Neue Erkenntnisse über die Lage der verkarsteten Malmoberfläche im Bereich der Antiklinale von Wynau

Autor(en): **Frei, W. / Haas, S. de / Häberle, J.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **1 (1996)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-219181

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bull. angew. Geol.	Vol. 1	Nr. 1	S. 65 - 75	Juni 1996

Neue Erkenntnisse über die Lage der verkarsteten Malmoberfläche im Bereich der Antiklinale von Wynau

5 Figuren

W. FREI*, ST. DE HAAS*, J. HÄBERLE**, H. STEIGER**

Zusammenfassung

Die EW Wynau realisieren ein neues Kraftwerk. Kernstück der zweiten Etappe ist ein 3 km langer Stollen. Der Befund der ersten Bohrkampagne ergab einen wesentlich oberflächennaheren Verlauf der Malmoberfläche als bisher angenommen werden konnte. Um einen stredckenweisen Vortrieb im Malmkalk auszuweichen, wurde die Linienführung nach Norden verschoben. Neuerlich abgeteufte Bohrungen zusammen mit einer reflexionsseismischen Tiefenkartierung konnten den in der Literatur beschriebenen, gebogenen Verlauf der Achse der Antiklinale von Wynau nicht bestätigen.

Abstract

The Wynau power company plans the construction of a new hydroelectrical power plant. A 3 km long tunnel is the focal part of the works in the second stage. The results of a preliminary drilling campaign indicate that the surface of the Malm limestone is shallower than could be expected. In order to avoid the Malm limestone the proposed route of the tunnel was repositioned to the north. New wells and a high resolution seismic reflection survey do not confirm the arc shaped form of the Wynau anticline axis as described in literature.

Résumé

Les forces motrices de Wynau construisent une nouvelle centrale. Une galerie, longue de 3 km, est au centre de la deuxième étape des travaux. Une première campagne de forages a révélé que le toit du malm était situé à une profondeur nettement moins élevée que ce que l'on pouvait attendre. Pour éviter de devoir traverser le calcaire du Malm, le tracé a été déplacé vers le nord. De nouveaux forages, ainsi qu'une campagne de mesures en sismique-réflexion n'ont pu confirmer l'arc formé par l'axe de l'anticlinal de Wynau, tel qu'il est décrit dans la littérature.

1. Projekt

Die Elektrizitätswerke Wynau AG Langenthal (EWW) realisieren im Bereich des alten Aarekraftwerks bei Wynau ein neues Kraftwerk, bestehend aus einer Wehranlage, einem Maschinenhaus mit zwei Turbinen und einem Unterwasserstollen (Fig.1). Die erste Etappe, eine Wehranlage mit Fussgängerübergang und einem

* GeoExpert ag, Geophysikalische Untersuchungen, Postfach 451, 8603 Schwerzenbach
** CSD Colombi Schmutz Dorthe AG, Konsumstrasse 20, 3007 Bern

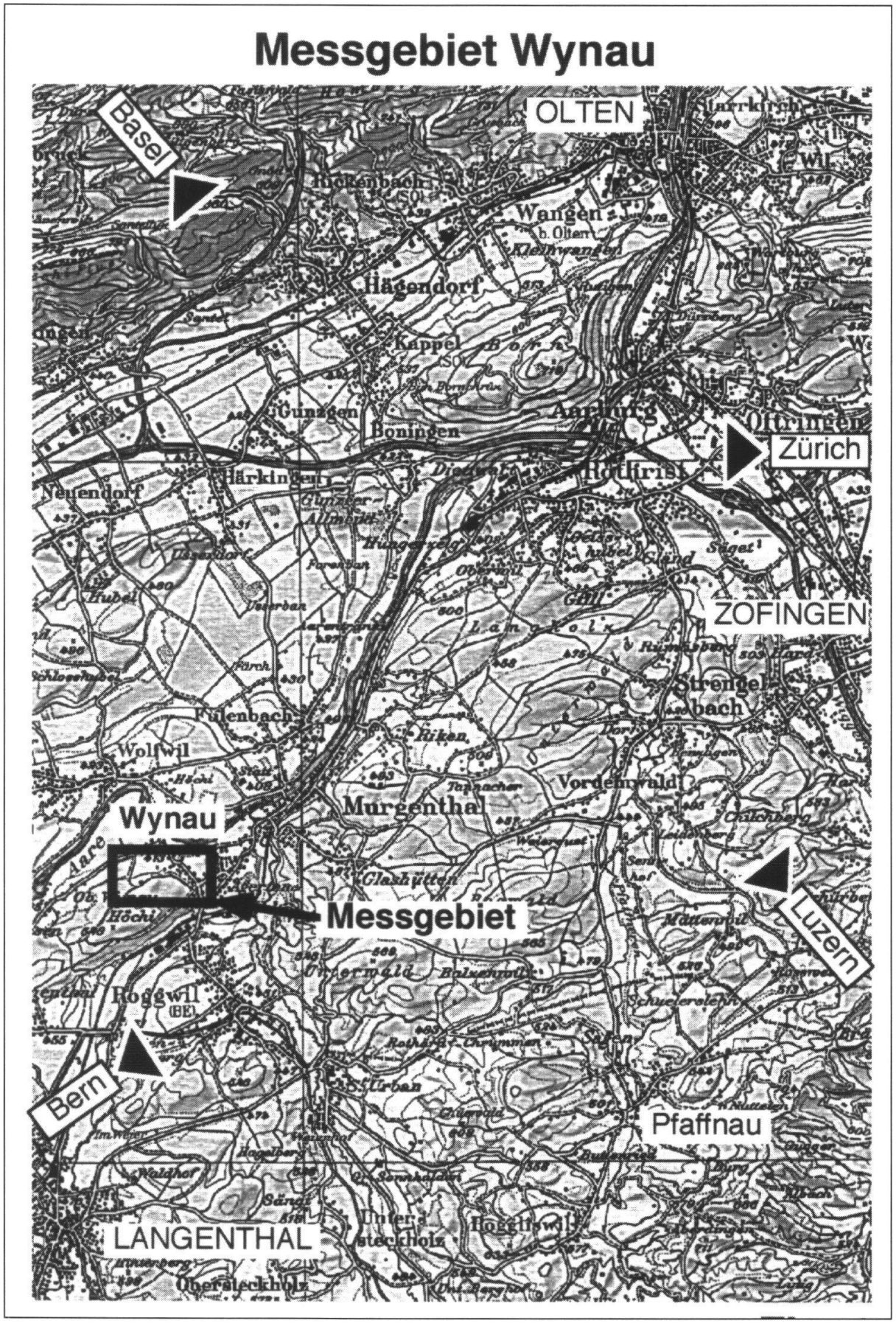


Fig. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

Maschinenhaus mit Turbine, ist bereits realisiert. Kernstück der 2. Etappe ist ein ca. 3 km langer Stollen (Ø 12 m), welcher vom Maschinenhaus praktisch ohne Gefälle (Sohlniveau ca. 386 m) bis in den Bereich der ARA Murg, knapp oberhalb der unteren Konzessionsgrenze, führt. Die 2. Turbine, welche im Rahmen dieser Etappe ins neue Maschinenhaus eingebaut wird, gibt ihr Wasser in den geplanten Stollen ab. Die hydraulischen Energieverluste im Stollen sind im Vergleich zur entsprechenden Aarestrecke klein, so dass diese Turbine im Durchschnitt ein um 2.7 m höheres Gefälle nutzen kann. Der Vortrieb soll mechanisch mit einer TBM erfolgen. Als Felssicherung ist eine Tübbingauskleidung, Stärke 40 cm, vorgesehen.

2. Geologische Verhältnisse

Das Stollenprojekt befindet sich gemäss älterer Kartierungen im Bereich der Unteren Süsswassermolasse (USM), die eozänen Bolustonablagerungen resp. Kimmeridgien-Kalken (Malm) aufliegt. Der Verlauf der Malmoberfläche im Projektgebiet war bis zu den vorliegenden Untersuchungen nicht genau bekannt. Bisher lagen lediglich Informationen von seismischen Untersuchungen der NAGRA (Profil 83-NS-22), einige km östlich des Stollenprojektes, vor. Demnach wird dort der Malm von ca. 350 m USM überlagert.

Die Erosion in der Spätkreidezeit und im Alttertiär reicht bis in den Malm. Davon zeugt die makroskopisch rauhe Malmoberfläche mit Klüften, Taschen und lokalen Senken, welche überwiegend mit residualen Verwitterungsprodukten (Siderolithikum, bis ins oberste Eozän reichend) verfüllt sind. In Bohrung RB-1/94 (Fig. 2) konnte dieser verwitterte Bereich der Malmoberfläche mit einer Mächtigkeit von ca. 15 m bestimmt werden. Stratigraphisch direkt über dem Malm befinden sich diese Verwitterungsprodukte, bei denen es sich um rote, eisenhaltige tonige Silte oder Tonsteine handelt, die auch als Bolustone (mit Bohnerz) bezeichnet werden.

Über dem Eozän bzw. dem Malm liegt die insgesamt über 1000 m mächtige Untere Süsswassermolasse. Im Übergangsbereich zum Malmkalk bzw. dem Eozän folgen gemäss Bohrbefund brekziöse Mergel- und Siltsteinablagerungen in diversen Farbtönen, die teilweise Malmkalkgerölle enthalten. Darüber stehen die Wynauer Süsswasserkalke mit einer Mächtigkeit von ca. 50 m an. Dieses Schichtglied ist vorwiegend aus bunten Tonmergeln, Siltsteinen und rötlichen Süsswasserkalken aufgebaut. Fein-/Mittelsandsteine sind selten.

Über den Wynauer Süsswasserkalken folgen die sandsteindominierte Aarwanger Molasse sowie die Untere Bunte Molasse mit Mächtigkeiten von ca. 150 m resp. 270 m. Die Untere Bunte Molasse wird im östlichsten Stollenabschnitt und beim Auslaufbauwerk angeschnitten. Charakteristisch ist neben der bunten lithologischen Ausbildung, das Auftreten von sogenannten Ölsanden. Eine solche ölimprägnierte Sandsteinschicht wurde in Bohrung RB4/94 in ca. 15 m Tiefe erbohrt (Fig. 2).

Die im Juragebirge ausgeprägte Faltung setzt sich, wenn auch weniger ausgeprägt, in die mittelländische Molasse fort. Bei Wynau ist aufgrund von Strukturmessungen und geomorphologischen Überlegungen eine ungefähr SW-NE verlaufende Antiklinale bekannt (Antiklinale von Wynau).

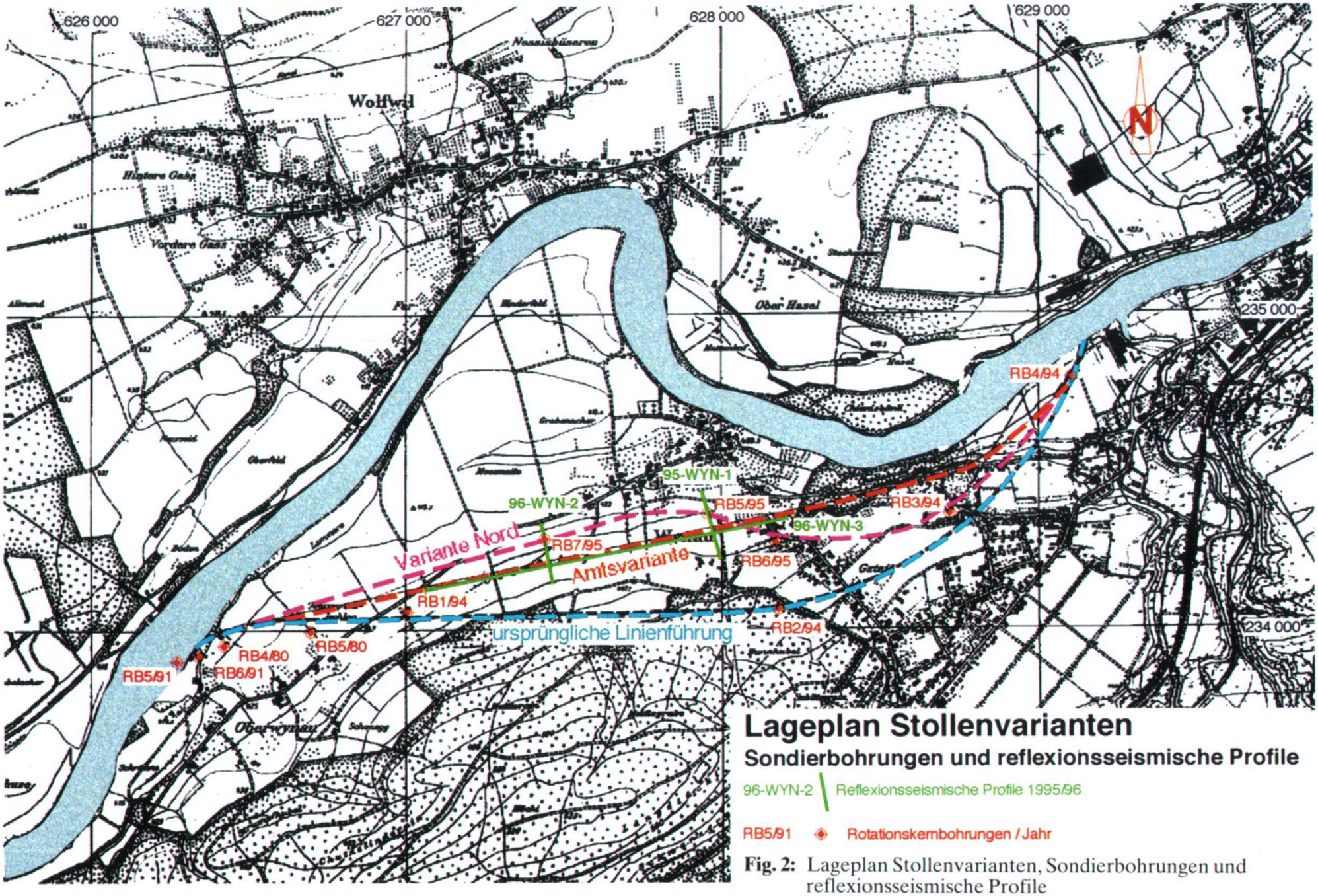


Fig. 2: Lageplan Stollenvarianten, Sondierbohrungen und reflexionsseismische Profile

Gemäss Literaturangaben (Erni u. Kelterborn 1948) biegt die weitgehend horizontal verlaufende Antiklinalachse zwischen Oberwynau und Wynau nach Süden, um dann wieder in der allgemeinen SW-NE-Richtung zu verlaufen. Östlich von Wynau taucht sie dann mit einem Gefälle von schätzungsweise 5-10° Richtung NE ab.

3. Geologische Erkundungsphasen

In einer ersten Erkundungsphase (1994), wurden entlang der ursprünglichen Stollenvariante (Fig. 2) vier Sondierbohrungen (RB-1/2/3/4) abgeteuft, um das bestehende geologische Modell zu überprüfen, wichtige geomechanische Gesteinsparameter zu bestimmen sowie Aussagen über die Grundwasser- und Gasverhältnisse zu gewinnen.

Als wichtigster Befund ergab sich, dass die Kimmeridgien-Kalke wesentlich oberflächennaher angetroffen wurden als bisher vermutet. Dies hatte zur Folge, dass bei der ursprünglich geplanten Trasseeführung ein gutes Stollendrittel in der Malmkalkformation vorzutreiben gewesen wäre. Angesichts der zu erwartenden Probleme im Zusammenhang mit grösseren Grundwasser- und Gasaustritten aus dem Malmkalk, entschloss man sich, das Stollentrassee, soweit vortriebstechnisch möglich, nach Norden zu verschieben, um so das Abtauchen des nördlichen Antiklinalschenkels auszunützen. Gleichzeitig wurde die Stollensohle leicht angehoben.

Zur Verifikation der Lage des Malmdachs im mittleren Stollenabschnitt wurden in der 2. Erkundungsphase (1995) auf einer maximal nach Norden verschobenen Variante weitere drei Sondierbohrungen (RB-5/6/7, Fig. 2) abgeteuft und ausgewertet.

Die Sondierergebnisse zeigten, dass im Bereich der Bohrungen die neue Stollenvariante knapp über den Malmkalken verläuft. Aufgrund des geringen Abstandes zur Stollensohle und wegen möglicher Unebenheiten der Malmoberfläche, bedingt durch Verwerfungen oder des Einflusses der Paläoerosion, konnte nicht ausgeschlossen werden, dass der geplante Stollen das Malmdach tangiert. Deshalb wurde entschieden, auf der kürzesten Linienführung (Amtsvariante) im mittleren, kritischen Trasseeabschnitt geophysikalische Messungen auszuführen.

4. Die geophysikalische Erkundung

Unter den gegebenen geologischen Rahmenbedingungen hat als indirekte Erkundungsmethode nur das Verfahren der *Reflexionsseismik* Aussichten auf eine befriedigende Beantwortung der Fragestellung. Sie eignet sich von allen geophysikalischen Verfahren am besten zur Kartierung komplexer geologischer Verhältnisse. Gegenüber der Refraktionsseismik und den Potentialfeldverfahren, wie der Gravimetrie, (Elektro-) Magnetik und der Geoelektrik, zeichnet sie sich dadurch aus, dass sie - gleichsam einer Röntgenaufnahme - untereinanderliegende Gesteinsformationen direkt, d.h. nach ihrer Tiefenlage getrennt, abbildet.
Die übrigen Verfahren messen dagegen sog. «Integraleffekte», d.h. die Einzelein-

Reflexionsseismisches Profil 95-WYN-1

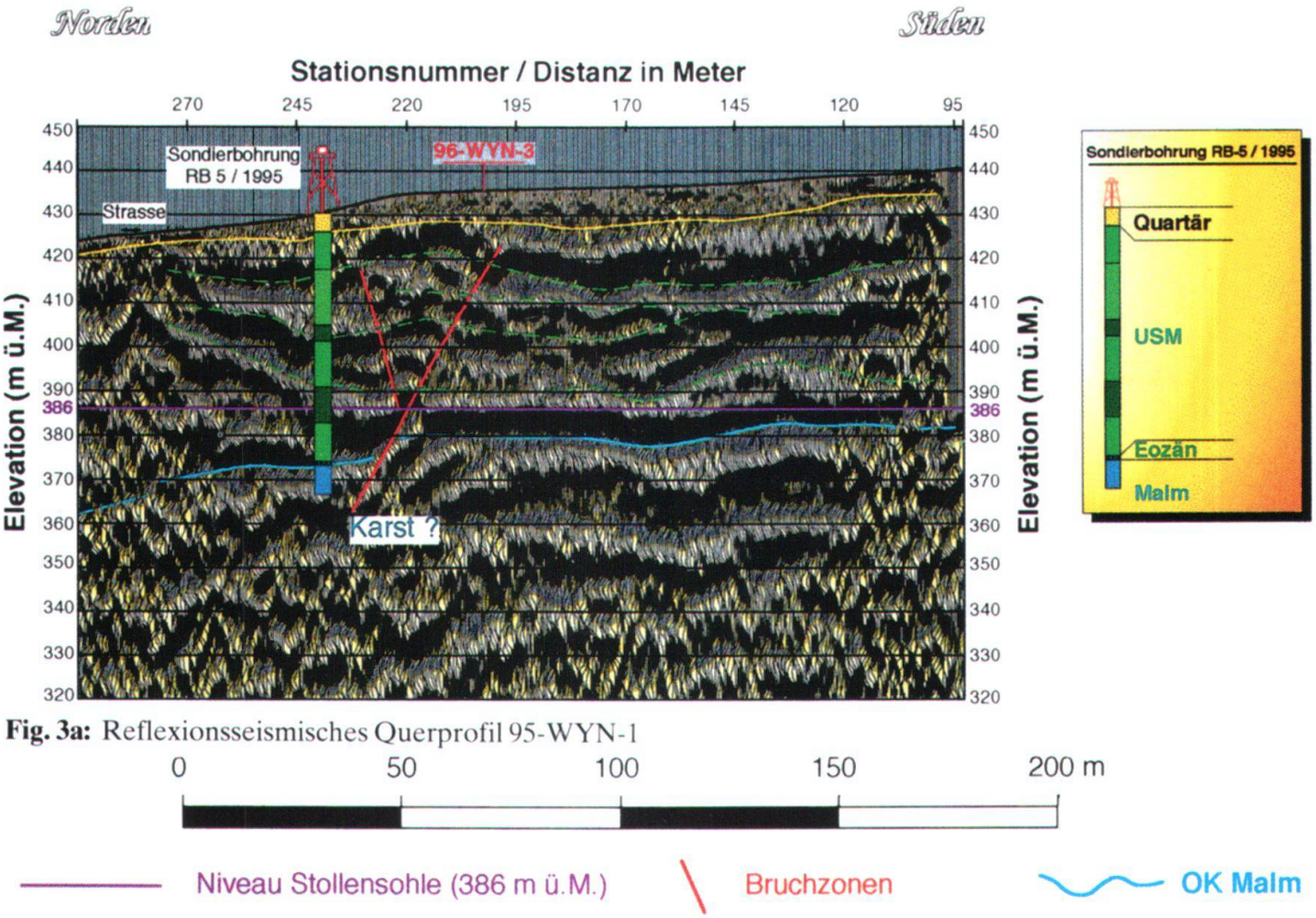


Fig. 3a: Reflexionsseismisches Querprofil 95-WYN-1

Reflexionsseismisches Profil 96-WYN-2

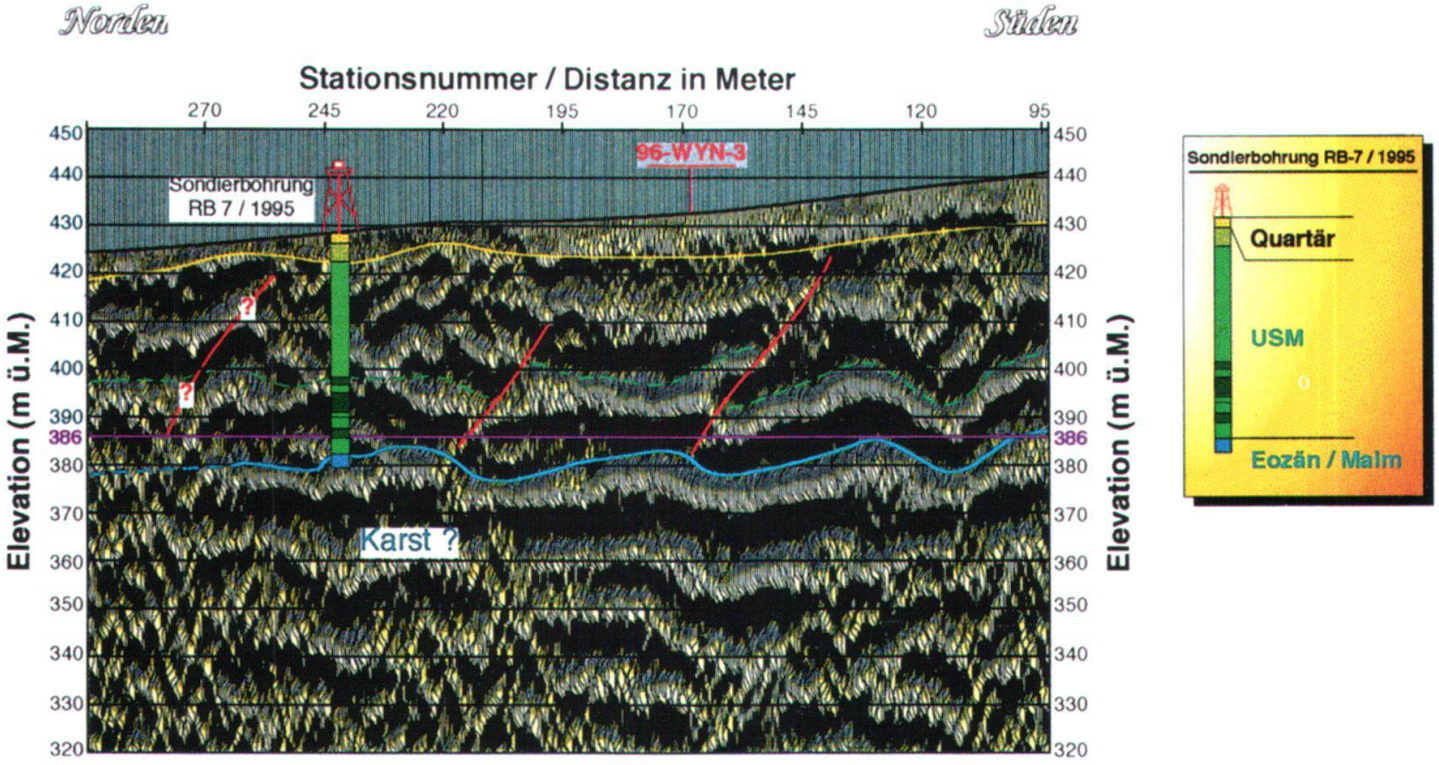


Fig. 3b: Reflexionsseismisches Querprofil 96-WYN-2

wirkungen der Mächtigkeiten und der Gesteinseigenschaften aller geologischer Formationen integrieren sich in eine Kennkurve, aus deren Form und Verlauf die - subjektiv gefärbten - Aussagen über den Aufbau und die Zusammensetzung des Untergrundes abgeleitet werden. Allen diesen Verfahren gemeinsam ist der beschränkte Informationsgehalt des erfassten Datensatzes. Ihr Einsatz in einem geophysikalischen Untersuchungsprogramm ist bei komplexen geologischen Verhältnissen nur sinnvoll als Ergänzung zu reflexionsseismischen Erkundungen.

An die Reflexionsseismik wurden die folgenden Anforderungen gestellt:

a) Durchgehende Tiefenbestimmung der Malmoberkante mit einer Genauigkeit von ± 3 m
b) Aufzeigen von Störungszonen und Karsterscheinungen in der Malmoberfläche.

In einem seismisch unbekannten Gebiet lassen sich die Erfolgsaussichten eines indirekten Messverfahrens nur grob abschätzen. In solchen Fällen ist mit einer vorgängigen Versuchsmessung die Eignung des Messverfahrens für die Problemstellung abzuklären. Ein etappenweises Vorgehen hat den Vorteil, dass bei ungenügenden Aussagen das Messprogramm rechtzeitig abgebrochen werden kann. Bei der Planung der Versuchsmessung ist auch darauf zu achten, dass eine ausreichende Datenredundanz erfasst wird, die es erlaubt, bei der EDV durch Simulation verschiedener Registrierkonfigurationen eine kostenoptimierte Wahl der Feldparameter für die nachfolgende Hauptmessung zu treffen.

Für die Versuchsmessung wurde das Profil 95-WYN-1 (s. Lageplan in Fig. 2) ausgewählt. Es ist 200 m lang und verläuft über die Sondierbohrung RB 5 / 1995, was eine Kontrolle und die Kalibration der seismischen Aussagen erlaubt. Gestützt auf allgemeine Regeln für eine problemangepasste Parameterwahl (Frei 1993) wurden die Geophon- und Anregungstationen in Abständen von 1 m ausgelegt. Als seismische Energiequelle wurde ein Fallgewicht des Typs BISON EWG III mit einem Stempel von 250 kg, dessen Fall mit vorgespannten Gummibändern beschleunigt wird, eingesetzt. Pro Anregung wurden 96 Kanäle aufgezeichnet.

Fig. 3a zeigt das interpretierte reflexionsseismische Profil. Die Fehlertoleranz, mit der die Malmoberkante bei der Bohrung RB 5 / 1995 prognostiziert wurde, beträgt 1 m. Die EDV-Analyse mit ausgedünnter Datendichte, d.h. mit simulierten verdoppelten Anregungsabständen von 2 m ergibt, dass die Malmoberläche wohl mit der gewünschten Genauigkeit kartiert werden kann, strukturelle Feinheiten in der Umgebung von Karsterscheinungen und Störungszonen wegen des schlechteren Nutz-/Störsingal Verhältnisses z.T. verloren gehen.

Eine zweite Versuchsmessung gleicher Art wurde einen Monat später mit dem Profil 96-WYN-2 über die Sondierbohrung RB 7 / 1995 (s. Lageplan in Fig. 2) durchgeführt. Die Aussagegenauigkeit betreffend der Malmoberfläche (Fig. 3b) deckt sich mit den Befunden vom ersten Profil.

Ausgehend von den Erfahrungen der beiden Versuche wurden für das 1.2 km lange Hauptprofil 96-WYN-3 die Geophon- und Stationsabstände von 1 m beibehalten. Die Anzahl der Datenkanäle wurde auf 120 erhöht. Die Versuche haben auch gezeigt, dass mit nur einem Schlag pro Anregungspunkt genügend Energie für eine ausreichende Datenqualität erzeugt wird. Auf diese Weise wurde ein zügiger Messfortschritt von rund 400 shot records pro Arbeitstag realisiert.

Die aufgezeichnete Datendichte von 120 Kanälen mit einem Schussabstand von

Reflexionsseismisches P

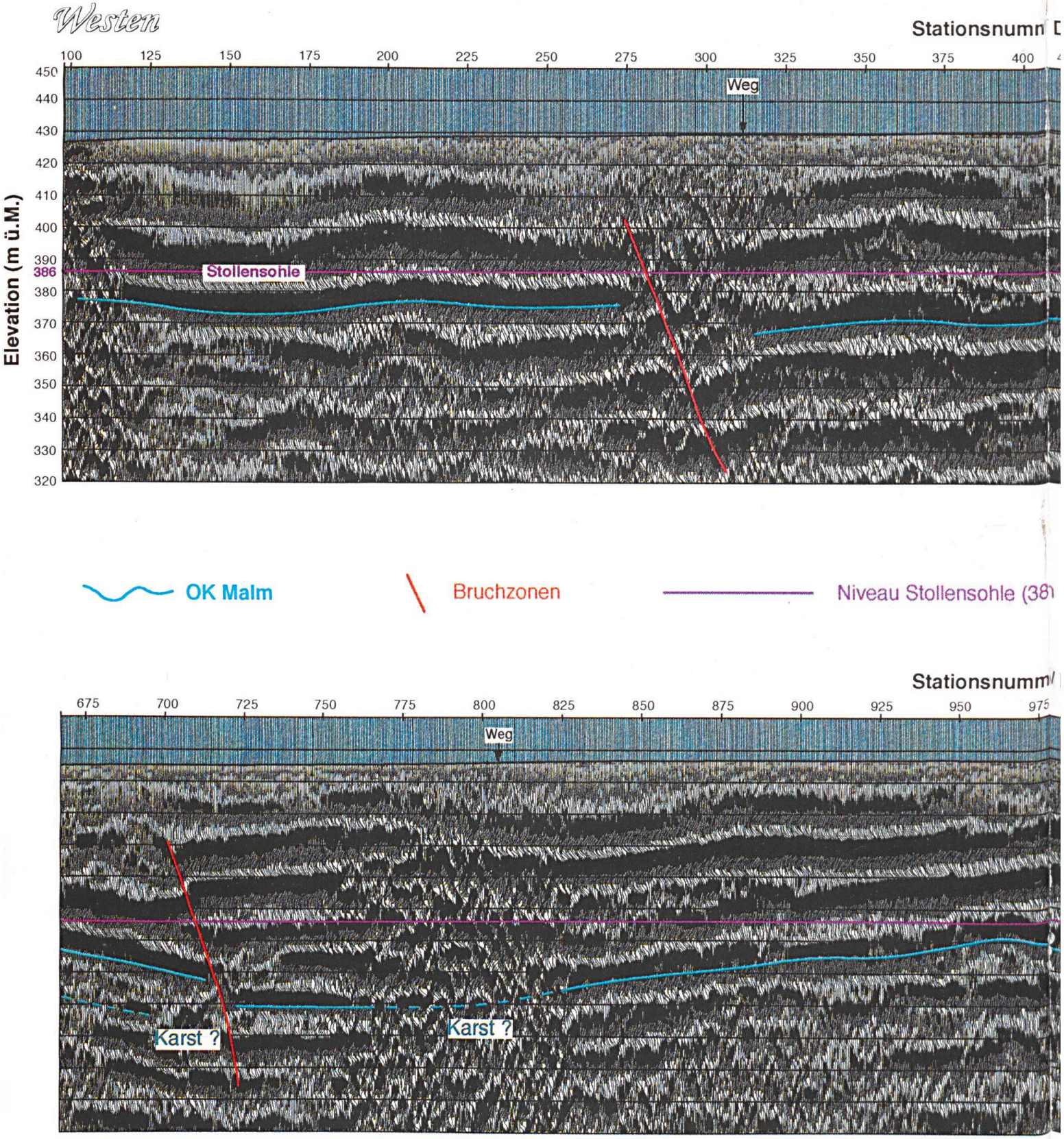
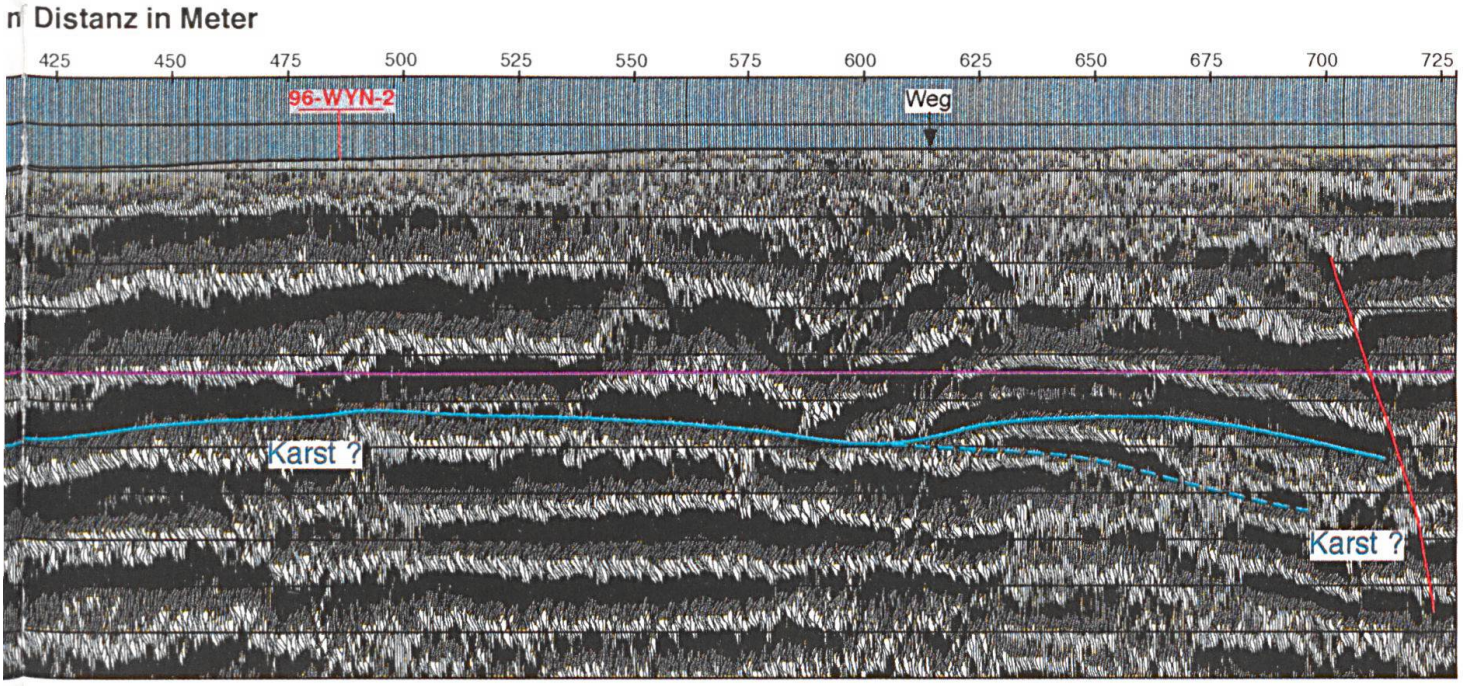
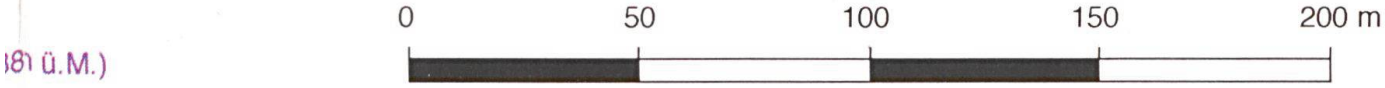


Fig. 4: Reflexionsseismisches Längsprofil 96-WYN-3

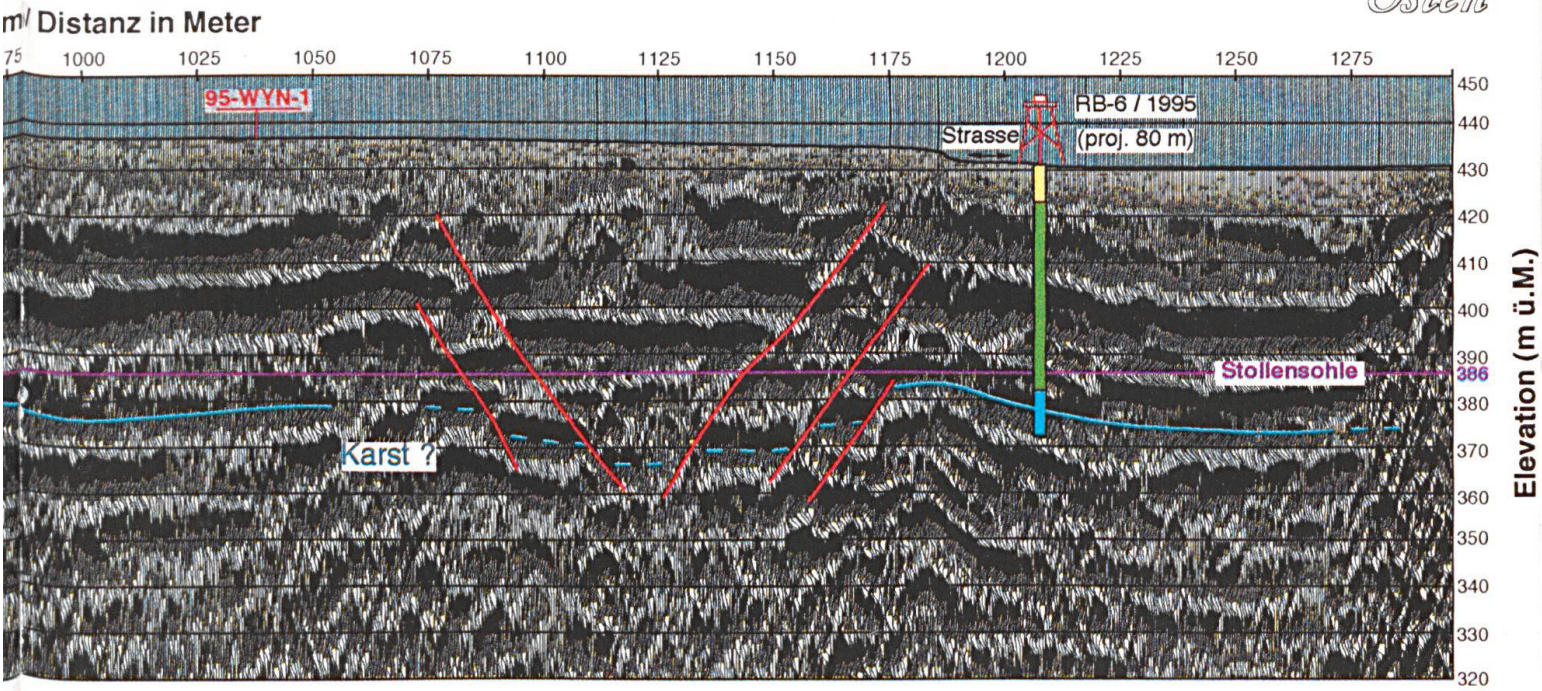
Profil 96-WYN-3 (1.2 km)





(386 ü.M.)

Osten



ELEKTRIZITÄTSWERKE WYNAU

Reflexionsseismisches Tiefenprofil (interpretiert)

Profil 96-WYN-3

Druckstollen Wynau

FIELD ACQUISITION PARAMETERS

Spread layout	Asymmetric alternating split spread: 84 - X - 36 & 36 - X - 84		
Number of channels	120	Source interval	1 m
Source type	Thumper BISON EWG III	Vertical stacks	2-fold
Group interval	1 m	Geophone type	50 Hz
Geophone pattern	1 geophone per station	CDP-distance	0.5 m
Coverage (nominal)	60-fold	Recording time	500 ms
Instrumentation	BISON24096 & BISON9048	Field filters	LC 16 Hz, HC anti-alias
Sampling rate	0.5 ms	Recorded by	Urs Stahel
Seismic crew	W. Frei	Date recorded	29. Jan. - 2. Feb. 1996

PROCESSING PARAMETERS

1 Reformatting & gain recovery
2 Line geometry and survey data assignment
3 Data editing and analysis
4 Refraction velocity analysis, derivation of field static corrections
5 Predictive deconvolution for 50 Hz suppression (lag 10 ms, filter 50 ms, 1% white noise)
6 Trace amplitude balancing with 120 ms AGC
7 Time variant spectral balancing (32-64-220-250 Hz)
8 Band pass filter 32-64-220-250 Hz
9 Analytical first break mute and application of field static corrections
10 F-K filter in shot & receiver domains
11 CDP-sort and velocity analysis by semblance analysis
12 NMO-correction with 18% stretch mute
13 Surface consistent residual static corrections
14 CDP stack
15 Band pass filter 32-64-220-250 Hz & 60ms AGC
16 Elevation correction to final datum (450 m a.s.l.)
17 Time to depth conversion
18 Final Display

Scale: 1:2'000

GeoExpert ag
Geophysikalische Untersuchungen
Bahnhofstrasse 35, Postfach 451
CH-8603 Schwerzenbach
Tel.: 01/825'62'82 Fax: 01/825'62'83

Bearbeitet von : St. De Haas
Datum : 27. Februar 1996

Fig. 5: Liste der Akquisition- und Processinparameter

1 m entspricht dem Datenvolumen eines bei der Erdölexploration üblichen 48 km langen Profils mit 40 m Vibrations- und Geophonstationsintervall.

Die Liste in Figur 5 gibt eine Zusammenfassung über die Feldparameter und die angewendeten EDV-Schritte, die zur Darstellung des interpretierten seismischen Hauptprofils 96-WYN-3 in Figur 4 führen.

5. Untersuchungsergebnisse

Der Verlauf der Malmoberfläche im kritischen mittleren Stollenabschnitt lässt sich aufgrund des Signalcharakters und der seismischen Ausbreitungsgeschwindigkeiten zusammen mit den Aufschlussbohrungen praktisch über die ganze Profillänge identifizieren. Generell liegt die Malmoberfläche unterhalb der projektierten Stollensohle (Fig. 4). An drei Stellen ist der Abstand zwischen dem Malmdach und dem Stollen nur 2.5 - 7 m gross. Bei einer Fehlertoleranz von 3 m besteht in diesen Abschnitten die Möglichkeit, dass der Stollen dem Malmdach sehr nahe kommt.

Das Malmdach ist im seismisch untersuchten Abschnitt subhorizontal ausgebildet und weist eine unruhige Oberflächenstruktur auf, die auf tektonische und erosive Einflüsse zurückzuführen ist. In gewissen Zonen versetzen Verwerfungen die Malmkalke mit der darüberliegenden Molasse. Eine solche Zone ist im Längenprofil zwischen dem seismischen Querprofil 95-WYN-1 und RB-6/95 identifiziert worden (Fig. 4). In diesem Fall deuten die Strukturen auf einen Versatz der Malmoberfläche nach unten hin.

Der in der Literatur beschriebene gebogene Verlauf der Antiklinalachse konnte mit den Bohrungen und den reflexionsseismischen Messungen nicht nachgewiesen werden. Die seismischen Querprofile (Fig. 3) senkrecht zur Antiklinalachse zeigen keine nach Nordwesten abtauchende Antiklinalflanke. Die in diesem Bereich subhorizontal verlaufende Malmoberfläche spricht eher für einen Scheitelbereich und einen geradlinigen SW-NE-Verlauf der Wynauer-Antiklinale.

Literatur

DIEBOLD, P., NAEF, H. & AMMANN, M. 1991: Zur Tektonik der zentralen Nordschweiz. Nagra Technisches Bericht NTB 90-04.

ERNI, A. und KELTERBORN, P. 1948: Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, II. Teil, 6. Abschnitt: Ölgeologische Untersuchungen im Molassegebiet südlich Wangen a. d. Aare - Aarburg. Beiträge zur Geologie Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 26, Teil 2.

FREI W. 1993: Ingenieurseismik sinnvoll eingesetzt. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol.u.-Ing., Vol. 60, Nr. 136, Juli 1993, S. 19 - 30.