d'Anniviers  
— Stalden - Zermatt mit einer Querlinie Zmuttgletscher - Findelengletscher.

Die Südtraverse, geplant für Herbst 1988, besteht ebenfalls aus drei Segmenten, nämlich:

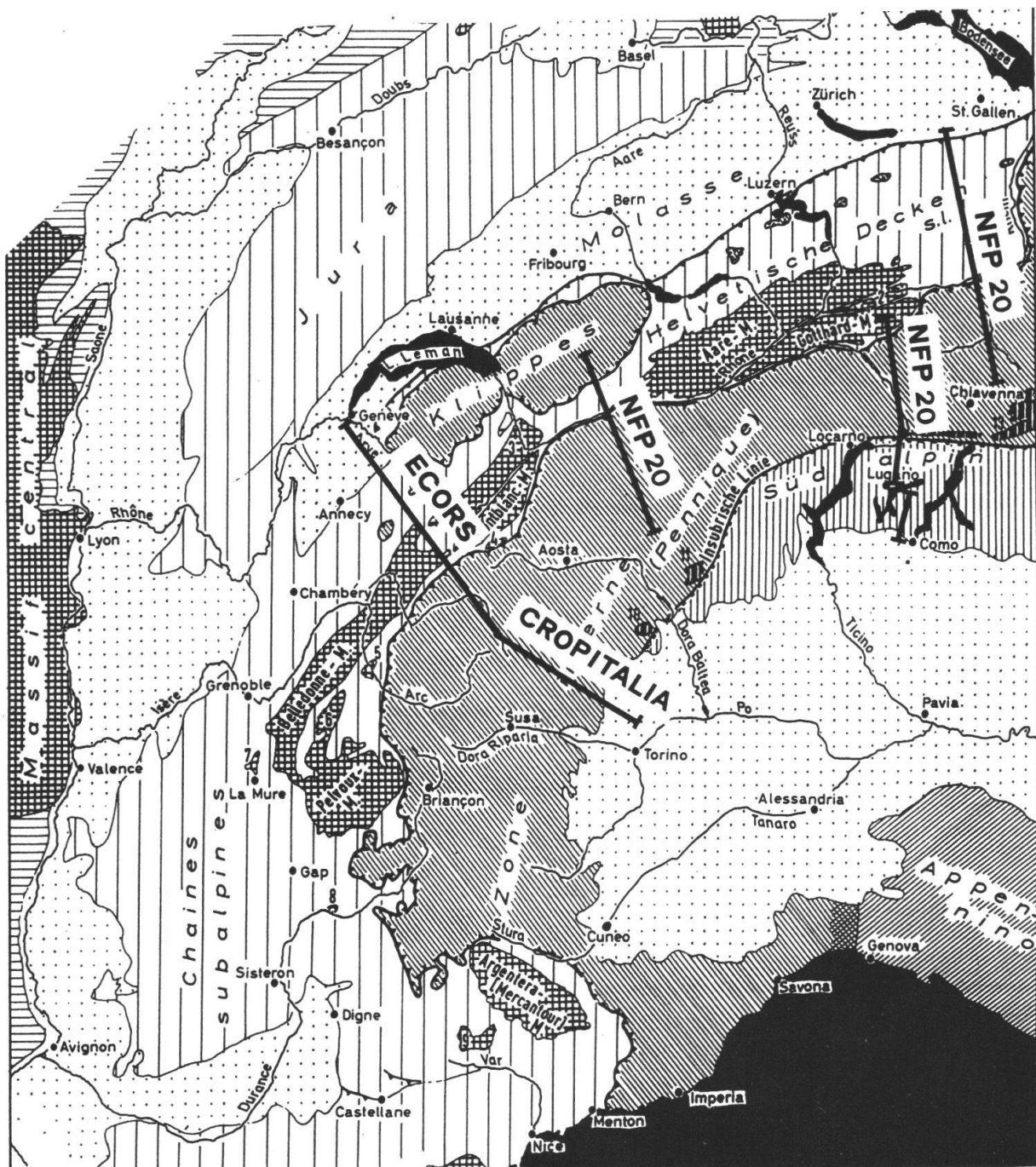
- Lukmanier - Biasca
- Valbella im Val Calanca - Bellinzona - Lugano
- Scudellate im Val Muggio - Pedrinata an der Schweizergrenze bei Chiasso.

Die Vibroseis Feldaufnahmen wurden von folgenden Firmen im Kontrakt ausgeführt:

- die Osttraverse von Prakla Seismos AG aus Hannover, BRD
- die Westtraverse von CGG (Companie Général de Géophysique) Massy, Cedex, France.



**Bild 1** Die drei Traversen von NFP-20. Die gestrichelten Abschnitte im Mittelland werden in Zusammenarbeit mit der Erdölindustrie ausgeführt.



**Bild 2** Tektonische Kartenskizze mit den drei Alpentraversen von NFP-20. Die Ost- und Westtraversen reichen vom südlichen Molassebecken bis ins Penninikum, an der Grenze Schweiz/Italien. Die Südtraverse erstreckt sich vom Gotthardmassiv an den Rand des Pobeckens in der Nähe von Chiasso. Die Westalpentravese von ECORS (Étude continental et océanique par réflexion et réfraction sismique) und CROP ITALIA (Crosta profonda d'Italia) wurde im Herbst 1986 und 1987 aufgenommen.



Für die Planung und Ausführung der Feldaufnahmen ist W. FREI, ETHZ, Chef Geophysiker von NFP-20 verantwortlich.

Kürzere reflexionsseismische Sprengstoffprofile (3-5 km) längs und quer zur Hauptauslage wurden von einem ETHZ Feldtrupp unter Leitung von Dr. P. FINCKH mit einer DFS-5 Apparatur (48 Kanäle) aufgenommen. Im Bereich der Osttraverse sind dies die Profile Balzers, Jenins, Grüşch, Luzein, Saas, Monbiel, Splügen, auf der Westtraverse die Profile Boltigen, Lenk, Savièse, Turtmann, Arolla und Sanetsch.

Die Datenverarbeitung der Reflexionsseismik wird an der ETHZ und der EPFL in Lausanne ausgeführt. Das ETHZ Team unter Leitung von Dr. P. FINCKH arbeitet mit einem Phoenix System auf VAX Rechnern. Das Team der Universität Lausanne unter Leitung von Prof. R. OLIVIER benützt das Geovecteur System der CGG auf dem Cray der EPFL.

Die Reflexionsseismik, das Hauptprojekt von NFP-20, wird von 20 flankierenden Projekten unterstützt. Unter anderem wurde im Herbst 1987 eine Refraktionslinie entlang des Alpennordrandes vom Jaunpass zum Säntis aufgenommen (projekt J. ANSORGE). Im Gebiet der Westtraverse wurden gravimetrische (projekt R. OLIVIER) und aeromagnetische (Projekt E. KLINGELE) Profile vermessen.

Zum Erfassen der Erdbebenätigkeit wurde auf der Ost- und Westtraverse ein Netz von je 9 selbstregistrierenden Seismometerstationen für eine Beobachtungszeit von zwei Jahren ausgelegt (Projekt N. PAVONI). Mit der seismotektonischen Auswertung dieser Daten in Bezug auf Erdbebengefährdung ist das Projekt E. BERGER beauftragt.

Zur Registrierung von sekulären Krustenbewegungen im Gebiet der Westalpen wurde eine Präzisionsnivellement Linie Montana - Visp - Zermatt wiederholt und an das bereits bestehende Netz im Tessin und Graubünden über den Gotthard angeschlossen (Projekt H.G. KAHLE und H. GUBLER).

Die geologische Interpretation und die Integration der verschiedenen Messdaten zu einem Gesamtbild ist die Aufgabe von drei Profilgruppen unter Leitung von Prof. A. PFIFFNER für die Osttraverse, Prof. A. STECK für die Westtraverse und Dr. A. ZINGG für die Südtraverse.

## 2. Das reflexionsseismische Messverfahren

Da die reflexionsseismische Explorationsmethode (**Bild 3**) bereits im Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 53 Nr. 124, S. 59 ff., beschrieben wurde, soll hier nur kurz auf die wichtigsten und für NFP-20 spezifischen Punkte eingegangen werden.

Zum Einsatz auf den Alpentraversen kam in erster Linie Vibrations- und Sprengschußseismik. Daneben wurden Versuche mit Fallgewicht- und Bodenschußseismik gemacht. Dies vor allem, da in den Alpen oft grössere Teilstrecken für Vibratoren unzugänglich sind und Sprengschußseismik aufgrund der benötigten Bohrlöcher im Hartgestein auf die Dauer zu zeitraubend und zu kostspielig ist.

Auf den Alpentraversen wurden 5 - 6 Vibratorfahrzeuge eingesetzt (**Bild 4**). In Abständen von 40 m wurde 2 mal mit einem «upsweep» von 60 Minuten vibriert über einen Frequenzbereich von 10 - 48 Hz.

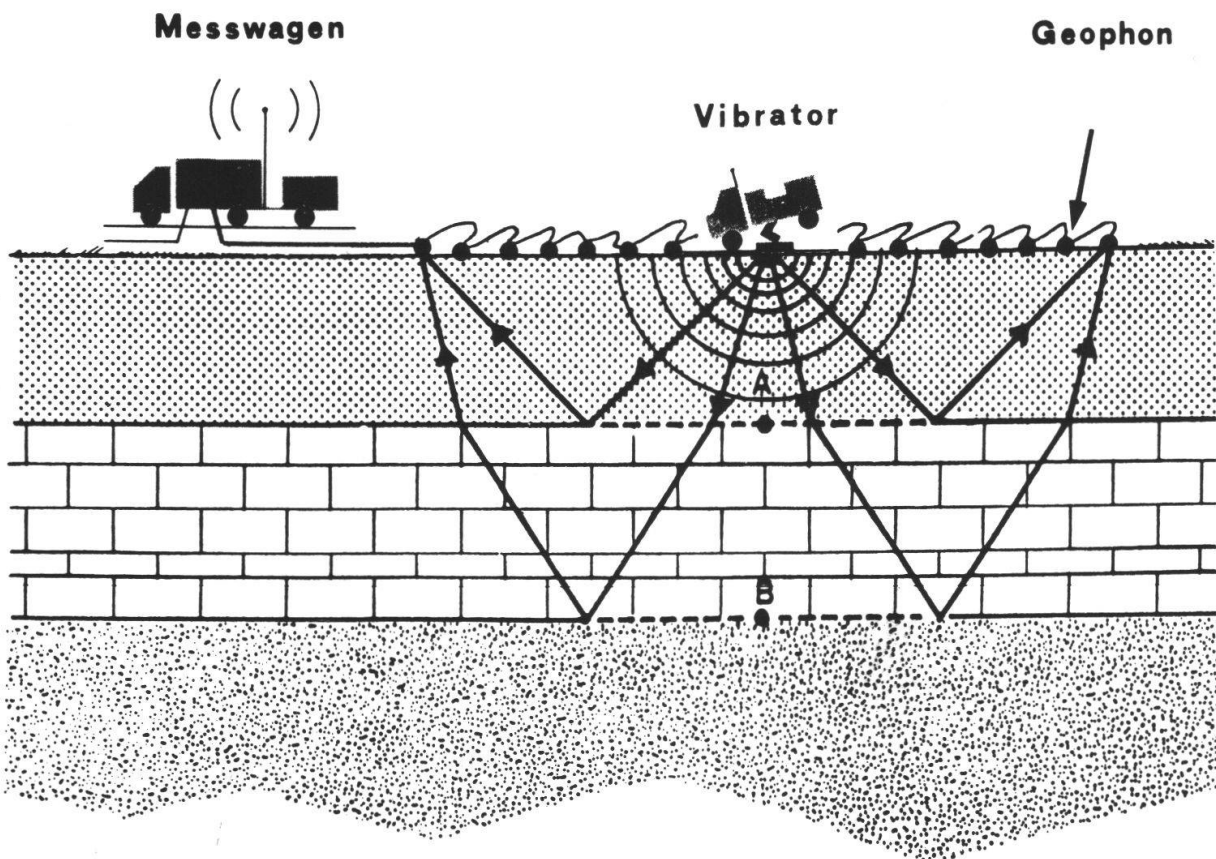
Die Empfängerauslage bestand aus 240 Geophonstationen, verteilt über ein aktives Messkabel von 20 km Länge. Eine Geophonstation besteht aus 24 Einzelgeophonen (**Bild 5**), die in Abstände von etwa 2 - 3 m in den Boden gesteckt werden und über eine Telemetrieboxe (Feldcomputer) angeschlossen sind. Die Signale der 24 Geophone werden in der Boxe digitalisiert und via Hauptkabel an den zentralen Messwagen weitergeleitet. Unglücklicherweise sind die Boxen bei konventionellen Messverfahren in

Serie geschaltet, was bei Ausfällen einer Boxe, bei Nacht und Nebel, unter alpinen Verhältnissen zu Problemen führen kann.

Insgesamt sind ca. 8000 Geophone entlang des Messkabels von 25 km Länge ausgelegt. 20 km dieses Kabels sind aktiv am Messwagen angeschlossen. Die Stationen der restlichen 5 km werden nach jeder Vibrationsphase am rückwärtigen Ende abgebaut und vorne wieder angeschlossen (**Bild 6**). Der Messfortschritt beträgt pro Arbeitsnacht 3 - 5 km. Dabei ist eine Messequipe von etwa 40 Mann im Einsatz.

Die Nachtarbeit erwies sich als notwendig, um dem störenden Lärm von Industrie und Verkehr zu entgehen. Schwerwiegende Störungen treten auch in der Nähe von Starkstromleitungen und Eisenbahnlinien auf. Im Falle von Starkstromleitungen handelt es sich um Störfrequenzen von 50 Hz, die auf Geophone und Verbindungskabel einwirken. In der Nähe von Eisenbahnen wirkt die Frequenz von  $16 \frac{2}{3}$  besonders störend, da sie mitten im Aufnahmebereich der Reflexionsseismik liegt.

Erfreulicherweise zeigten die Direktionen der Kraftwerke NOK, BKW (Grand Dixence), und Alusuisse Verständnis und Entgegenkommen für unsere Probleme und stellten die Hochspannungen während der Dauer unserer Aufnahmen ab, ebenso die Brig-Visp-Zermatt Bahn, die Montreux - Oberland Bahn und die Rhätischen Bahnen.



**Bild 3** Aufbau und Einsatzschema eines Messtrupps für Vibrationsseismik, wie er für die Alpentraversen zum Einsatz kommt.

Die NFP-20 Geophonauslage benutzt ein Messkabel von 25 km Länge bestückt mit etwa 8000 Geophonen, die in Gruppen von 24 Stück mit Telemetrieboxen verbunden sind; 20 km dieser Auslage sind aktiv, während die restlichen 5 km jeweils hinten abgebaut und vorne wieder angesetzt werden.



Photo M. Senn, Bern

**Bild 4** Vibratorfahrzeuge unterwegs bei Lenk im Berneroberrand. Die akustischen Signale werden durch eine auf den Boden gepresste Stahlplatte (sichtbar in der Mitte des Fahrgestells) erzeugt, die hydraulisch vibriert wird. Auf den Alpentraversen wurde ein «sweep» von 60 Sekunden verwendet, aufsteigend von 10 bis zu ca. 48 Hz. Vibriert wird stets in der Mitte der fortschreitenden Geophonauslage, in Abständen von 40 Meter.

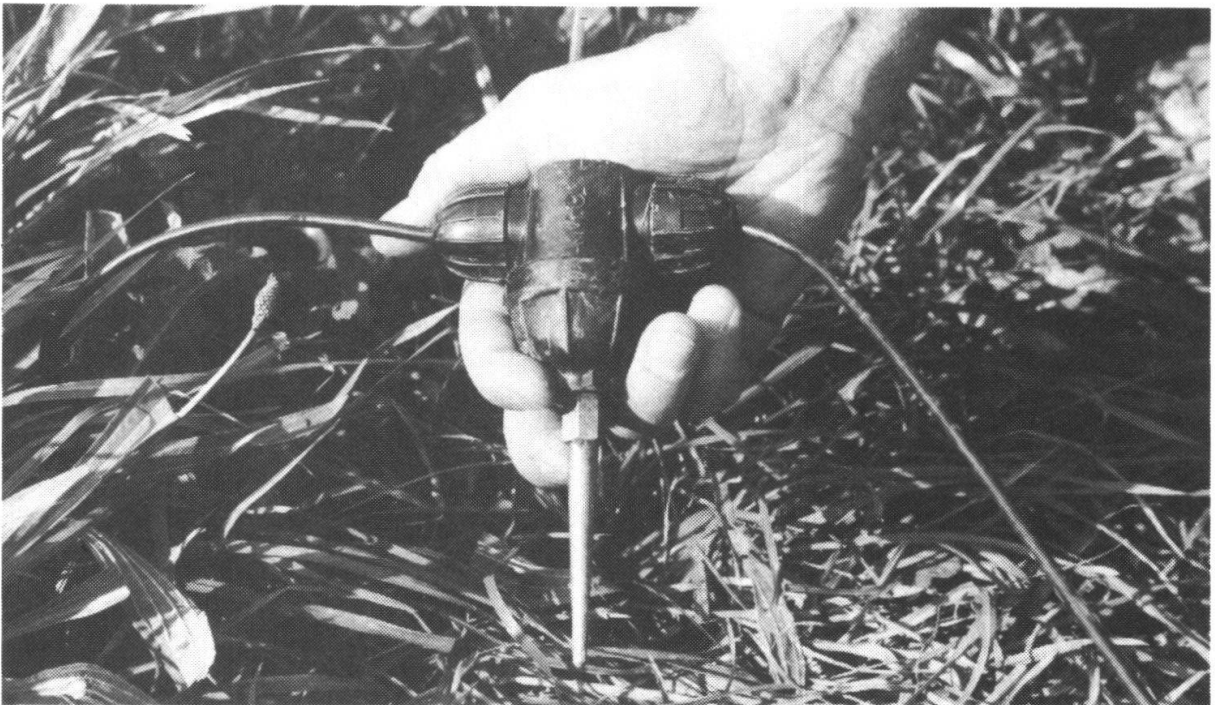


Photo M. Senn, Bern

**Bild 5** Geophone, eine Art Erdmikrofon, sind äusserst empfindliche Erschütterungsmesser, die mit Hilfe eines Stachels in den Boden gesteckt werden. Je 24 Stück im Abstand von einigen Metern sind an eine Telemetrieboxe angeschlossen.

Ein Geophon besteht aus einem permanenten Magneten, der fest mit dem Gehäuse verbunden ist. Im Innern ist eine Kupferdrahtspule mit einer Stahlfeder locker aufgehängt.

Ebenso erfreulich war das Entgegenkommen und die Mithilfe von Seiten der Behörden und der Bevölkerung. In dieser Beziehung hat das günstige Image, das Presse und Fernsehen von uns verbreiteten, unsere Arbeit wesentlich erleichtert.

Zusätzlich zur Vibroseis wurde auf den Alpentraversen ausgiebig von Sprengschüssen Gebrauch gemacht. Gesamthaft wurden etwa 100 Sprengschüsse mit Ladungen von 50 - 300 kg Dynamit in Bohrlöchern von ca. 50 m Tiefe (**Bild 6**) abgefeuert. Ferner wurden die Refraktionsschüsse der EGT (Europäische Geotraverse) mit Ladungen von 1000 - 2000 kg Dynamit mit unserer Auslage registriert. Die Abstände von «online» Weitwinkelschüssen betragen im Mittel 5 km.

Wo Geländeschwierigkeiten den Einsatz von Vibratoren verhindern, z.B. Rawilpass, werden Sprengschüsse in Abständen von wenigen hundert Metern benötigt, dies mit entsprechendem Aufwand an Zeit und Kosten. In diesem Zusammenhang kam der Gedanke auf, mit Helifallgewichten zu experimentieren (**Bild 7**).

Grundsätzlich sind wir vor allem daran interessiert, mit seismischen Messmethoden zu experimentieren, die sich auf typisch alpine Ingenieurprobleme anwenden lassen (Alpentunnels). Was in den Alpen benötigt wird, ist ein leicht transportables System (Energiequelle und Aufnahmeapparatur), mit genügendem Tiefgang und genügendem Auflösungsvermögen im Hartgestein. Solche Messmethoden müssen in jedem Fall der lokalen Problemstellung angepasst werden, was nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Geologen und Geophysikern möglich ist.

### 3. Bericht über die Westtraverse

#### *Die Messauslage*

Die Auswahl der Feldparameter entspricht einer Kompromisslösung, indem eine genügend grosse Eindringtiefe (20 sek. Reflektionszeit) gewährleistet werden muss, ohne das Auflösungsvermögen in den untiefen Lagen (0 - 4 sek.) bis zur Unzulänglichkeit zu reduzieren. Die hier gewählten Parameter sind das Ergebnis von Testmessungen die auf der Osttraverse durchgeführt wurden.

Feldparameter der CGG Auslage:

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| Länge der Auslage              | 19'420 m          |
| Anzahl Geophongruppen          | 244               |
| Geophongruppenabstand          | 80 m              |
| Anzahl der Geophone per Gruppe | 18 - 24           |
| Vibratorgruppenabstand         | 40 m              |
| Anzahl Vibratoren              | 5                 |
| C D P                          | 20 m              |
| Überdeckung                    | 2 x 120 fach      |
| Vibroseissweep                 | 60 (+4) sek.      |
| Sweep                          | linear 10 - 48 Hz |
| Vertikale Stapelung            | 2 x               |
| Ladung der Steilwinkelschüsse  | 70 - 300 kg       |
| Arbeitszeit                    | 20.00 - 05.00 h   |





**Bild 6** Bohrgerät für Sprengschußseismik auf dem Rawilpass. Zusätzlich zur Vibroseis wurden Sprengschüsse von 30 - 300 kg Dynamit zur Erzeugung akustischer Siganle eingesetzt. Je nach der Ladung werden kostspielige Bohrlöcher von 50 - 100 Meter Tiefe benötigt. Die scharfen akustischen Signale von Sprengschüssen sind für Reflexionsseismik weitaus geeigneter als Vibrationen, doch verhindern die ausserordentlich hohen Kosten eine weiträumige Verwendung.



**Bild 7** Heli - Fallgewichtseismik. Experimente mit neuen Energiequellen für Reflexionsseismik unter alpinen Bedingungen gehören zur Aufgabe von NFP-20. Hier wird das akustische Signal des Aufpralls eines Fallgewichtes (400 kg Stahlkette), gezielt vom Helikopter, aus Höhen von 50 - 150 Metern abgeworfen, untersucht. Die beweglichen Glieder der zusammenschweissten Kette erlauben einen einmaligen Aufschlag und verhindern ein elastisches Auf- und Niederschlagen des Fallgewichtes.



Die Feldarbeiten vom 1.9. - 30.9.1987 waren durch das ausserordentlich trockene Wetter während der Aufnahmeperiode begünstigt. Die Hochwasser im August hingegen verursachten erhebliche Mehrkosten bei den Bohrarbeiten für die Sprengschüsse. Eine Bohrung oberhalb Zinal wurde verschüttet.

Die Aufnahmen der Vibrationsseismik im Simmental waren mit den Arbeiten der Refraktionslinie (Projekt Ansorge) entlang der nördlichen Alpenfront koordiniert (Sprengschüsse Jaun).

Die Sprengschüsse Cervinia, San Giacomo und Brusson auf italienischem Gebiet wurden in Zusammenarbeit mit CROP ITALIA ausgeführt. CROP registrierte auch die NFP-20 Schüsse im Vispental und Val d'Anniviers mit einer Auslage im Val d'Ayas.

Das Gebiet der Rawilsenke zwischen Iffigenalp und Tzeuzier ist über eine Distanz von ca. 5 km für Vibratorfahrzeuge nicht passierbar. Dieser Datenausfall wurde mit 14 Sprengschüssen mit Ladungen von 50 - 70 kg DNT überbrückt.

Die Geländeschwierigkeiten im Rawilgebiet liessen sich dank der Mithilfe des Alpenkorps reibungslos und unter Einsparung erheblicher Kosten überwinden. Armeehelikopter und Train standen währen einer vollen Woche mit beispielhaftem Einsatz zur Verfügung (**Bild 8**).

#### *Vorläufige Interpretation der Sprengschussdaten der Westtraverse (**Bild 9-16**)*

Die Resultate der Feldaufnahmen, speziell der Sprengschüsse, soweit sich das anhand der Einzelausspielungen beurteilen lässt, sind gut. Im penninischen Bereich sind sie sogar um einiges besser als auf der Osttraverse. Unter anderem ist dies auf die akustisch günstige Muldenlage der Profillinie (Rawil - Dent Blanche Mulde) zurückzuführen.

Die guten Sprengschussresultate mit Reflektoren, die sich z.B. im Vispental von Schusspunkt zu Schusspunkt korrelieren lassen, ermöglichten bereits anhand der Rohdaten ein vorläufiges Profil mit den wichtigsten Strukturelementen zu konstruieren. Solche Profile, wie provisorisch sie auch sein mögen, liefern nützliche Anhaltspunkte für die aufwendige EDV der Vibrationsseismik und halten das Interesse der Geologen wach.

Die ersten Ergebnisse der Sprengschußseismik lassen bereits in groben Zügen interessante und zum Teil ganz unerwartete Strukturelemente der Berner- und Walliser Alpen erkennen.

Zur Zeit liegen die kombinierten Sprengschussprofile der Linie Sierre - Zinal und Stalden - Zermatt vor. An der Linie Zweisimmen - Rawil - Granges wird noch gearbeitet.

Analog zur Osttraverse zeigen auffallend starke Reflektoren von der Moho und der Unterkruste das regelmässige Abtauchen des nördlichen Vorlandsockels unter die Alpen. Im Teilstück Zweisimmen - Lenk erscheint die Moho in einer Tiefe von ca. 12 sek. (ca. 36 km), im Rawilgebiet auf ca. 13 sek. (ca. 39 km) und taucht dann, steiler werdend, im Val d'Anniviers und im Vispental auf ca. 17 sek. (ca. 51 km) ab.

Auf der Linie Sierre - Zinal und Visp - Zermatt (**Bild 12 + 13**) erscheint im oberen Bildteil des Profils ein Band von markanten Reflektoren, die vom Rhonetal südwärts unter die penninischen Decken abtauchen.



Photo M. Senn, Bern

**Bild 8** Die Geländeschwierigkeiten im Rawilgebiet liessen sich dank der Mithilfe des Alpenkorps reibungslos unter Einsparung erheblicher Kosten überwinden. Hier ist eine Trainkolonne auf dem Weg das Messkabel mit Geophonen und Telemetrieboxen über die steilen Felspartien oberhalb Tzeuzier auszulegen.

Was sich hier abzeichnet ist wahrscheinlich das Dach der Massive (**Bild 11**) und darüber die ausgewalzten Sedimentdecken der helvetischen Wurzelzone und der penninischen Front. Entlang dieser Front wurden die externen Massive samt ihrer Sedimenthülle bekanntlich vom penninischen «traîneau écraseur» überfahren. Entlang des Rhonetals tauchen die tektonisierten Gesteinslagen der helvetischen Wurzeln, die Schiefer der Sion - Ferret Zone, das Permo-Karbon und die Permo-Trias von Pontis nach Süden ab (**Bild 11**).

Dass diese Gesteinsserien reflexionsseismisch erfassbar sind, ist von besonderem Interesse, da eine ganze Reihe von Thermalwässern im Wallis aus dem Dach der Massive entspringen (Brigerbad, Leukerbad, Saxon, Saillon, Lavez les Bains etc.).

Der basale Reflektor dieser Serie verflacht gegen Süden und erreicht bei Zermatt eine Tiefe von ca. 6 sek. (ca. 18 km) (**Bild 13**). Die Ost-West Linie Zmuttgletscher-Findelngletscher zeigt, wie zu erwarten, oberhalb des basalen Reflektors ein axiales Einfallen von ca. 30° gegen Westen (**Bild 16, W4**).

Überraschend und zur Zeit noch ungeklärt sind die nach Norden einfallenden Reflektoren unterhalb der penninischen Front auf der Linie Sierre - Zinal (**Bild 12 und 14**).

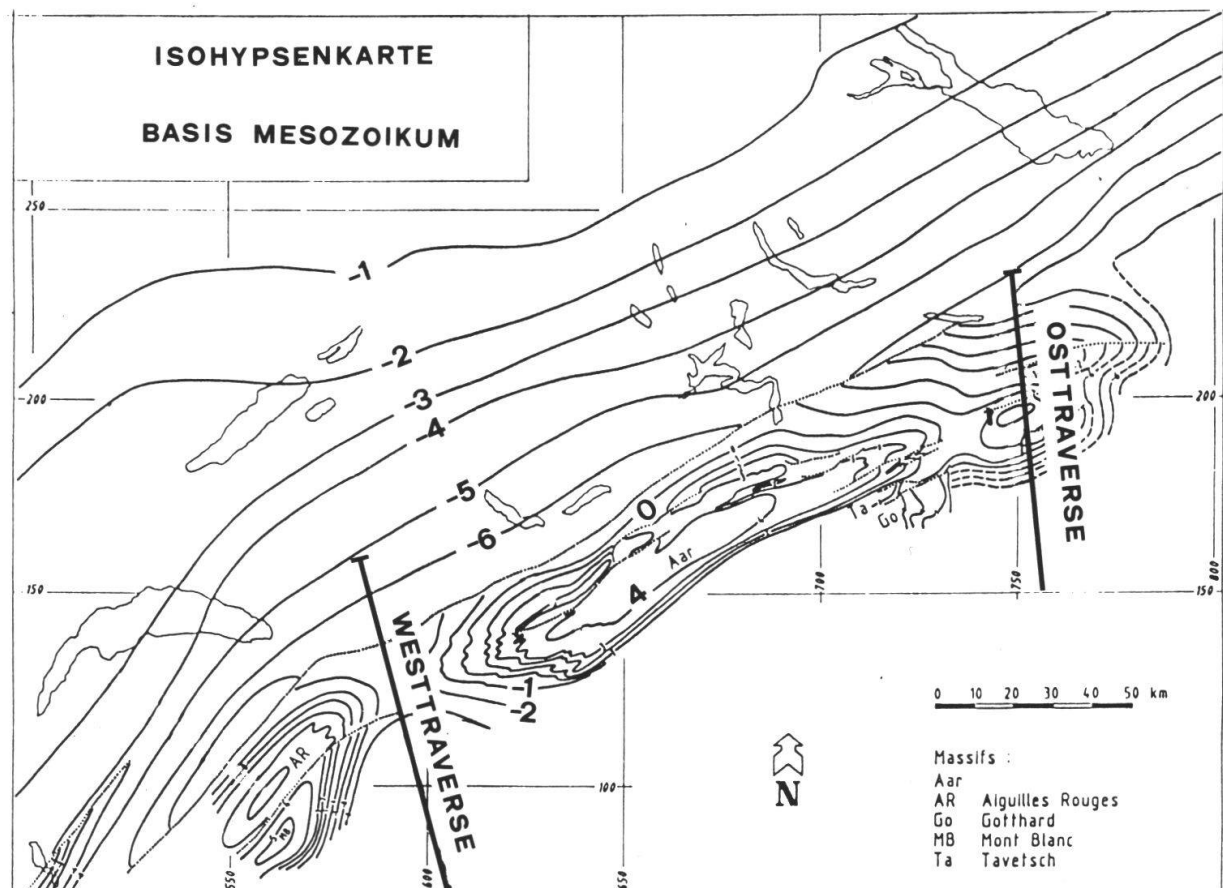
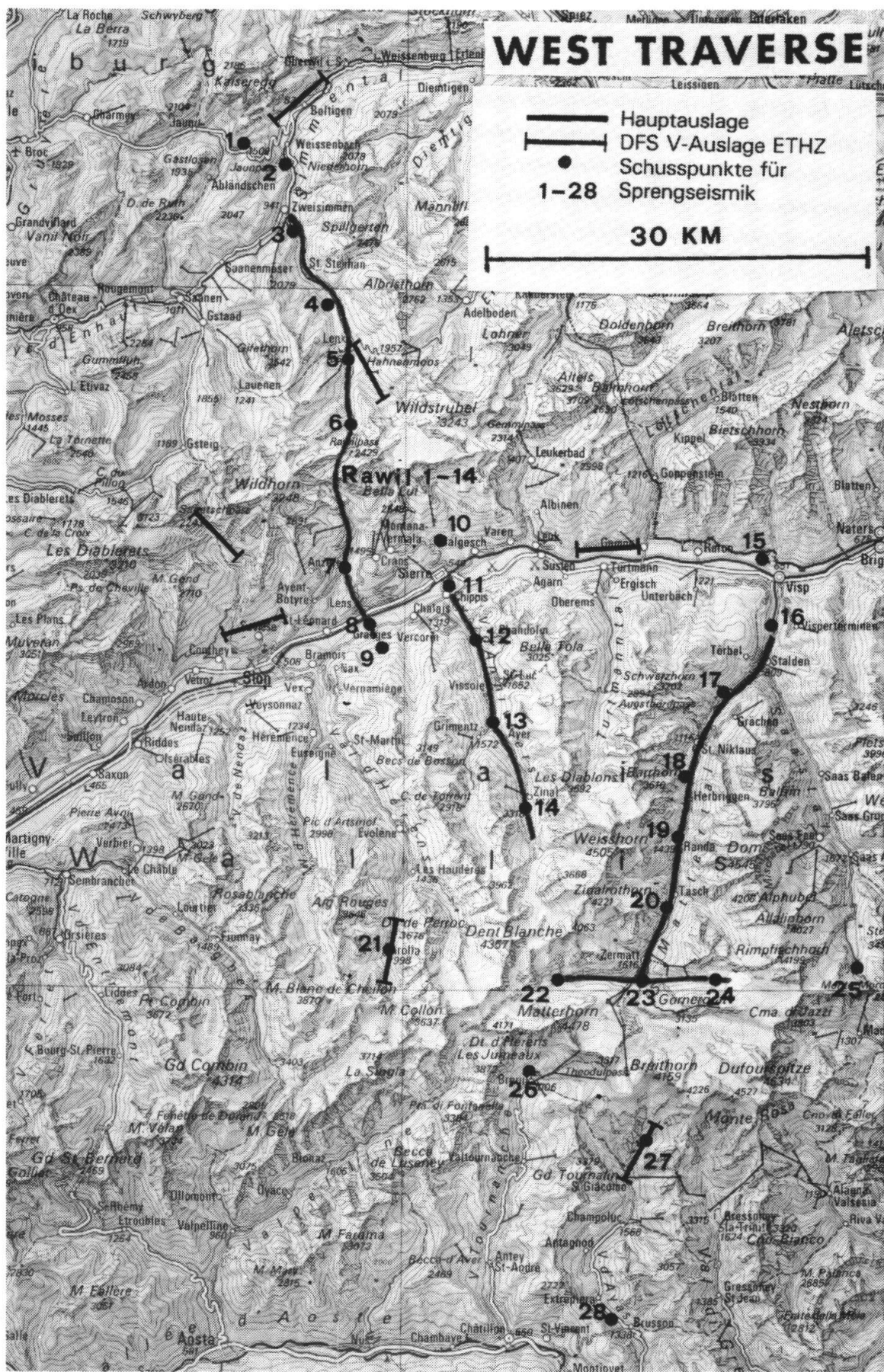
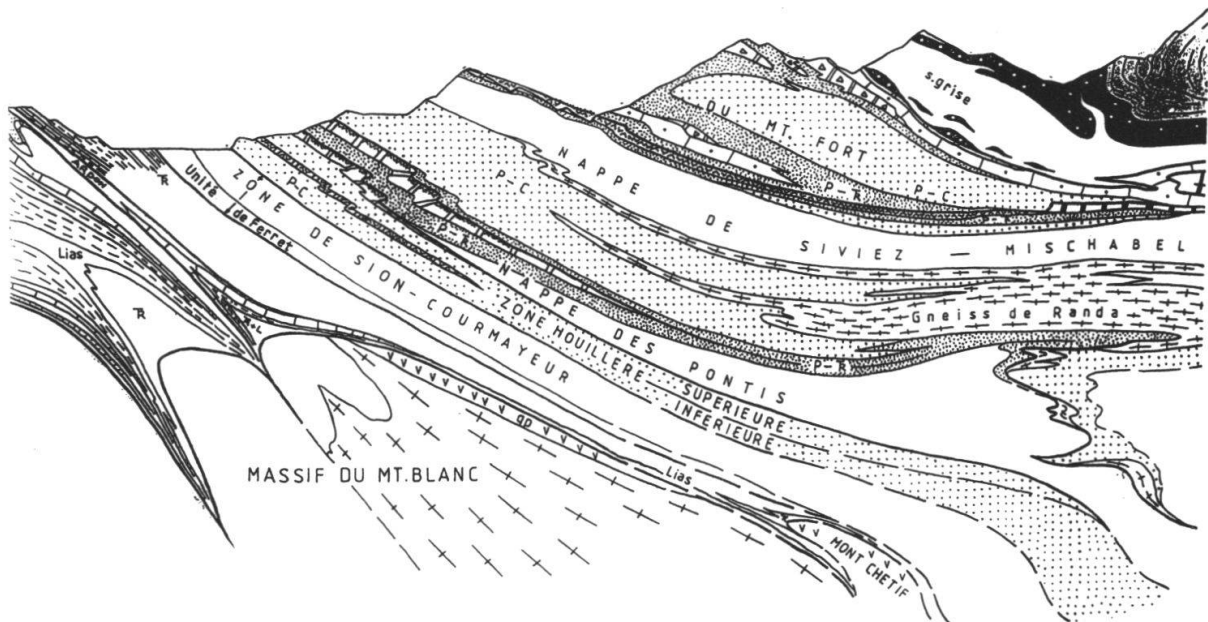
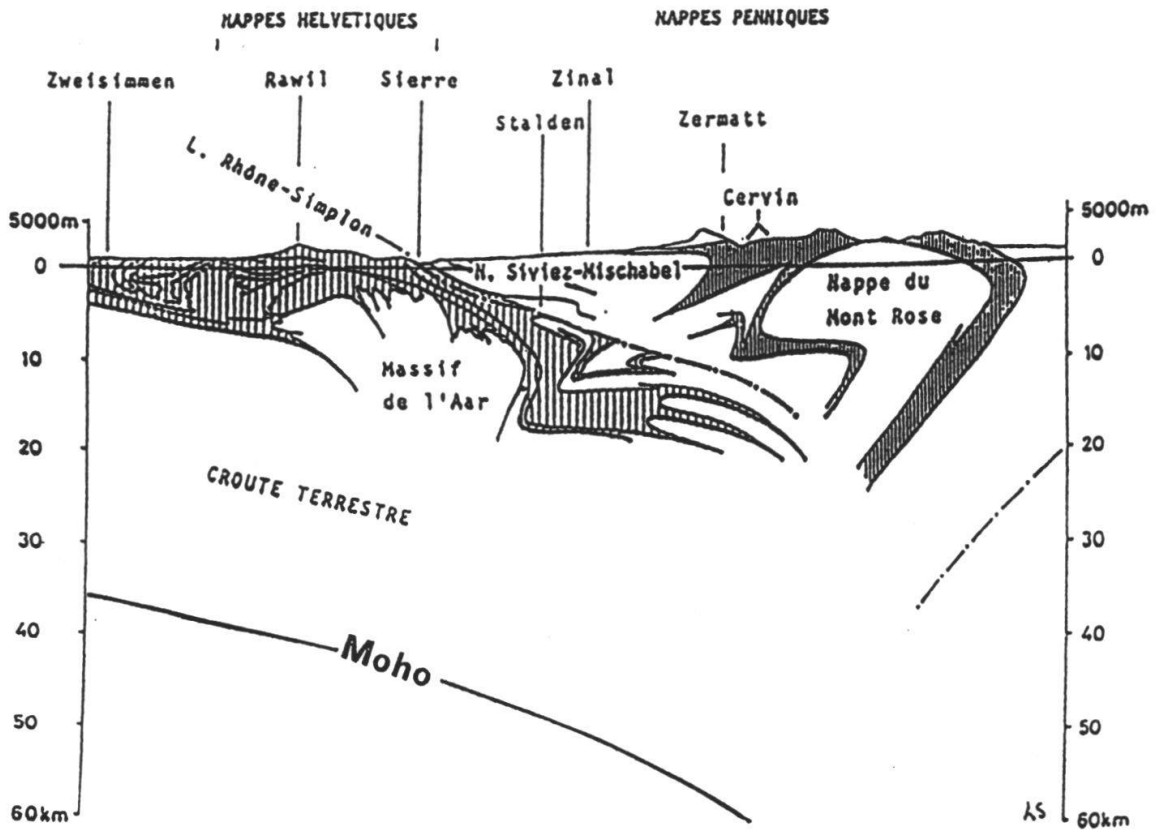


Bild 9 Isohypsenkarte der Basis des Mesozoikums im Gebiet des Schweizerischen Molassebeckens und der externen Massive. Isohypsen in km bezogen auf das Meeresniveau.  
Nach A. PFIFFNER, 1986.

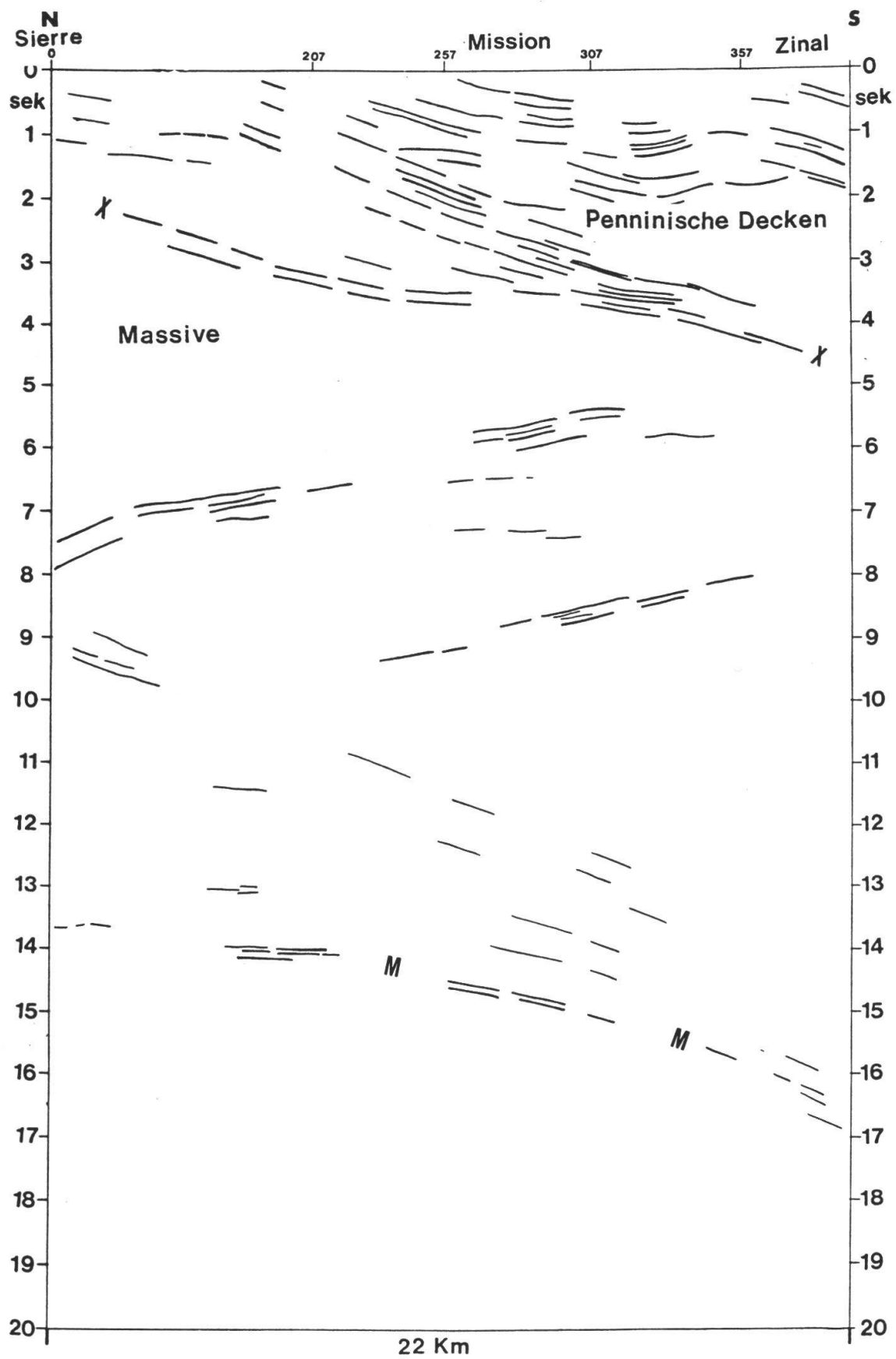




**Bild 10** Trasse der drei Segmente der Westtraverse.

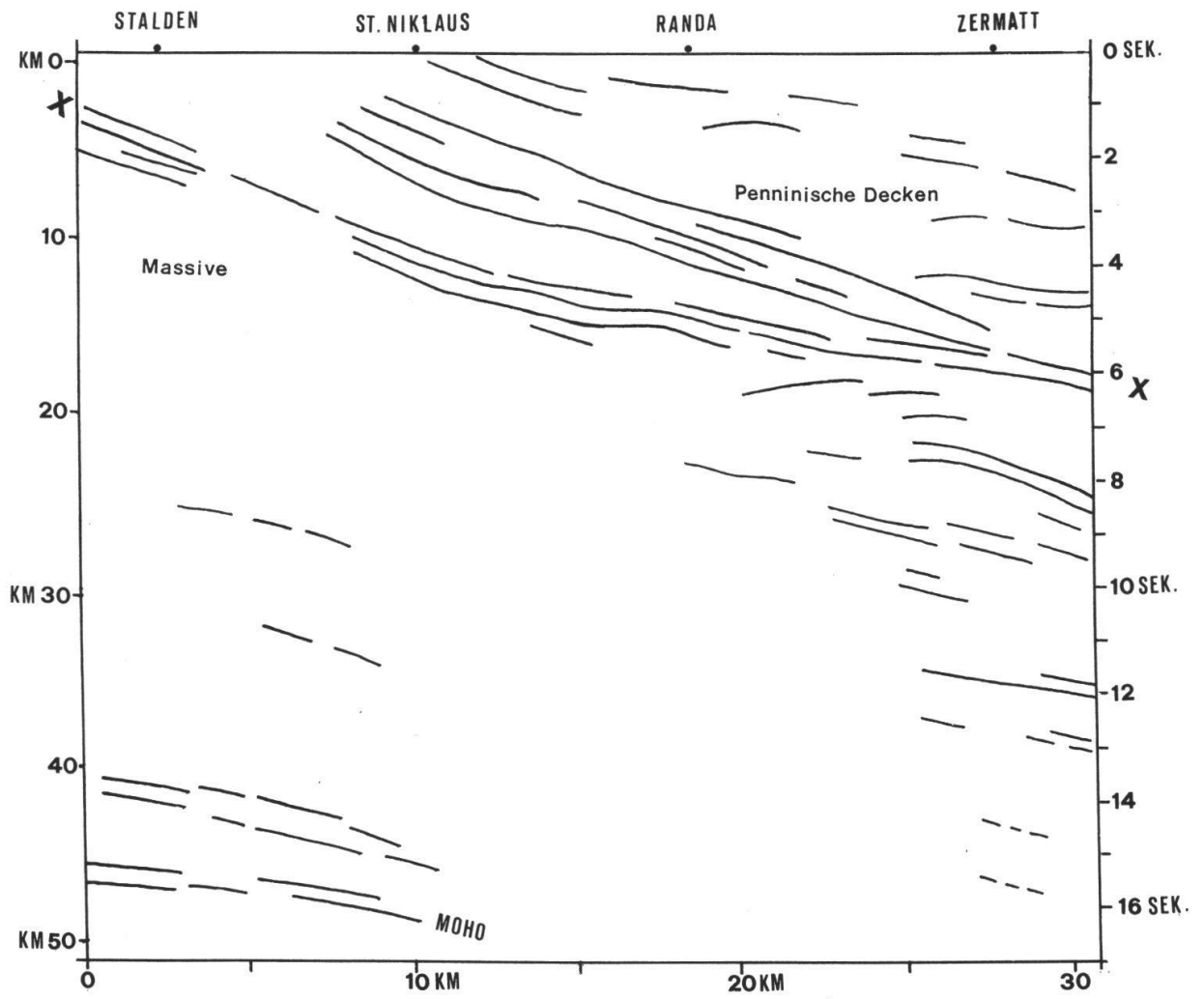


**Bild 11** Prognostische Profile von A. ESCHER, H. MASSON und A. STECK im Bereich der Westtraverse. Die dick ausgezogene Linie an der Basis der Unité de Ferret bezeichnet die penninische Front.

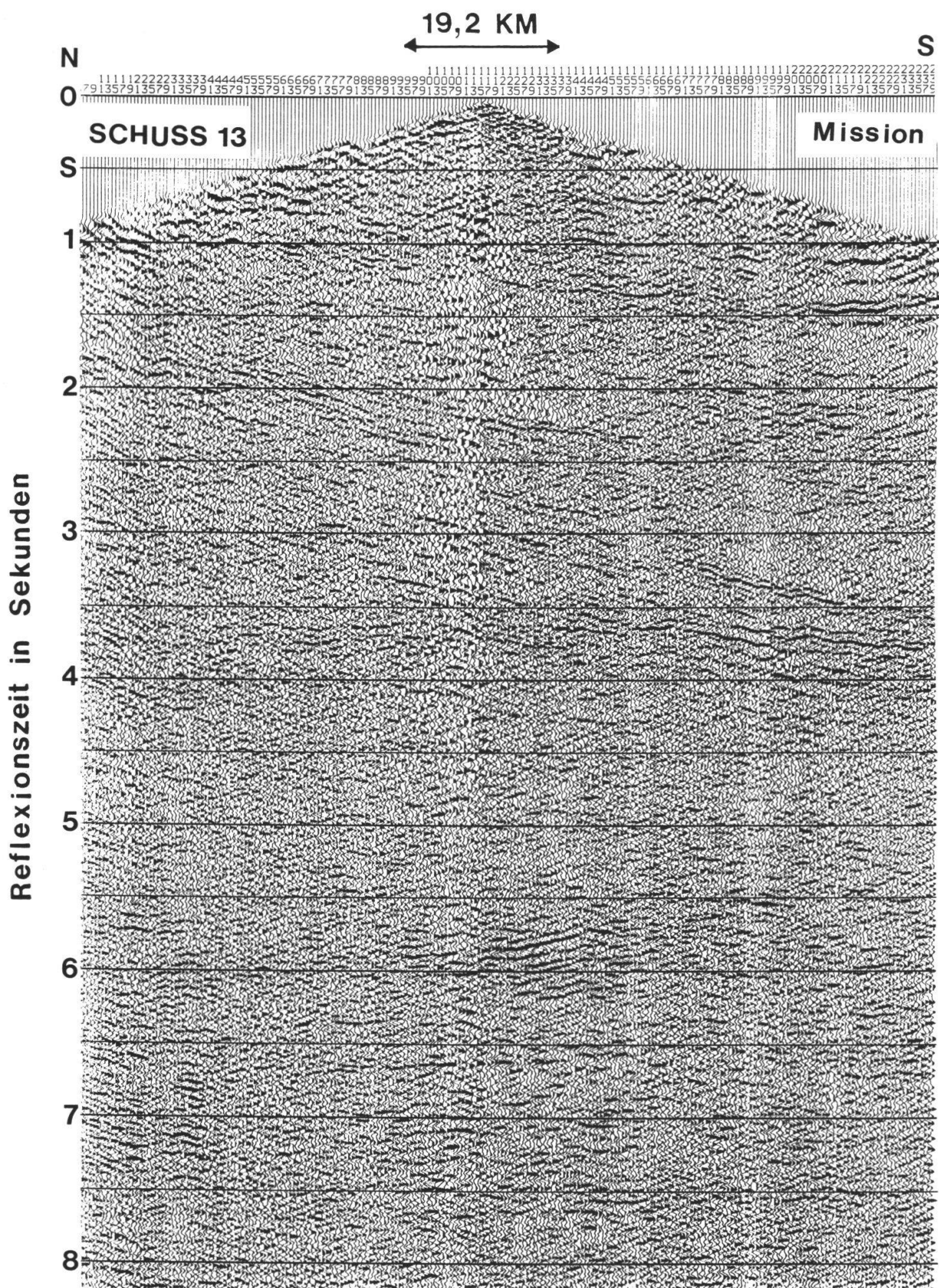


**Bild 12** Sprengschussprofil Sierra — Zinal. Unmigrierte Strichzeichnung des Reflexionsprofils.  
 X - X vermutlich Dach der Massive. M = Moho. Ungefähre Tiefe in km = Reflexionszeit x 3.  
 (Bezugsniveau aller Profile = 1200 m ü.M.)

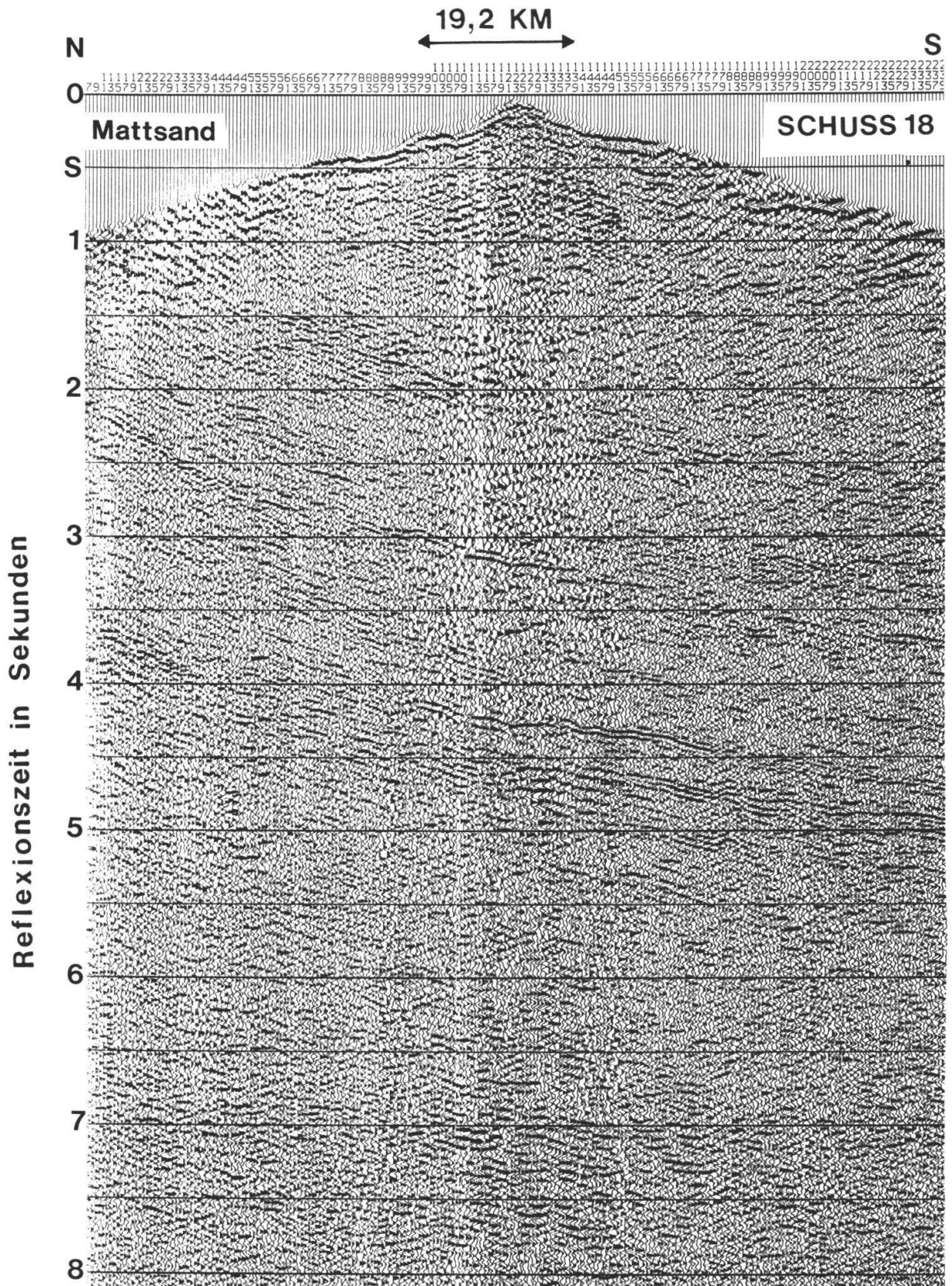




**Bild 13** Sprengschussprofil Stalden - Zermatt. Reflektorband X - X vermutlich Dach der Massive.  
 (Unmigrierte Strichzeichnung des Reflexionsprofils)

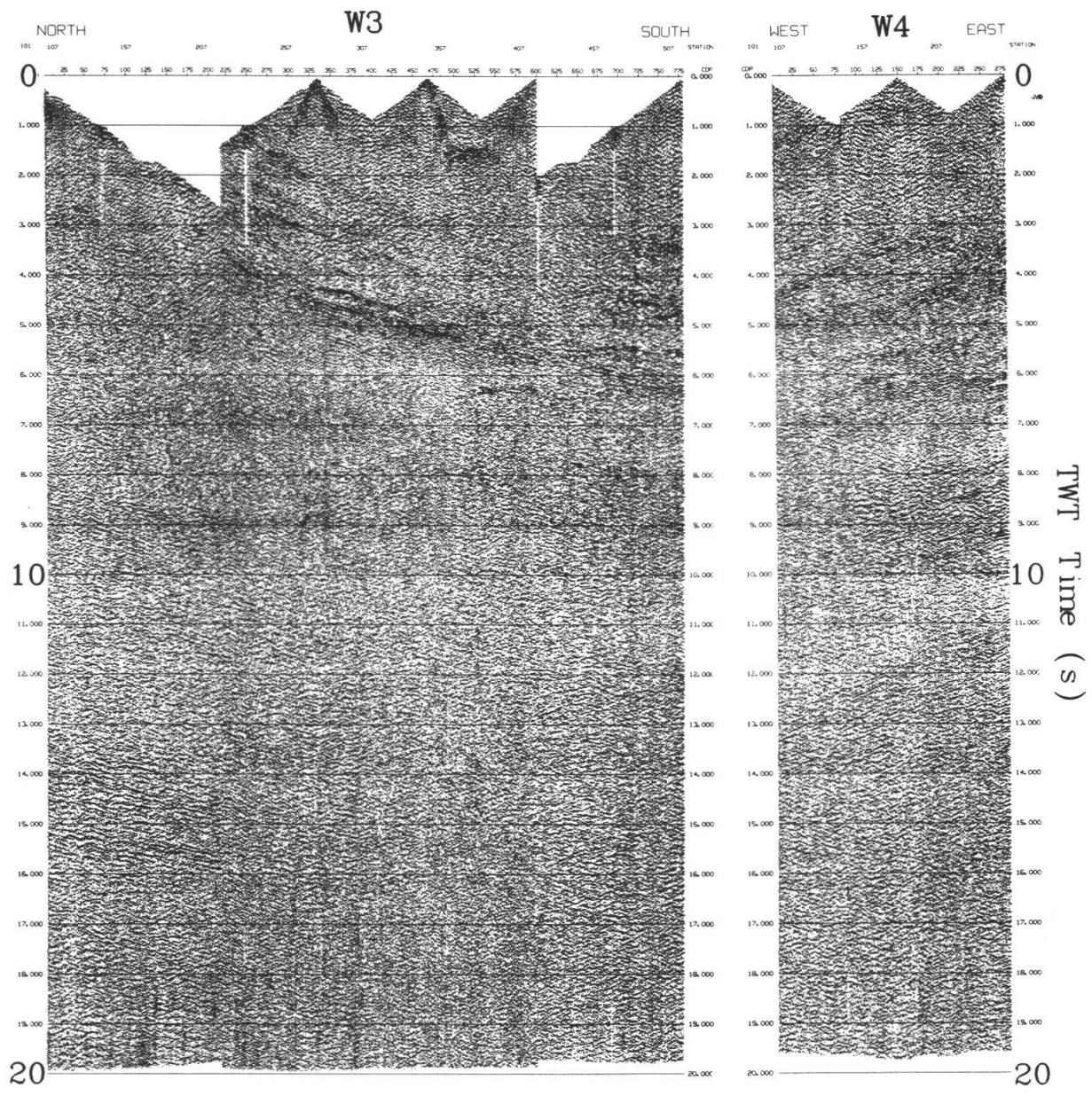


**Bild 14** Sprengschuss 13 bei Mission. Vergleiche mit Sprengschussprofil Sierre-Zinal auf Bild 12.



**Bild 15** Sprengschuss 18, Mattsand im Vispental. Vergleich mit Sprengschussprofil Stalden-Zermatt auf Bild 13 und 16.





**Bild 16** Sprengschussprofil W3, Stalden-Zermatt, und W4, Zmuttgletscher-Findelengletscher. W4 liegt rechtwinklig am Südennde von W3, parallel zum alpinen Streichen.

#### 4. Erste Ergebnisse der Vibroseismik der Osttraverse (Bild 17-29)

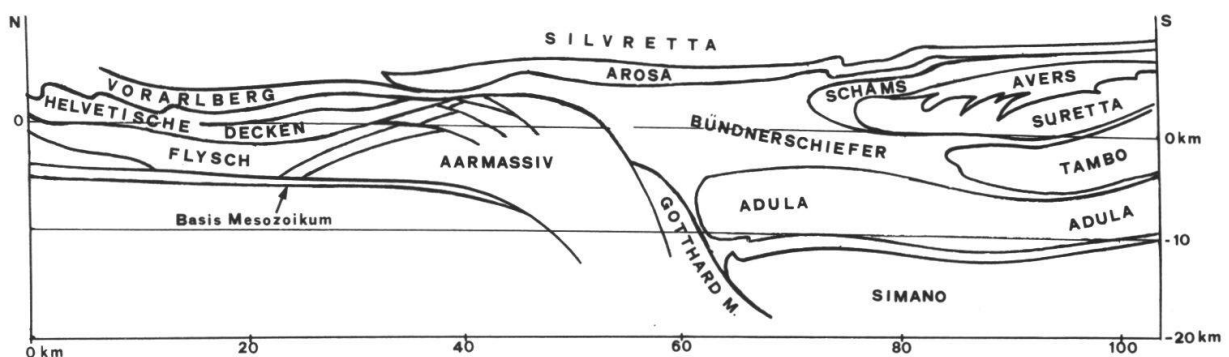
Über die ersten Ergebnisse der Sprengschußseismik der Osttraverse (**Bild 20**) wurde bereits im Bulletin der VSP vom April 1987 berichtet. Zur Zeit liegen die ersten Resultate der Datenverarbeitung der Vibrationsseismik vor.

Im nördlichsten Teilstück des Profils, zwischen Wildhaus am Säntis und Ragaz (**Bild 22**) erscheint auf ca. 2.8 sek. die Basis der Sedimentschichten des südlichen Molassebeckens als starker Reflektor. Die Front des Aarmassivs wird im Gebiet Buchs - Sevelen sichtbar. Von hier steigt die verschuppte Kristallin-Obergrenze zum Fenster von Vättis auf.

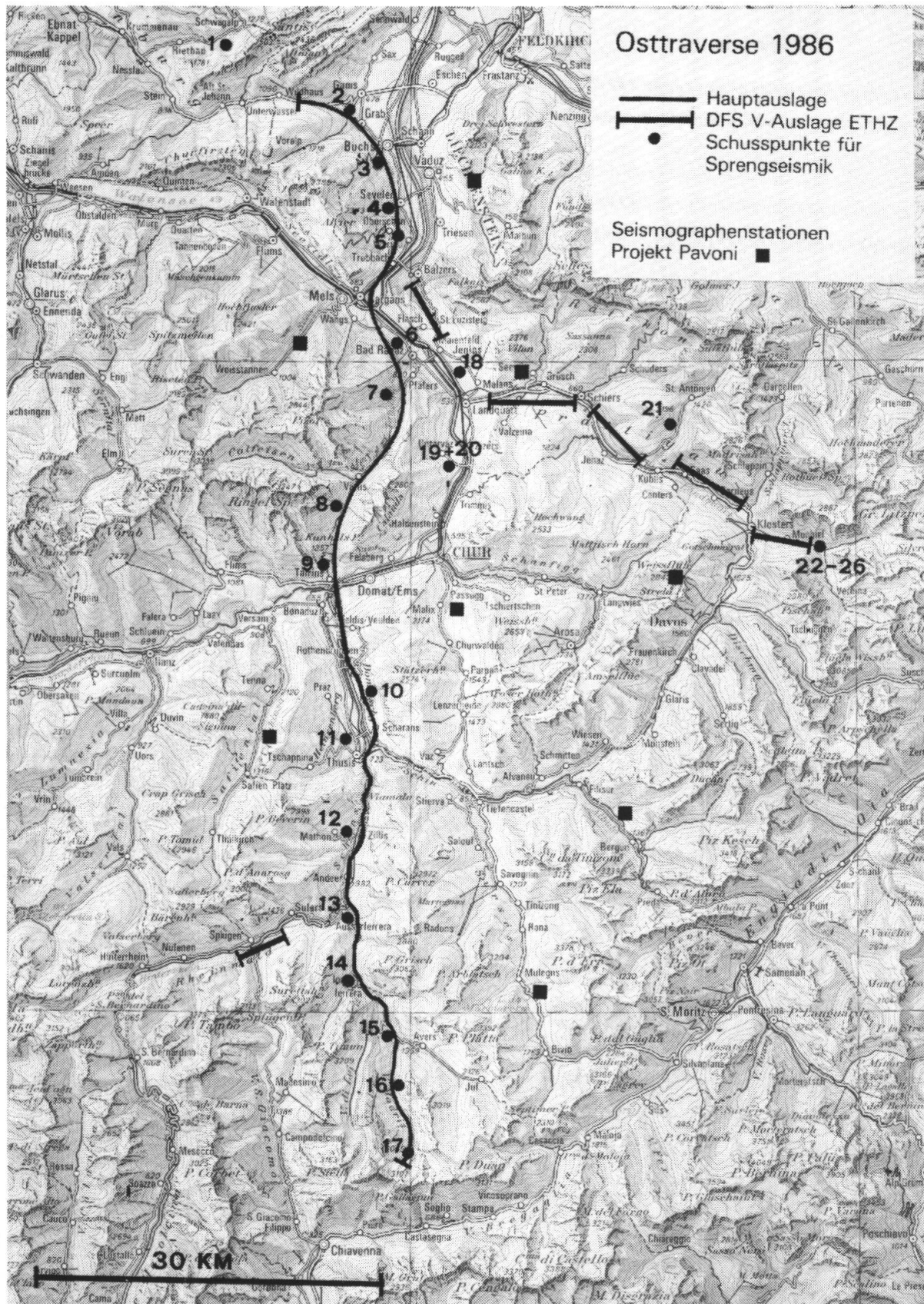
Die steil nach Süden abtauchenden Reflektoren im Gebiet von Tamins (**Bild 20 + 21**) dürften dem Dach der Massive und der penninischen Front (Basis Bündnerschiefer) entsprechen.

Das südlichste Teilstück der Osttraverse, von Andeer nach Sovrana im Val Madris (**Bild 23 und 24**), wurde der Firma Prakla Seismos zur Datenverarbeitung übergeben. Dieses Teilstück liegt bekanntlich im Bereich der Splügen-Variante der geplanten Alpendurchstiche der Bahn 2000. In Absprache mit dem Bundesamt für Verkehr mussten unsere Seismikprofile für die Tunnelprognose bereits im Mai 1987 vorliegen, was bei interner Datenverarbeitung durch NFP-20 nicht machbar war.

Die Daten sind auch in den untiefen Bereichen von guter Qualität, was umso erstaunlicher ist, da unsere Feldparameter (80 m Stationsabstand statt z.B. 25 m wie das im Mittelland üblich ist) auf tiefe Horizonte abgestimmt waren. Für die Tunnelprognose war vor allem wichtig, die wasserführenden, ingenieurtechnisch schwierigen Sedimentlagen der Splüngenzone mit der Reflexionsseismik zu erfassen.

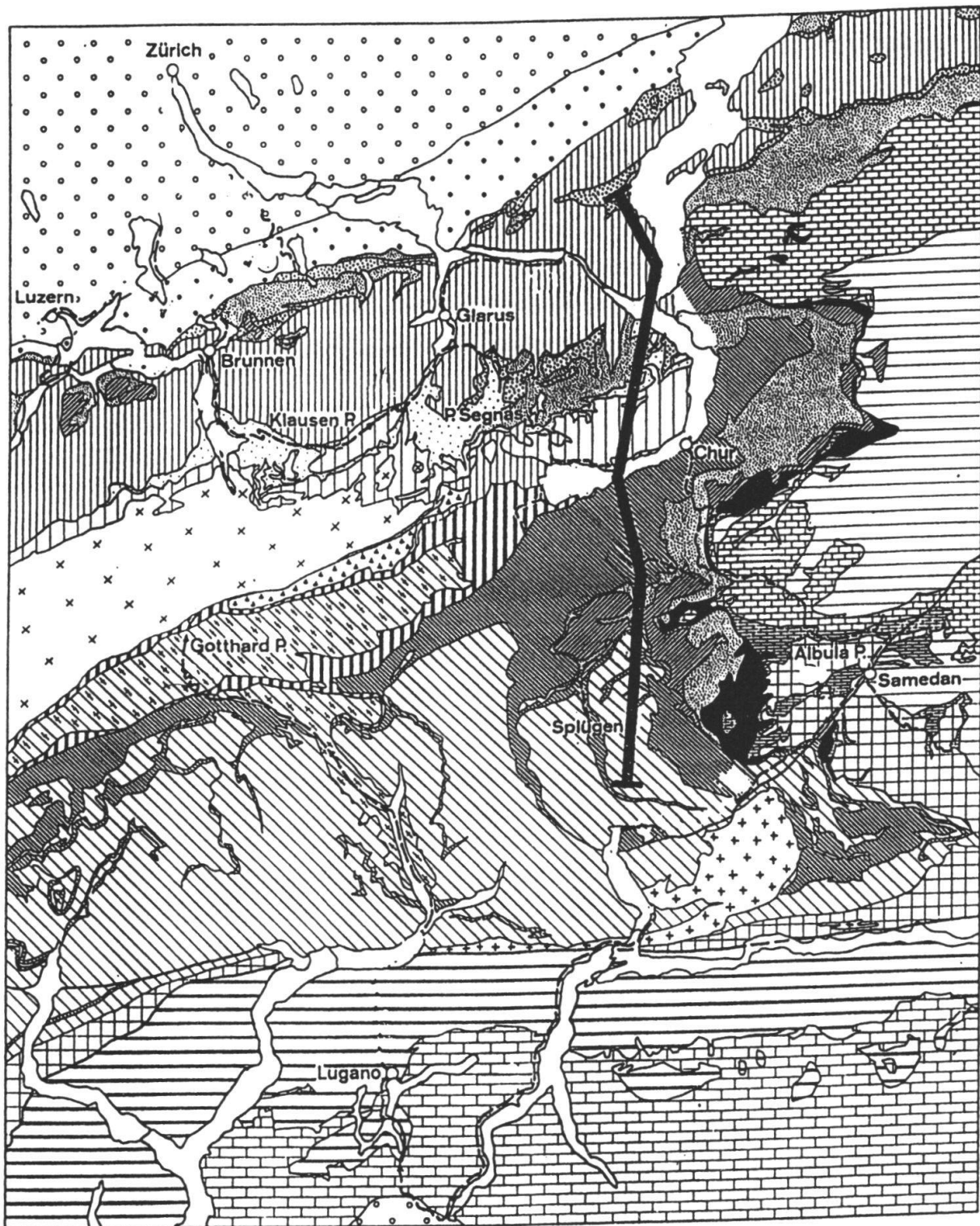


**Bild 17** Prognostisches Profil im Bereich der Osttraverse nach A. PFIFFNER 1985.

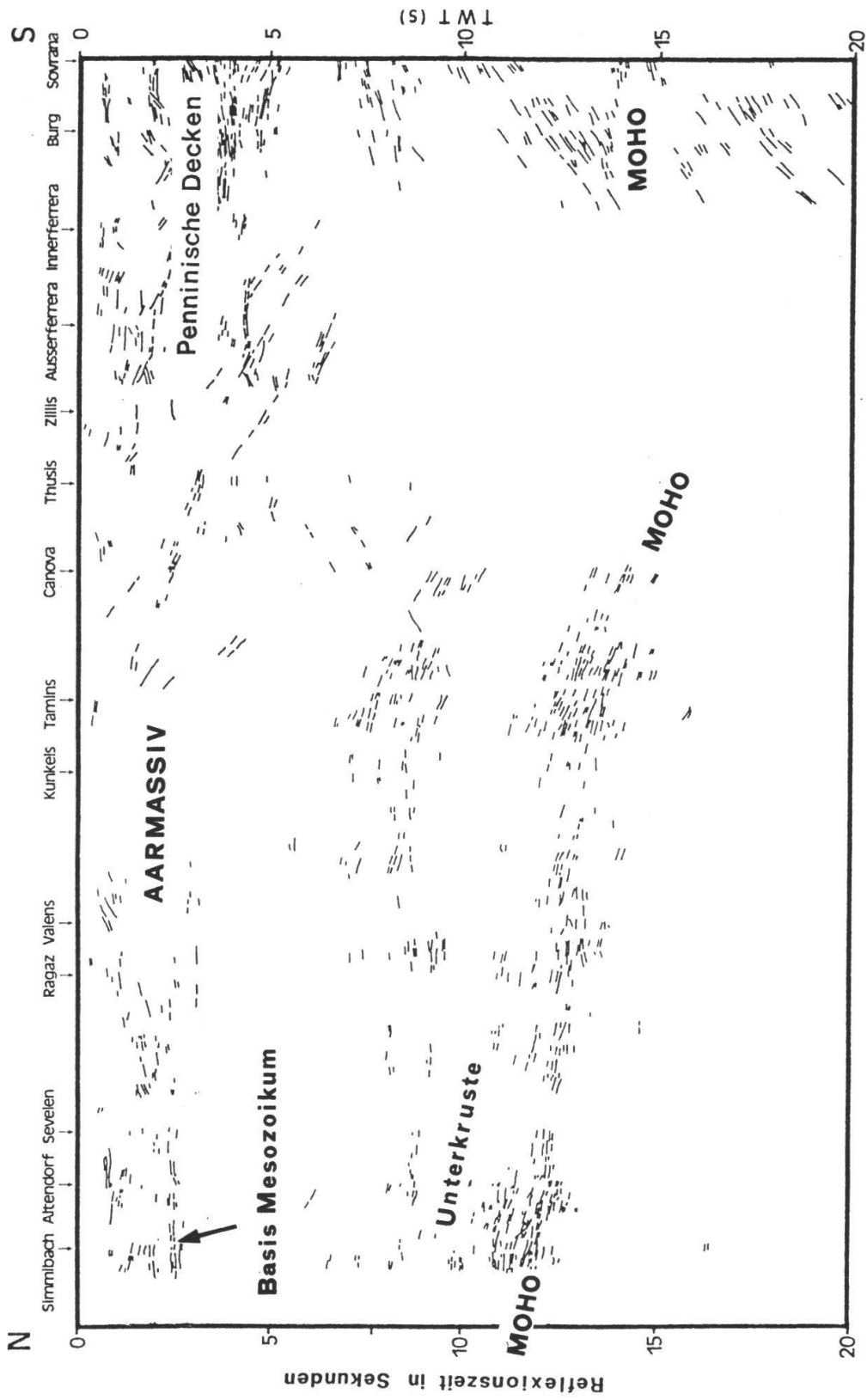


**Bild 18** Trasse der Osttraverse von Wildhaus am Säntis über Ragaz, Tamins, Thusis und Andeer zur Alpe Sovrana im Val Madris, an der Grenze Schweiz/Italien. Die Seismographenstationen des Projekts Pavoni sind für eine mehrjährige Beobachtung der in diesem Gebiet besonders häufigen Erdbeben stationiert.

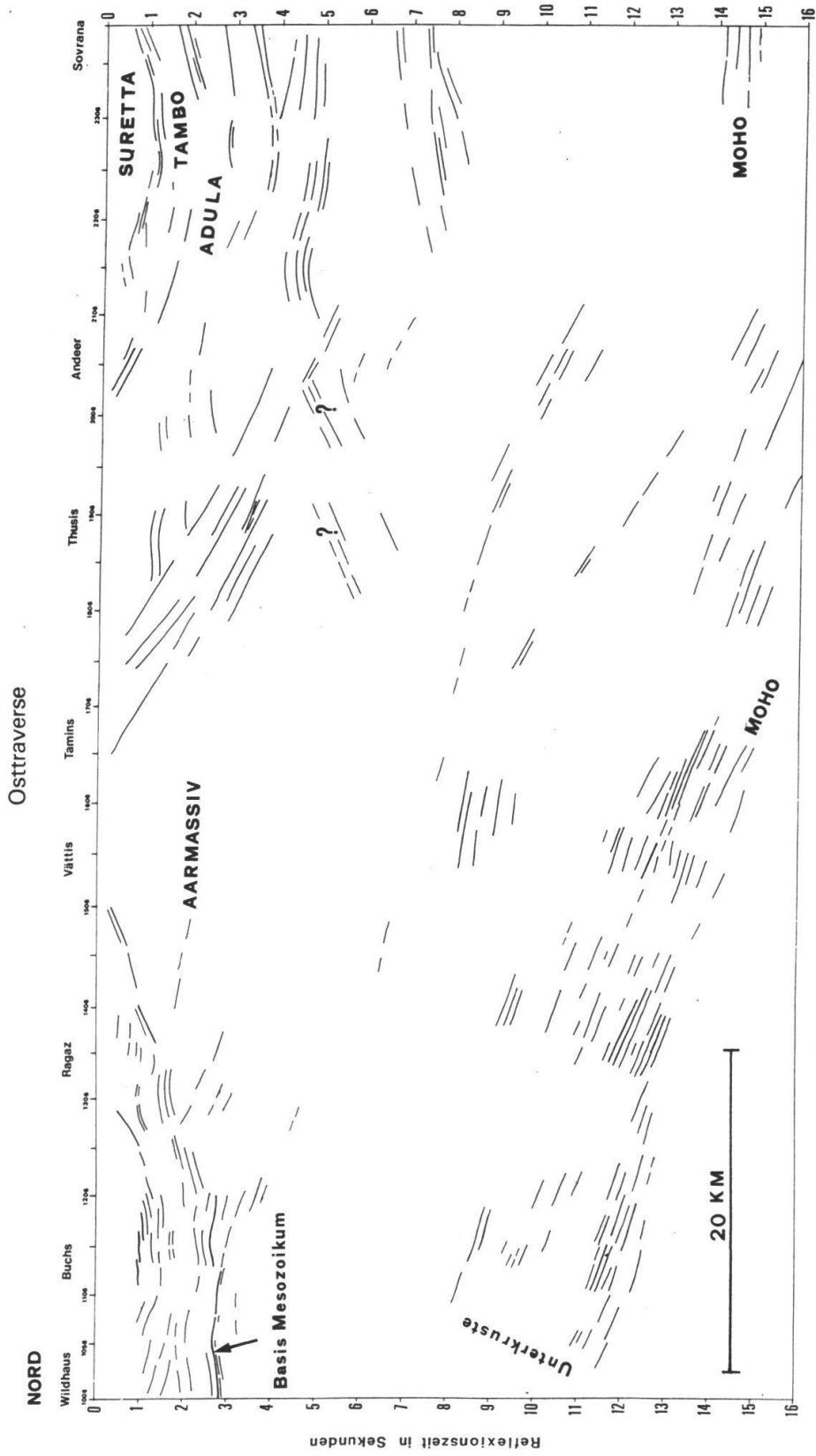




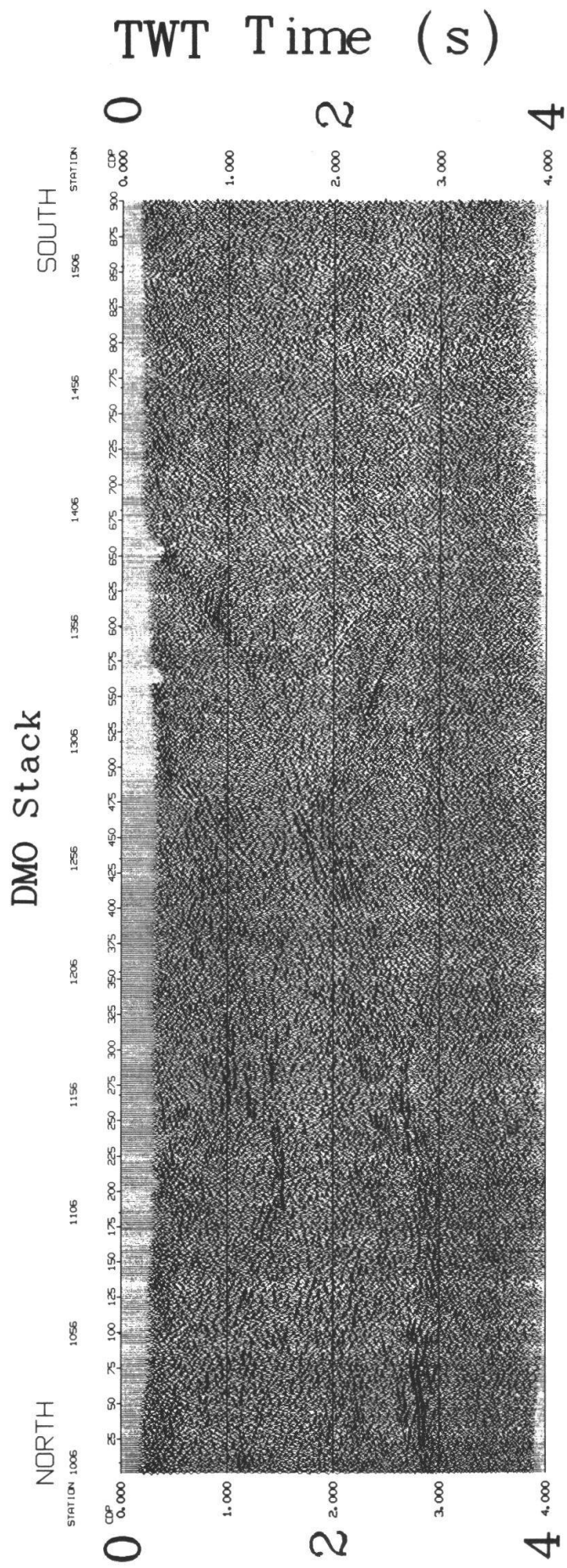
**Bild 19** Tektonische Karte mit dem Trasse der Osttraverse. Die Traverse beginnt in den Helvetischen Sedimentdecken, welche hier den südlichen Teil des Molassebeckens überlagern, durchquert das Kristallfenster von Vättis und erreicht bei Tamins die penninische Front. Im Süden endet die Linie in den Gneisen der Surettadecke, die hier mit etwa  $30^\circ$  axial gegen Nordosten abtauchen.



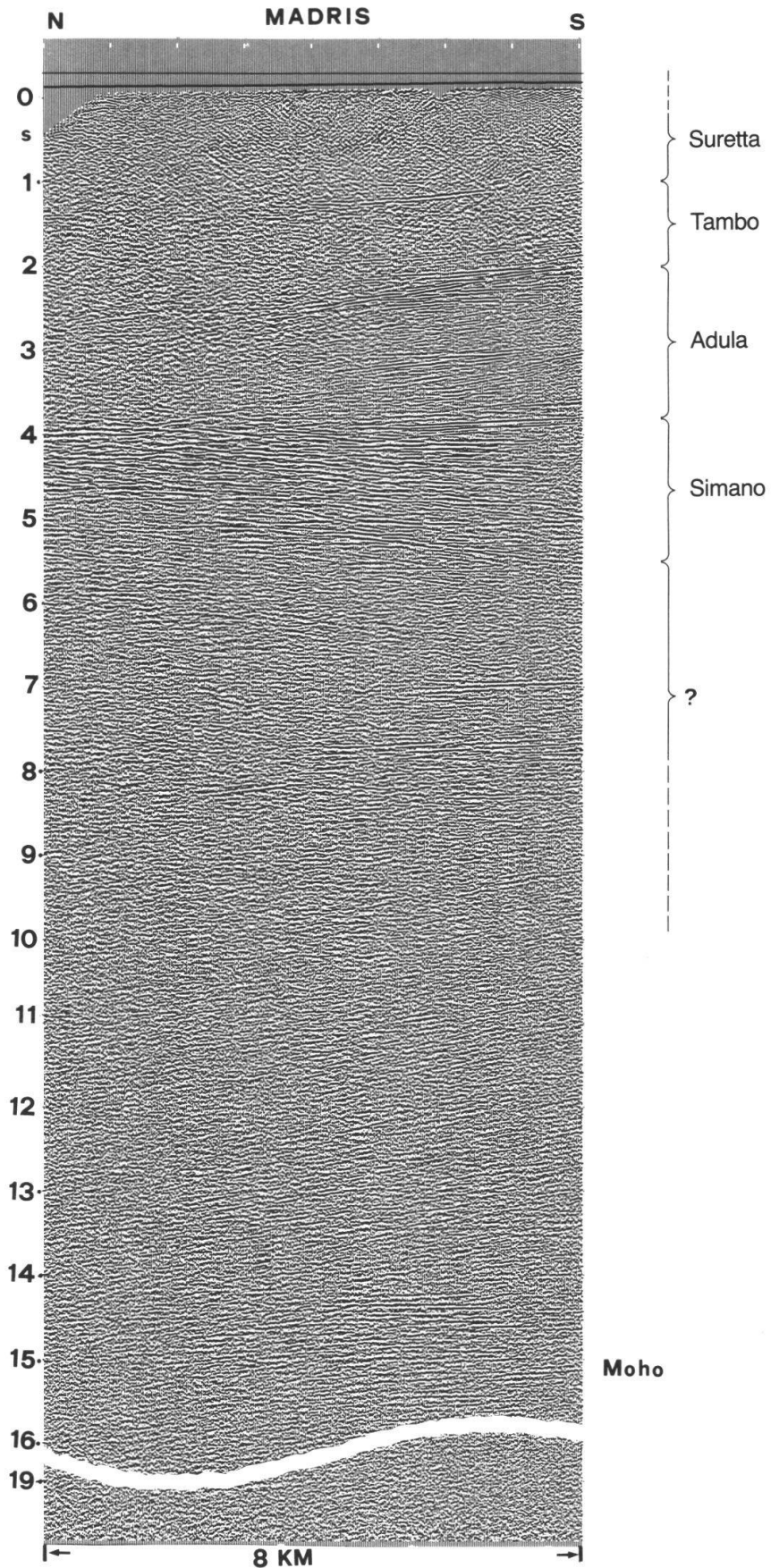
**Bild 20** Vorläufige Interpretation der Weitwinkel-Sprengschußseismik entlang der Osttraverse.  
(Unmigrierte Linienzeichnung des Reflexionsprofils)



**Bild 21** Vibroseisprofil Wildhaus - Sovrana. (Unmigrierte Linienzeichnung des Reflexionsprofils)

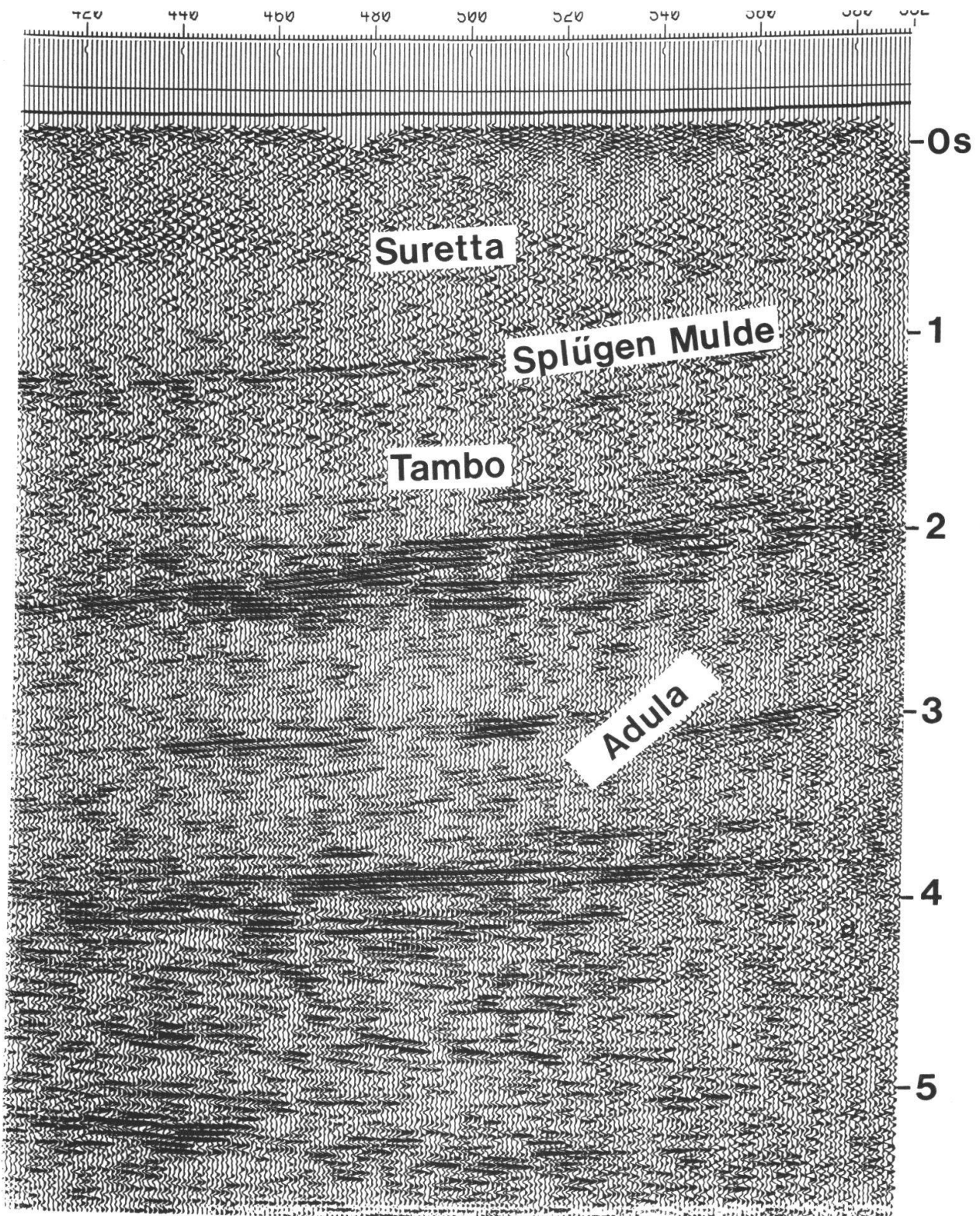


**Bild 22** Oberste 4 Sekunden des Vibroseisprofils Wildhaus-Kunkels, gestapelt mit einem «Dip Move Out» Programm.



**Bild 23** Vibroseisprofil des südlichsten Teilstücks der Osttraverse von Andeer nach Sovrana. Die akustisch mehr oder weniger transparenten Gneismassen der penninischen Decken lassen sich durch die Reflektoren von den mesozoischen Sedimentlagen (Deckentrennern) abgrenzen. Auf 14.5 bis 15 sek. das Reflexionsband der Moho, auch hier in guter Übereinstimmung mit der Refraktionsmoho.

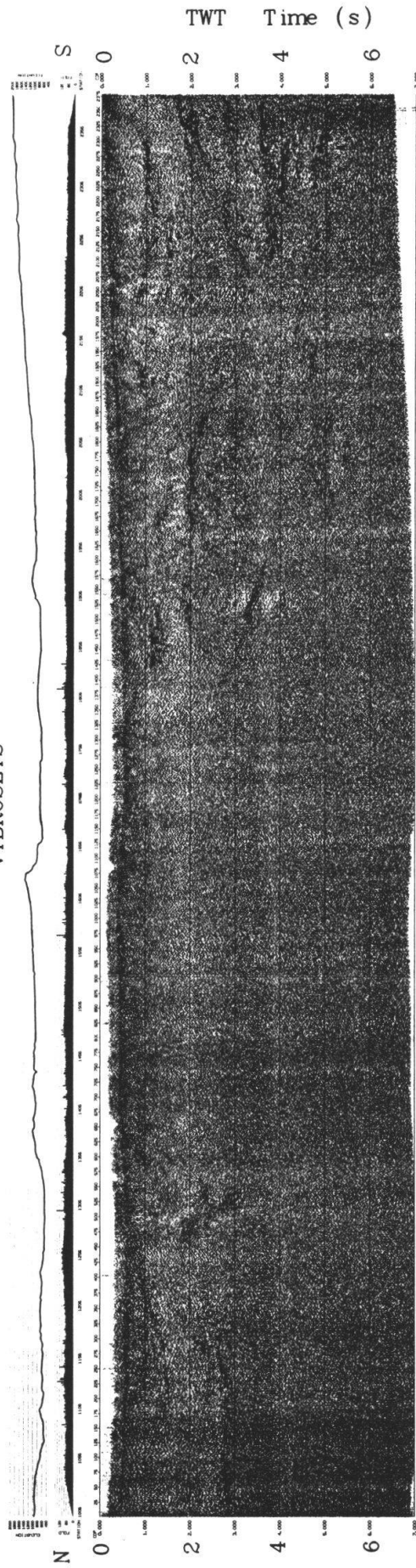




**Bild 24** Detail von Vibroseisprofil Val Madris.



NFP20  
OST TRAVERSE  
VIBROSEIS



**Bild 25** Oberste 7 Sekunden des Vibroseisprofils der Osttraverse. Über dem Seismikprofil das topographische Profil als durchgezogene Linie, darunter der Überdeckungsbetrag des gestapelten Profils.

## Nachwort

Vor zwei Jahrzehnten hat die Plattentektonik, damals «New Global Tectonics» genannt, die Erdwissenschaftler aufgerüttelt. Die neue Theorie hat sich in der Folge ausserordentlich gut bewährt und die geologische Forschung neu belebt.

Die Plattentektonik stützte sich fast ausschliesslich auf die geologische Erforschung der Ozeane. Ihre Aussagen beziehen sich in erster Linie auf die ozeanische Kruste, deren Entstehung in ozeanischen Rücken und deren Abtauchen in den Erdmantel in den Tiefseegräben.

Die Kontinente sind wohl in die Kinematik der Platten miteinbezogen, über die Entstehung und die Natur der kontinentalen Kruste erlaubt die Plattentektonik aber nur generelle Aussagen.

Das Joides Programm (Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling), welches zur Erforschung der Ozeane lanciert wurde, mit dem Tiefseebohrschiff «Glo-mar Challenger», genoss den erheblichen Vorteil, dass die Explorationsstrategie zum vornherein weitgehend feststand. Es galt nämlich bestehende Hypothesen und Theorien über die Entstehung der Ozeane und die Kontinentaldrift zu testen. Die wichtigsten Schritte in der Entwicklung dieses Gedankengutes verdanken wir bekanntlich WEGENER (1920), HESS (1962), VINE und MATHEWS (1963), WILSON (1963), BULLARD (1965) und MORGAN (1968).

Das gegenwärtige GGT Programm (Global Geoscience Transect) zur Erforschung der kontinentalen Kruste, ein internationales Programm im Rahmen des Lithosphärenprojektes, steht vor einer bedeutend schwierigeren Aufgabe.

Über die Entstehung und den Aufbau der kontinentalen Kruste und deren Verhalten unter verschiedenen Druck — und Temperaturbedingungen, vor allem bei tektonischer Beanspruchung, bestehen keine umfassenden Hypothesen oder Theorien. In dieser Beziehung sind Kontinente geologisches Neuland. Der Stand des Wissens ist vergleichbar mit dem der Ozeane vor etwa 50 Jahren.

In dieser «terra incognita» kontinentaler Krustenbereiche bilden die Orogene, das heisst die Kollisionszonen kontinentaler Platten eine Ausnahme.

Was zum Beispiel die Struktur und Kinematik der Alpen betrifft, können wir uns auf die Ergebnisse einer systematischen Erforschung stützen, die bis auf die genialen Profile von E. ARGAND (1917) zurückreicht.

Das regelmässige alpine Axialgefälle ermöglichte es, nämlich, die an der Oberfläche sichtbaren Strukturen beidseitig der Tessiner Kulmination, bis in Tiefen von etwa 10 km mit einiger Sicherheit zu projizieren. Die klassischen Alpenprofile von A. HEIM (1917), E. ARGAND (1922) und R. STAUB (1924) zeigen diesen Tiefgang. Eigentliche Krustenprofile moderner Prägung, unter Einbezug von Refraktionsseismik, Gravimetrie und Magnetik sind jüngerer Datums wie die von H. LAUBSCHER (1974), S. MÜLLER und S. BANDA (1983) und R. TRÜMPY (1986).

Von NFP-20 wird erwartet, dass es die Grundlagen zu einem weiteren Schritt in der Erforschung der Alpen liefert. Die Rohdaten der Reflexionsseismik die uns zur Zeit zur Verfügung stehen, erlauben noch keine tiefgründigen Schlüsse. Die Feststellung jedoch, dass sie bedeutend besser sind als wir erwarten konnten, ist Grund genug zum Optimismus.

## Zitierte Literatur

- ARGAND, E. (1922): La tectonique de l'Asie. Congr. Géol. Internat., 133, Liège.
- BULLARD, E.C., EVERETT, J.E. and SMITH, A.G. (1965): The fit of continents around the Atlantic. Phil. Trans. Roy. Soc. London A, 1088:41
- HEIM, A. (1919-22): Geologie der Schweiz. Chr. Herm. Tauchnitz, Leipzig
- HESS, H.H. (1962): History of the Ocean Basins. Petrologie Studies, Buddington Memorial, Geol. Soc. Am. NY. pp. 599-620
- LAUBSCHER, H. (19 ): The tectonics of subduction in the alpine system. Mem. Soc. geol. ital. suppl. 2.13, pp. 275-283.
- MORGAN, W.J. (1968): Rises, trenches, great faults and crustal blocks. J. Geophys. Res. Vol. 73, pp. 1959-1982.
- MÜLLER, S. and G.F. PANZA (1986): Evidence for a deep-reaching lithospheric root under the alpine arc., origin of Arcs, Elsevier Sc. publ. BV, Amsterdam.
- STAUB, R. (1924): Der Bau der Alpen. Beitr. geol. K. Schweiz, Bern.
- TRÜMPY, R. (1985): Die Plattentektonik und die Alpen, Neujahrsbl. der Natf. Ges. Zürich.
- VINE, F.J. and MATTHEWS, D.H. (1963): Magnetic anomalies over ocean ridges. Nature, Vol. 199, pp. 947-949.
- WEGENER, A. (1920): Entstehung der Kontinente und Ozeane. F. Viehweg.
- WILSON, J.T. (1963): Hypothesis of earth's behaviour, Nature, Vol. 198, pp. 925-929.

## Buchbesprechungen

### 10000 Jahre Gletschergeschichte der Erde (1986)

VON FRIEDRICH RÖTHLISBERGER  
416 S., 79 Fig., 12 Tab.; Sfr. 78.— / DM 90.—  
Verlag Sauerländer, Aarau - Frankfurt a.M. - Salzburg

Dieser grossformatige zwispaltig gedruckte gut illustrierte Band besteht aus dem Teil I: Ein Vergleich zwischen Nord- und Südhemisphäre, Alpen - Skandinavien - Himalaya - Alaska - Südamerika - Neuseeland und Teil II: Mit einem Beitrag von MEBUS ANDREAS GEYH <sup>14</sup>C-Daten zu Gletscherständen, Probleme der Deutung.

Die Gletscherschwankungen wurden auf 15 Expeditionen zu 57 Gletschern mit modernen Arbeitsmethoden untersucht und mit den bereits erfassten Resultaten der europäischen Alpen verglichen. Der Zeitraum der letzten 10000 Jahre wird anhand der gemessenen Daten in Gletschern zu einer Klima-Geschichte der Nacheiszeit interpretiert. Durch einen globalen Vergleich von Gletschervorstossphasen können Gleichzeitigkeiten und «Unstimmigkeiten» ermittelt werden. Das Hauptresultat der Untersuchung ist im fraglichen Zeitraum die Gleichläufigkeit von Klimaveränderungen und Gletscherbewegungen.

GABRIEL WIENER

### Gesteinsaufbereitung im Labor (1986)

VON P. NEY  
VII + 157 S., 7 Abb., 9 Tab.; DM 14.80 - Enke, Stuttgart

Diese Broschüre von Prof. Ney fasst die Laborarbeiten von der Vorbereitung bis zur Auswertung von Gesteinsproben bei den wichtigsten Bestimmungsvorgängen zusammen. Aufbereitung und Vorbereitung, Zerkleinerung, Siebung und Siebanalyse, Könerauslese, Dichtesortierung, Magnetscheidung und Flotation werden methodisch, wie zum Teil von der Bergbauindustrie angewandt, im Labor dargestellt. Die Analyse-mittel sind den jeweiligen Zwecken, Erkennen wichtiger Gesteinsbestandteile zugeordnet. Auch die Arbeitsorganisation (Protokoll des Analysengangs) wird behandelt. Schulmässige Fragenstellungen und Literaturhinweise am Schluss jedes Kapitels ermöglichen die Benützung als Uebungsanleitung im geowissenschaftlichen Labor. Je ein Sachregister I: Begriffe, Methoden, Chemikalien Geräte und II: Minerale, vergrössern die Anwendungsfreundlichkeit.

Nicht nur für Anfänger im Laborbereich ist dieses Bändchen nützlich es hilft jedem Geowissenschaftler auch «äussere» Fehler vermeiden.

GABRIEL WIENER