

Zeitschrift: Bulletin für angewandte Geologie
Herausgeber: Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure;
Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie
Band: 1 (1996)
Heft: 1

Artikel: Quartärmächtigkeiten in den Haupttälern der Zentralschweiz
Autor: Bodmer, P. / Gunzenhauser, B. / Iseli, B.-F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-219179>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Quartärmächtigkeiten in den Haupttälern der Zentralschweiz

mit 8 Figuren

PH. BODMER¹, B. GUNZENHAUSER², B-F. ISELI³, M. MANSER⁴

Zusammenfassung

Im Rahmen der Explorationsarbeiten des Tiefengas Konsortiums (TGK) wurden gravimetrische, reflexions- und refraktionsseismische Messungen in der Zentralschweiz durchgeführt, welche zahlreiche neue Erkenntnisse über die Beschaffenheit der quartären Talfüllungen geliefert haben. Parallel dazu wurde das Obwaldner Haupttal im Rahmen einer Pilotstudie der ETH untersucht. Unter Berücksichtigung dieser Daten sowie von bereits vorhandenen geologischen und geophysikalischen Angaben wurden für die Haupttäler in Obwalden, Nidwalden und für den nördlichen Teil von Uri Karten der Felsisohypsen konstruiert. Für die Region von Engelberg lagen zuwenige Informationen vor, so dass die Geometrie der Felsoberfläche lediglich anhand von Profilen dargestellt wurde.

Die Auswertung dieser Daten bestätigt frühere Angaben, wonach die Haupttäler der Zentralschweiz stark übertieft sind und bis etwa auf Meeresniveau hinunter reichen können. Aufgrund der lokal unterschiedlichen erosiven Wirkung der Gletscher auf den Untergrund weist die Felsoberfläche eine ausgeprägte Morphologie aus. Die geophysikalischen Auswertungen deuten auf einen engen Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Alpentäler und Bruchsystemen im Felsuntergrund hin.

Résumé

Des mesures de gravimétrie ainsi que de sismique réflexion et réfraction ont été effectuées en Suisse Centrale dans le cadre des travaux d'exploration du TGK; celles-ci ont apporté de nombreuses connaissances nouvelles relatives à la nature du comblement des vallées quaternaires. La vallée principale d'Obwald, quant à elle, a fait l'objet d'une étude pilote de l'EPFZ. Des cartes isohypses du substratum rocheux ont été construites pour les vallées principales d'Obwald, de Nidwald et de la partie septentrionale d'Uri en tenant compte de ces données ainsi que d'autres, géologiques et géophysiques, antérieurement déjà disponibles. Trop peu d'informations sont à disposition pour la région d'Engelberg; la géométrie de la surface de la roche a donc été représentée uniquement sur la base de profils.

Le dépouillement de ces données a confirmé d'anciennes indications selon lesquelles les vallées principales de Suisse Centrale sont fortement surcreusées et cela pratiquement jusqu' à la cote du niveau de la mer environ. La surface de la roche en profondeur présente une morphologie bien développée due à l'effet de l'érosion localement très diverse. L'évaluation des mesures géophysiques laisse présager une relation étroite entre la direction des vallées alpines et des systèmes de failles dans le substratum rocheux.

1) TGK Tiefengas Konsortium, Bitzistrasse 5, CH-6373 Ennetbürgen

2) Dorenbachstrasse 103, CH-4102 Binningen

3) Bureau de géologie, C.P. 216, CH-8307 Effretikon

4) Rosenberg, CH-8353 Elgg

Abstract

In the course of TKG's hydrocarbon exploration activity, gravimetric reflection- and refraction surveys were carried-out in central Switzerland. The measurements provided new information on the nature of the quaternary valley fills. In parallel, the Obwalden valley was investigated in an ETH pilot study. Using the results of these investigations as well as already existing geological and geophysical data, quaternary - base elevation maps were constructed for the main valleys of Obwalden, Nidwalden and northern Uri. Due to the lack of detailed information, the rock surface in the Engelberg region, could only be defined by individual profiles.

Data interpretation confirms older indications according to which the alpine valleys of central Switzerland deeply extend down to approximately sea level. The locally variable erosional strength of glaciers led to a distinct morphology of the rock surface. Geophysical interpretations indicate a close relationship between the shape of alpine valleys and fault systems in the underlying rocks.

1. Einleitung

Das Tiefengas Konsortium (TGK) hat in den Jahren 1989 bis 1993 nach tiefen Gasvorkommen in der Zentralschweiz exploriert. Das Konzessionsgebiet des TGK umfasst die Kantonsgebiete von Obwalden, Nidwalden, sowie den nördlichen Teil von Uri (Figur 1). Das TGK, dessen Aktivitäten sowie erste Resultate aus der Reflexionsseismik wurden von Bodmer & Gunzenhauser (1992) vorgestellt.

Die Explorationsarbeiten haben eine umfassende geologische Datenbasis über das Untersuchungsgebiet geliefert unter anderem Neuerkenntnisse über die Geometrie und die Tiefe der quartären Talfüllungen. Diese Informationen sind für manche Anwendungsbereiche wie Grundwassernutzung, Hoch- und Tiefbau von Interesse und werden deshalb einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Das Gebiet des Obwaldner Haupttales (vgl. Kap. 4) wurde zusätzlich im Rahmen eines separaten Forschungsprojektes «Integrierte Auswertung von seismischen und bodenspezifischen Parametern, Risikokarten (Pilotstudie) im Kt. Obwalden» an der ETH Zürich bearbeitet. Neben den obenerwähnten Daten aus der Explorationstätigkeit des TGK konnten hier eine grosse Anzahl Bohrungen sowie viele unveröffentlichte Unterlagen von privaten geologisch - geotechnischen Büros verwendet werden. Die Resultate der Auswertungen bezüglich Felstiefen und Quartärmächtigkeiten aus diesem Projekt sind ebenfalls in dieser Publikation berücksichtigt.

2. Geophysikalische Messungen in der Zentralschweiz

Im Jahre 1990 wurden elf reflexionsseismische Profile mit einer totalen Länge von 205 km im Auftrag des TGK vermessen (Figur 1). Die Akquisitionsparameter (Bodmer & Gunzenhauser 1992) wurden auf die Zielhorizonte des TGK, die in ca. 6 - 7 km Tiefe liegen, ausgerichtet. Die Auflösung ist deshalb für oberflächennahe Schichten, wie zum Beispiel die quartären Lockergesteine, gering.

Das TGK konnte im Rahmen eines Datenaustausch - Abkommens die seismischen Resultate aus der früheren Explorationskampagne 1976-78 der LEAG (Luzerni-

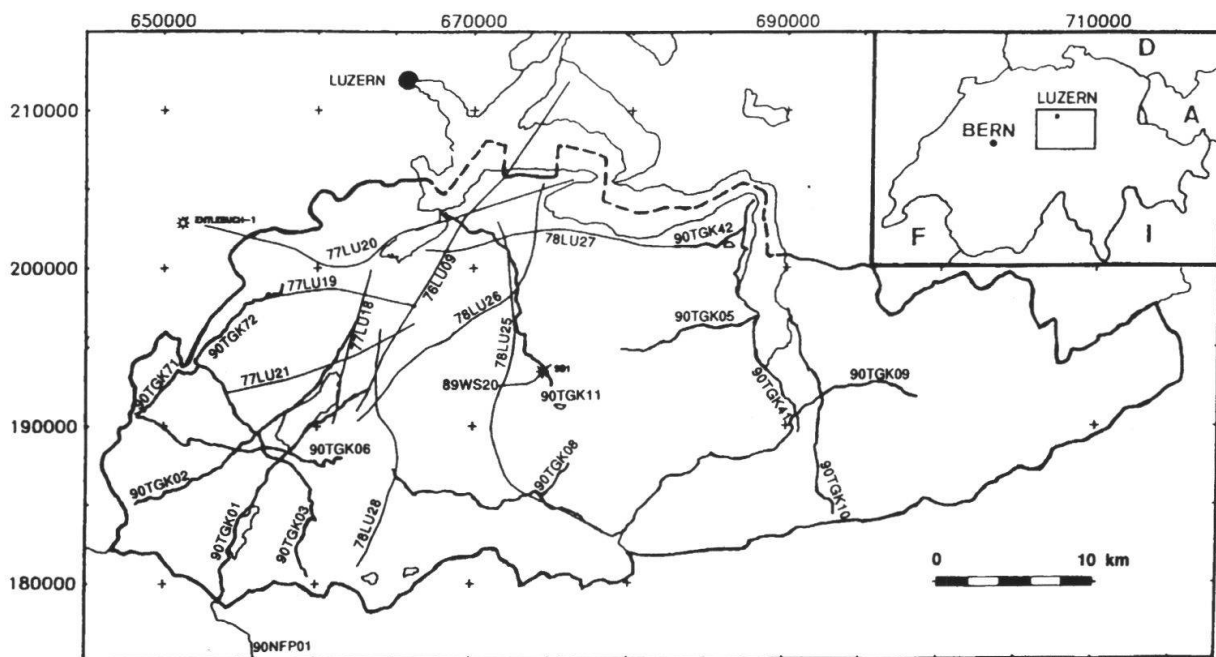


Fig. 1: Seismischer Lageplan in den TKG Konzessionen Obwalden, Nidwalden und Uri.

sche Erdöl AG) erwerben. Diese Linien mit einer Gesamtlänge von rund 164 km sind in Figur 1 mit dem Code «LU» bezeichnet. Diese älteren Profile, welche den nördlichen Teil des Konzessionsgebietes überdecken, wurden in den letzten Jahren im Auftrag des TKG vollständig überarbeitet («Reprocessing»).

Als Grundlage für die statischen Korrekturen hat die LEAG kurze refraktionsseismische Profile (Nahlinien) mit engem Geophonabstand (5 - 25 m) geschossen. Diese Messungen wurden durch eine Anzahl Aufzeitmessungen in Bohrungen ergänzt (Tiefe bis ca. 100 m). Leider wurden unzureichende Angaben über die geologische Aufnahme der Bohrungen überliefert, und es fehlen exakte Angaben über die genaue Lage der Aufzeitbohrungen und der Nahlinien.

Neben der Seismik hat das TKG eine gravimetrische Detailkarte der Zentralschweiz dem Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne in Auftrag gegeben. Mit mehr als 1000 Messpunkten wurde eine Datendichte von etwa einem Messpunkt pro Quadratkilometer erreicht. Die in diesem Artikel nicht illustrierte gravimetrische Karte ist allerdings hinsichtlich der Quartärfüllung von beschränktem Aussagewert, wie im Kapitel 4 gezeigt wird.

Verschiedene geophysikalische Messresultate sind aus der Literatur bekannt. In Cagienard et al. (1982) wird die Auswertung von zwei gravimetrischen Profilen im Urner Reusstal beschrieben. Ein Profil bei Erstfeld deutet darauf hin, dass die Felsoberfläche bei etwa 100 m ü. M. liegt. Das zweite Profil bei Seedorf zeigt, dass die Felsoberfläche etwas unterhalb des Meeresniveaus zu erwarten ist. Übereinstimmende Resultate werden von Finckh et al. (1984) berichtet: Mittels reflexionsseismischen Messungen im Vierwaldstättersee bei Beckenried konnte die Felsoberfläche bei ca. 30 m ü. M. bestimmt werden. Ein zweites Profil bei Weggis ergab eine Felshöhe bei ca. 180 m ü. M. Die Autoren machen leider keine Angaben über die Lage der Messprofile.

3. Datenverarbeitung

Zur Ausarbeitung der statischen Korrekturen der Reflexionsseismik LEAG beziehungsweise der Seismik TKG wurde auf verschiedene Weise vorgegangen:

Bei der Seismik der LEAG wurden die damals üblichen manuellen Auswertungen aus Nahlinien und Aufzeitbohrungen verwendet.

Zur Bestimmung der Terrainkorrekturen für die TKG Seismik wurden zwei verschiedene Methoden angewendet:

- Reflexionsauswertungen von Seismogrammen mit konstanter Stapelgeschwindigkeit (Seismogramme entstehen durch «Stapelung» von einzelnen Reflexionen, wofür die mittlere Schallgeschwindigkeit, die Stapelgeschwindigkeit jeder einzelnen Reflexion berücksichtigt werden muss). Die Stapelgeschwindigkeiten wurden den zu erwartenden Schallgeschwindigkeiten der Lockergesteine angepasst, welche in der Regel 1800 - 3100 m/s betragen.
- Refraktionsauswertung der Einzelregistrierungen von ausgewählten Vibrationspunkten. Die Auswertung wurde zunächst durch die Firma CGG (Compagnie Générale de Géophysique, Massy bei Paris) nach der Methode von Gardner (Layat 1967) ausgeführt. Diese Auswertungsmethode ist sehr schnell und liefert in manchen Fällen gute Resultate. Bei sehr grossen Quartärüberdeckungen und bei komplizierter Felstopographie sind die Auswertungsergebnisse jedoch manchmal unzureichend. In diesen Fällen lieferten die durch das TKG berechneten Modelle, nach dem Verfahren von Scott (1973), bessere Ergebnisse.

In Bodmer & Gunzenhauser (1992) wurde gezeigt, dass die Reflexionsauswertungen in der Regel für die Bestimmung der Felsoberfläche in stark übertieften Tälern bessere Resultate liefern. Für Geschwindigkeitsanalysen des Untergrundes hingegen, sowie bei geringen Quartärmächtigkeiten sind Refraktionsauswertungen geeigneter.

Figur 2 zeigt die Resultate aus beiden Auswertungen für die Linie 90 TKG 11 entlang des Profils Dallenwil-Stansstad. Die Geophonpositionen können aus Figur 4 entnommen werden. Die Reflexionsauswertung (Variante 1) und die Refraktionsauswertung (Variante 2) zeigen deutliche gegenseitige Unterschiede bezüglich Form und Tiefe der Felsoberfläche. Diese Unterschiede lassen sich folgendermassen erklären:

- Starke laterale «offsets», d.h. grosser Abstand bis zu mehreren hundert Metern zwischen den Vibratoren und den Geophonen quer zur Profilrichtung beeinträchtigen die Refraktionsauswertungen in starkem Masse.
- Steile und unregelmässige Topographie der Felsoberfläche verursacht einen sehr komplexen Verlauf der seismischen Wellenstrahlen und verhindert deshalb eine genaue Auswertung. Ein Vergleich der beiden Varianten mit den Resultaten der Linie 78 LU 25 zeigt eine bessere Übereinstimmung der Felstiefe im Reflexionsprofil (Figur 2, Variante 1). Für die maximale Tiefe des Quartärbeckens von Stans besteht jedoch eine Diskrepanz von ca. 100 m.

Die Reflexionsauswertung von 90TKG11 (Variante 1) wurde als die beste Interpretationsvariante betrachtet.

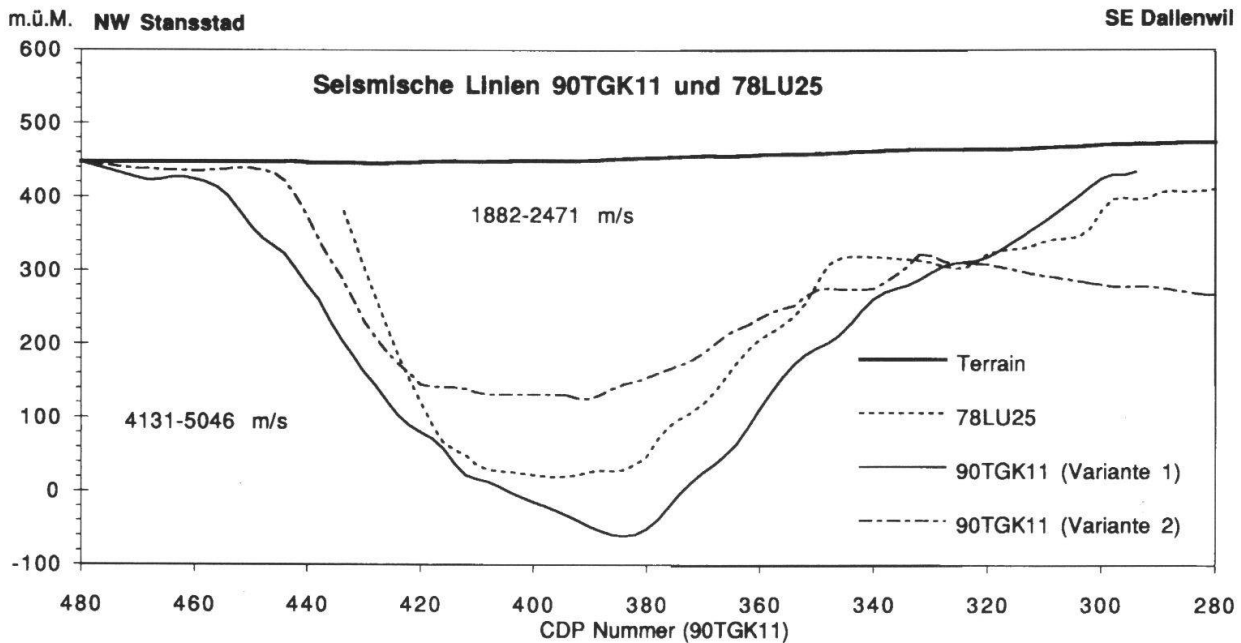


Fig. 2: Vergleich verschiedener Modellrechnungen zur Bestimmung der Felsoberfläche entlang der seismischen Linie 90 TGK 11.

4. Isohypsenkarten der Felsoberfläche

4.1 Obwaldner Haupttal

4.1.1 Geologischer Überblick

Das Obwaldner Haupttal ist geologisch ausserordentlich vielfältig. Es verläuft leicht schief zu den ENE-WSW streichenden alpinen Hauptstrukturen und wird von zahlreichen Störungen geprägt. Die besondere Lage im «Kreuzungspunkt» von helvetischer Wildhorn/Drusberg- bzw. Bürgenstockteildecke, penninischer Klippendecke sowie penninischem Schlierenflysch (WINKLER 1983) ist zur Hauptsache verantwortlich für die komplexen und z.T. bis heute nicht vollständig geklärten, tektonischen Verhältnisse. Das heutige Relief der Felsoberfläche ist mangels erosionskräftiger Flüsse im Haupttal (SCHINDLER 1980) weitgehend auf Erosion durch einen Seitenarm des eiszeitlichen Aaregletschers zurückzuführen. Nach dem raschen Abschmelzen der Gletscher am Ende der letzten Eiszeit bildete sich ein praktisch durchgehender See, welcher von der Geschiebetracht mehrerer Seitenzuflüsse mit der Zeit unterteilt und stellenweise sogar aufgefüllt wurde. Das Lockergesteinspaket besteht demzufolge im Talbereich zur Hauptsache aus Seeablagerungen, welche talrandlich und gegen oben von Delta- sowie Bachablagerungen und Verlandungssedimenten überlagert werden. In den Talflanken mit ihren vielfältigen glazigenen und hangschuttartigen Ablagerungen sind zahlreiche Rutschungen, Sackungen und Überreste alter Bergstürze bekannt.

4.1.2 Datenbasis

Die Gesamtheit der im vorliegenden Teilgebiet verwendeten Grunddaten kann in die drei Gruppen Bohraufschlüsse, seismische Profile und Oberflächenkartierungen aufgeteilt werden.

Im Obwaldner Haupttal sind etwa 300 Bohrprofile bekannt. Die räumliche Verteilung ist der Zweckbestimmung der Bohraufschlüsse folgend inhomogen. Bohrungen, welche den Fels nicht erreichten, liefern mit einer Minimaltiefe der Felsoberfläche dennoch wertvolle Informationen.

Die seismischen Profile sind neben den Bohraufschlüssen die eigentlichen Aufhänger der Felsisohypsenkarte. Es handelt sich hierbei um die Linien 76 LU 09, 77 LU 18, 77 LU 19, 77 LU 21, 78 LU 28, 90 TKG 01, 90 TKG 02, 90 TKG 03 und 90 TKG 06 (vgl. Kap. 2, bzw. Figur 1). Weiter konnten die Resultate zweier, im Rahmen einer Dissertation (Labhart 1985) vom Institut für Geophysik der ETH Zürich aufgenommener, refraktionsseismischer Profile nordöstlich von Sarnen verwendet werden. Für weitere Informationen zu Datenerhebung und Datenverarbeitung sei an dieser Stelle auf die Kapitel 2 und 3 sowie die dort angeführte Literatur verwiesen.

Die benutzten geologischen Oberflächenaufnahmen sind einerseits die über das Arbeitsgebiet veröffentlichten Kartierungen (Buxtorf et al. 1916, Bentz 1948, Kant. Oberforstamt 1980) und andererseits viele kleinmassstäbliche, unpublizierte Kartierungen aus geologisch - geotechnischen Untersuchungen (Schindler 1969, Schindler 1978, Wildberger 1985, Wildberger 1990, Kartierungen M. Manser, unpubl.).

Die in Kapitel 2 erwähnte gravimetrische Detailkarte besitzt an sich ein erhebliches Aussagepotential. Da aber Auswertungen oder gravimetrische Modellierungen im Hinblick auf die hier behandelte Fragestellung nicht systematisch durchgeführt worden sind, können ihr bis heute nur qualitative Angaben bezüglich Ort und Ausdehnung der Gebiete mit vermutlich grossen Quartärmächtigkeiten entnommen werden.

4.1.3 Konstruktion der Felsisohypsen

In einem ersten Schritt wurde ein sogenannter «Quartärrahmen» festgelegt, welcher die Gebiete mit Lockergesteinsmächtigkeiten > 15 m umschliesst. Ausserhalb entsprechen die Felsisohypsen näherungsweise den topographischen Höhenkurven. Der Verlauf dieses «Quartärrahmens» stützt sich im wesentlichen auf die geologischen Oberflächenskartierungen und wurde anhand von Bohraufschlüssen und seismischen Profilen überprüft. Im nächsten Schritt wurden die Punktinformationen aller Bohrungen übernommen und die seismischen Profile - teilweise neu ausgewertet und überprüft - als linienförmige Felstiefeninformation eingeführt.

Die wichtigsten Konstruktionsvorgaben, beziehungsweise -Annahmen sind nachstehend erwähnt:

- Strukturgeologische Elemente unter dem Lockergestein wurden ausgehend von den oberflächen - kartierten tektonischen Elementen interpretiert. Die folgenden Arbeiten sind dazu besonders berücksichtigt: Bentz (1948), Kopp (1962), Schindler (1980), Winkler (1983), Bayer (1982), Herb (1988), Wildberger (1992).
- Die fluviatile Erosion ist gemäss Kopp (1962) in der Tiefe durch das spätglaziale Niveau des Vierwaldstättersees auf 428 m ü. M. begrenzt. Tiefer erodierte Bereiche wären demzufolge auf Glazialerosion zurückzuführen.
- Die interpretierte Tiefe in den Becken reicht maximal 50 - 100 m unter die tiefste für den gleichen Bereich durch Daten belegte Felskote hinab.

- Die Genauigkeit der Felsisohypsenkarten (Figuren 3a/b/c) ist im Mittel bei ungefähr ± 50 m anzusetzen.

4.1.4 Diskussion

Lungern - Aaried (Figuren 3a/3b)

In diesem Abschnitt existieren drei durch Schwellen deutlich voneinander abgetrennte Becken, welche vom Gletscher in Bereiche mit weniger erosionsresistenten Gesteinen eingetieft wurden. Der Tiefgang ist mit jeweils 100 - 150 m unter den heutigen Talboden bzw. Seespiegel eher bescheiden. Die Richtung der ovalen bis gestreckten Becken und der dazugehörigen Schwellen ist - wie anhand des Entstehungsmodelles zu erwarten - parallel zum Streichen der Faltenachsen in der Wildhorn / Drusbergdecke.

Giswil (Figur 3b)

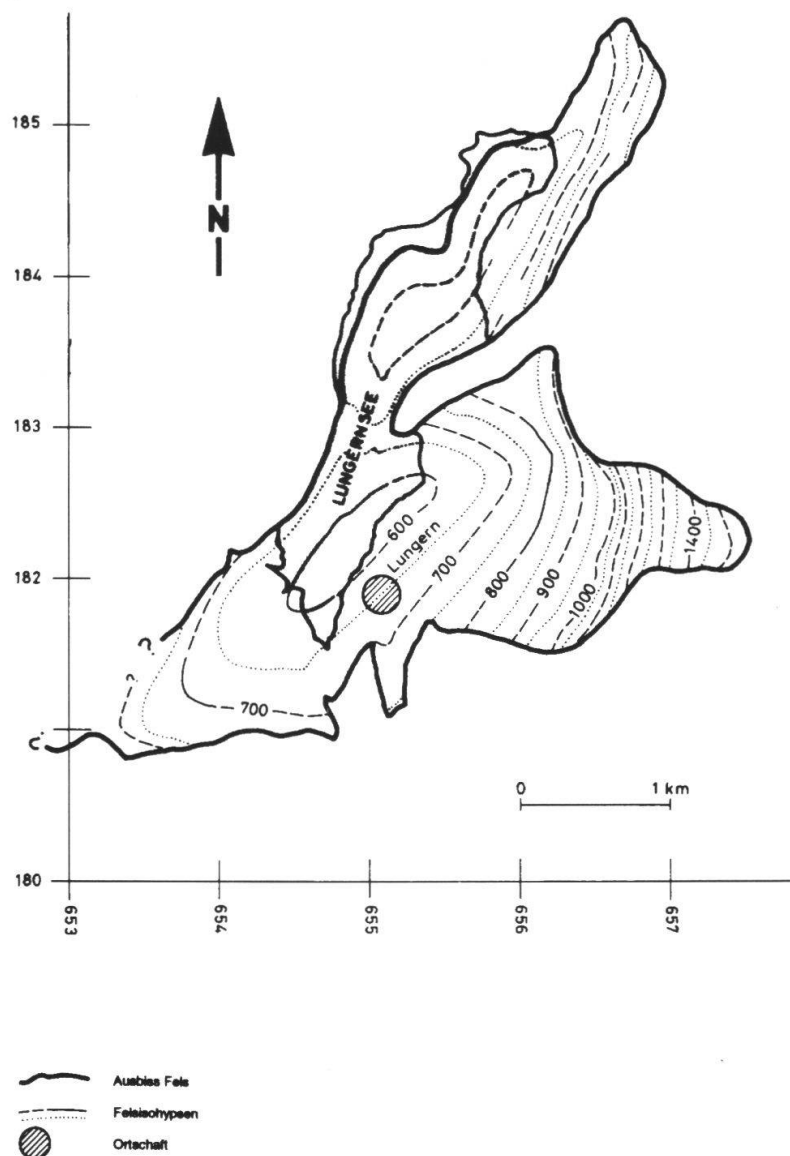


Fig. 3a: Isohypsenkarte (m.ü.M.) der Felsoberfläche im Obwaldner Haupttal: Abschnitt Lungern - Kaiserstuhl.

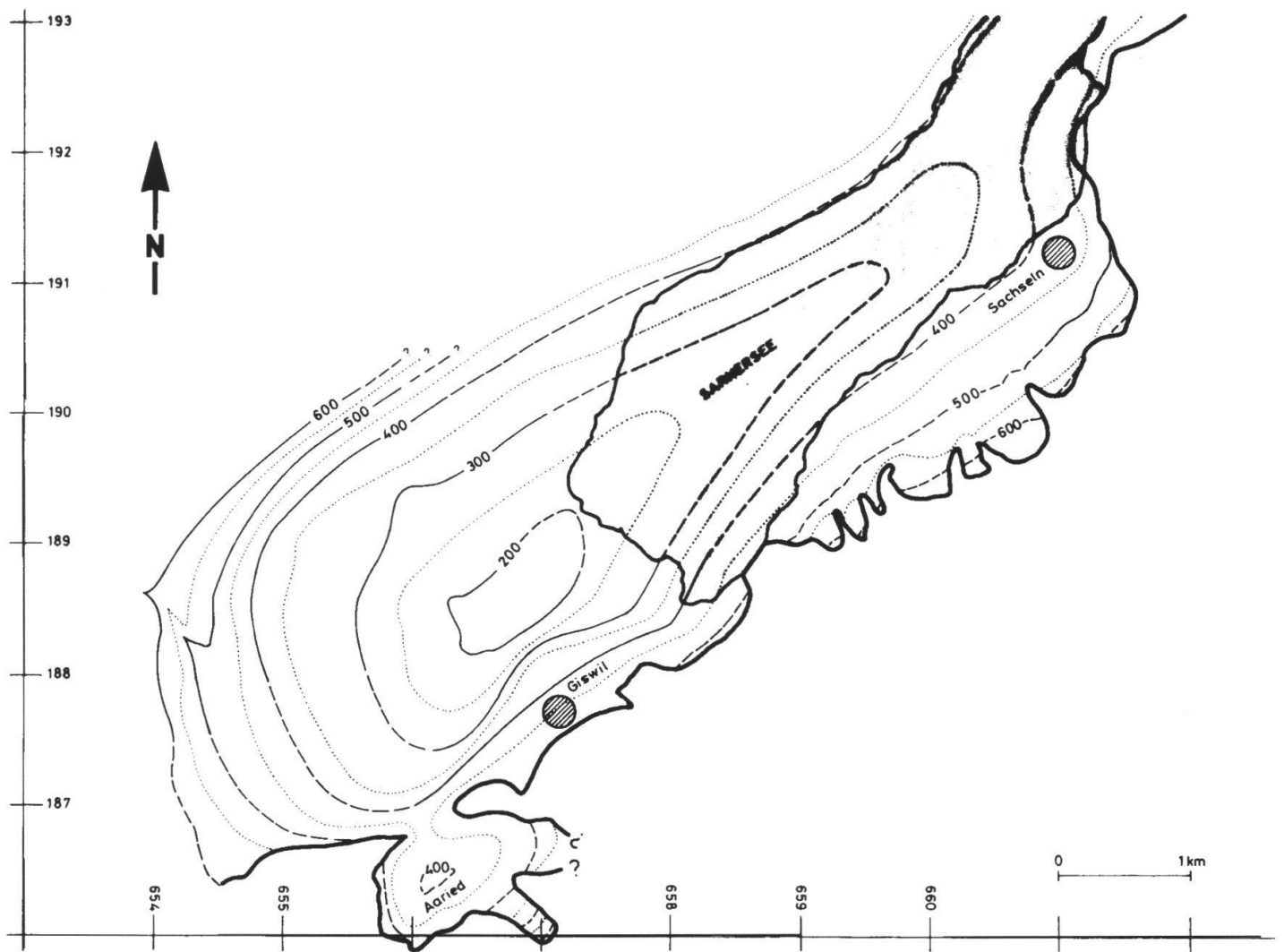


Fig. 3b: Isohypsenkarte (m.ü.M.) der Felsoberfläche im Obwaldner Haupttal: Abschnitt Aaried - Sachseln.

Hier erstreckt sich ein grosses, markantes Becken, welches in nordöstlicher Richtung weit in den Sarnersee hineinreicht. Die tiefste Stelle liegt im Gebiet zwischen Giswil und dem südwestlichen Ende des Sees auf einer Kote von 150 - 200 m ü. M., was einer Lockergesteinsmächtigkeit von etwas über 300 m entspricht.

Als interessantes Detail ist eine Felsterrasse bei Giswil zu bewerten, deren steil abfallender, nordwestlicher Rand als Fortsetzung der steilstehenden, sinistralen Bruchzone nach SCHINDLER (1980) interpretiert werden kann. Die reflexionsseismische Tiefenprofile des TKG bestätigten diese These weitgehend.

Als Spezialfall bezüglich der Lage der Felsoberfläche müssen die im Bereich des Schlierenflysch liegenden Talflanken betrachtet werden. Der Fels scheint hier zwar überall unter einer geringen Lockergesteinsdecke sehr oberflächennah anzustehen. Hingegen weisen die starke Verwitterung, die kleinräumig stark wechselnden Fall- und Streichrichtungen, sowie niedrige seismische Geschwindigkeiten auf tief-

gründig verwitterte oder versackte Felsmassen hin. In diesem Bereich sind die «Felsisohypsen» aus dem Sprung der seismischen Geschwindigkeiten zwischen 50 - 80 m unter der Erdoberfläche abgeleitet.

Sarnen (Figur 3c)

Der Hauptort des Kantons Obwalden liegt auf einer deutlichen Schwelle zwischen dem Becken von Giswil und einem weiteren Becken in der Gegend von Alpnach / Alpnachstad. Die Ursache dieser Schwelle ist mit grosser Wahrscheinlichkeit - wie bereits Bentz (1948) vermutet hatte - das nordöstlich von Sarnen abtauchende und im Landenberg bei Sarnen wieder erscheinende Bürgenstockelement des Muoterschwanderberges. Die Lockergesteinsmächtigkeiten betragen im Raum Sarnen nur

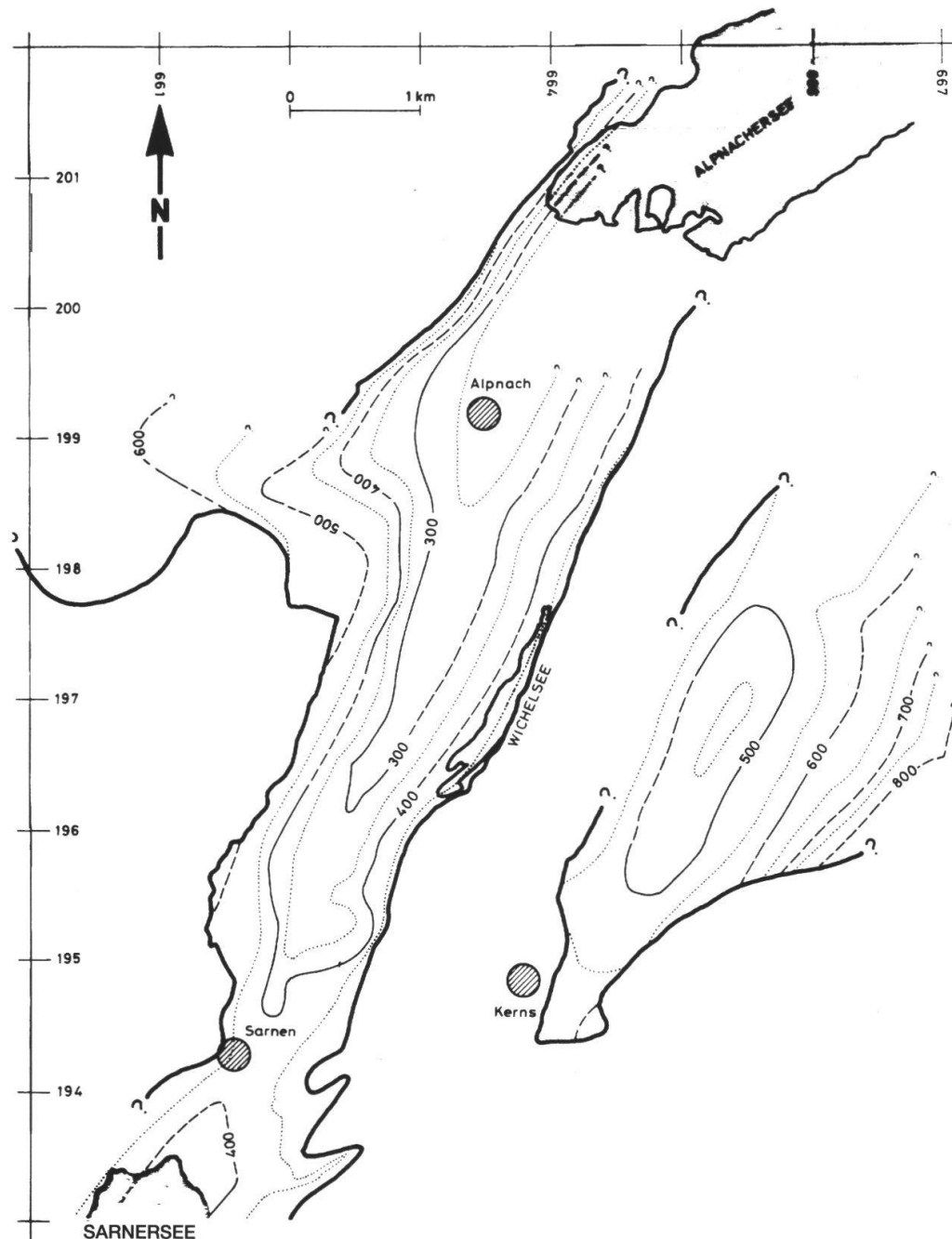


Fig. 3c: Isohypsenkarte (m.ü.M.) der Felsoberfläche im Obwaldner Haupttal: Abschnitt Sarnen - Alpnach.

gerade 50 - 100 m.
Alpnach (Figur 3c)

Ein weiteres, langgestrecktes Becken beginnt unmittelbar nördlich von Sarnen und erstreckt sich bis an den Rand der vorliegenden Karte im Alpnachersee. Anhand der in Kapitel 2 erwähnten Gravimetriekarte lässt sich erahnen, dass die Felsoberfläche nordöstlich der tiefsten, gesicherten Punkte bei Alpnach auf ca. 250 m ü. M. bereits wieder ansteigt. Mangels weiterer Daten aus Bohrungen bzw. Seismik wurde dort aber auf die Konstruktion von Felsisohypsen verzichtet.

Kerns (Figur 3c)

Nordnordöstlich von Kerns lässt sich ein Becken mit einer mutmasslich gesicherten Felsoberfläche auf 450 m ü. M. feststellen. Die Oberflächenmorphologie lässt zudem eine weitere Zunahme der Felstiefen in Richtung NNE vermuten.

4.1.5 Rekapitulation

Das Felsrelief im Obwaldner Haupttal ist bei Felstiefen bis zu ungefähr 300 m unter dem heutigen Talniveau/Seespiegel stellenweise erheblich übertieft. Die tiefsten Bereiche der einzelnen Becken liegen aber mit grosser Wahrscheinlichkeit deutlich über Meeresniveau.

Die steil abfallende Felsterrasse im Raum Giswil kann im Zusammenhang mit Bruchsystemen (Schindler 1980) gesehen werden. Hinweise für die Existenz solcher Bruchsysteme liefern neben der Oberflächengeologie auch seismische Aktivitäten der jüngsten Vergangenheit, wie beispielsweise das Erdbeben von Sarnen am 14. März 1964.

4.2 Nidwaldner Haupttal

Figur 4 zeigt die aus seismischen Messresultaten konstruierte Felsisohypsenkarte der Region von Stans. Die Konstruktion der Isolinien ist mit einigen Unsicherheiten verbunden, was aus dem Vergleich der verschiedenen Interpretationsvarianten (Figur 2) deutlich zum Ausdruck kommt. Die zur Konstruktion der Karte verwendeten seismischen Linien verlaufen oft entlang den Talflanken oder schneiden diese unter sehr flachem Winkel. Die Datenqualität ist deshalb infolge lateral einfallender seismischer Signale beeinträchtigt. Zudem mussten infolge der schlechten Zugänglichkeit des Geländes bedeutende laterale Abstände zwischen Signalquelle und Empfänger in Kauf genommen werden. Als zusätzliches Problem kam dazu, dass der Felsuntergrund unterhalb der Talachse seismisch praktisch nicht auflösbar ist. Ähnliche Schwierigkeiten, allerdings weniger ausgeprägt, wurden in gewissen Abschnitten des Obwaldner Haupttals angetroffen. Dort wurde die beschränkte seismische Datenqualität anhand von detaillierten Messungen und Auswertungen (Weitwinkelreflexionen, Geochemie, Oberflächengeologie, «Amplitude Versus Offset»-Auswertungen) eindeutig auf das Vorhandensein komplexer Bruchsysteme im Felsuntergrund zurückgeführt.

Die gute Übereinstimmung zwischen der konstruierten Geometrie der Felsoberfläche und dem Verlauf einer negativen gravimetrischen Anomalie im selben Ge-

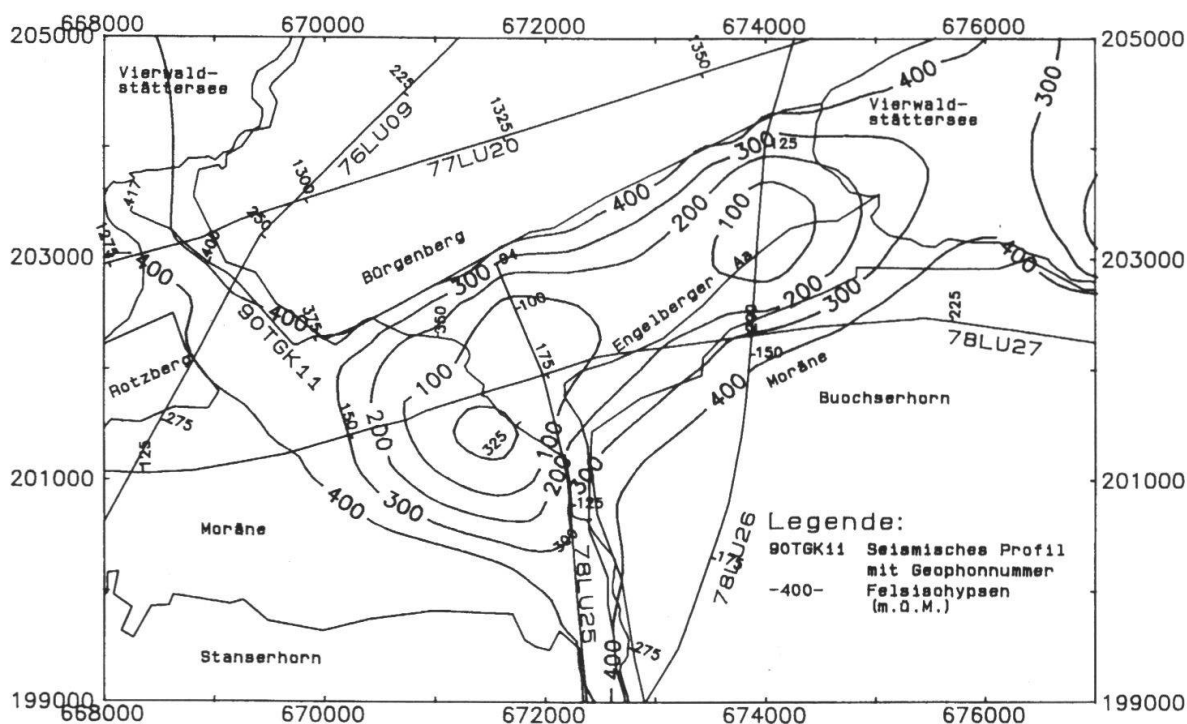


Fig. 4: Karte der Felsisohypsen (m.ü.M) in der Region Stans.

biet gibt der vorliegenden Auswertung eine gewisse Bestätigung.

In guter Übereinstimmung mit den seismischen Resultaten aus FINCKH et al. (1984) aus dem Raum Beckenried, liegt die Felsoberfläche an seiner tiefsten Stelle etwa auf Meeresspiegelhöhe. Der tiefste Bereich des Talbeckens erstreckt sich etwa vom Raum Stans bis in den Raum Buochs. Von Stans gegen Stansstad steigt die Felsoberfläche deutlich an. Dieser seismische Befund deckt sich gut mit den Resultaten aus der Gravimetrie.

Die sich abrupt verschlechternde seismische Datenqualität der Messprofile beim Ausgang des Sarnertals lässt darauf schliessen, dass der Untergrund unterhalb des Beckens bei Stans infolge von komplizierten, steilstehenden Bruchsystemen tiefgründig gestört ist. Genauere Angaben über die Lage und Geometrie dieser Störungen sind nicht möglich.

4.3 Reusstal

Die Datengrundlage für die Felsisohypsenkarte im Reusstal (Figur 5) setzt sich zusammen aus Refraktions- und Reflexionsauswertungen der TGK Linien 90 TGK 41, 90 TGK 09 und 90 TGK 10 (Figur b), sowie aus publizierten Schweredaten (Cagienard et al., 1982) und publizierten Bohrdaten (Brückner, W. und Zbinden, P. 1987).

Die beiden talparallelen Linien 90 TGK 41 und 90 TGK 10 wurden bewusst entlang den Talrändern geführt, da entlang der Talachse mit erheblichen Bruchstörungen gerechnet wurde. Sie sind somit wenig aufschlussreich für die Erfassung der Felsoberfläche im zentralen Teil des Tales.

Hingegen vermittelt die Auswertung der Linie 90 TGK 09, die von Attinghausen

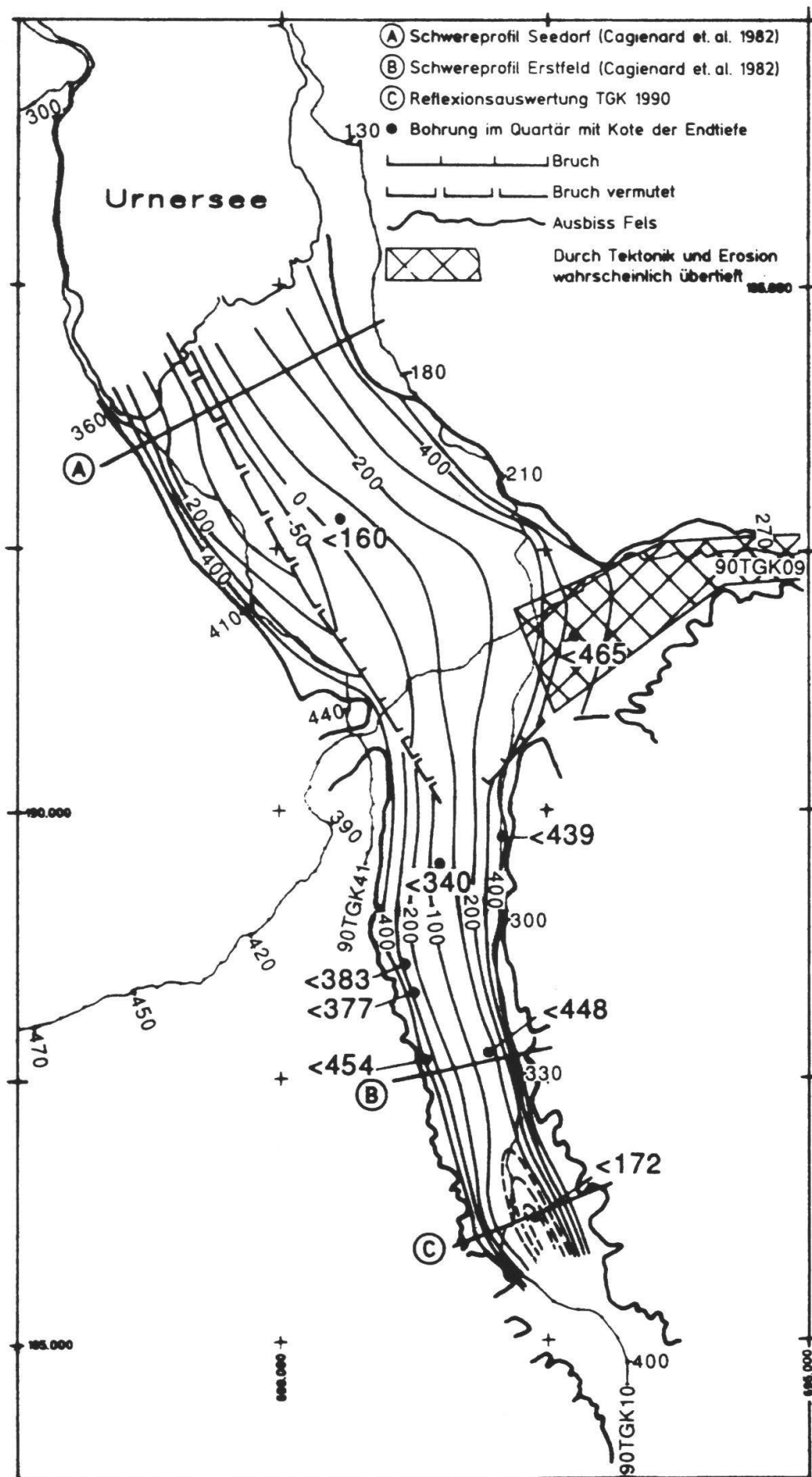


Fig. 5: Karte der Felsisohypsen (m.ü.M.) im Reusstal zwischen Flüelen und Erstfeld. Ergebnisse aus Refraktionsauswertungen der TGK Seismik und Schweremessungen.

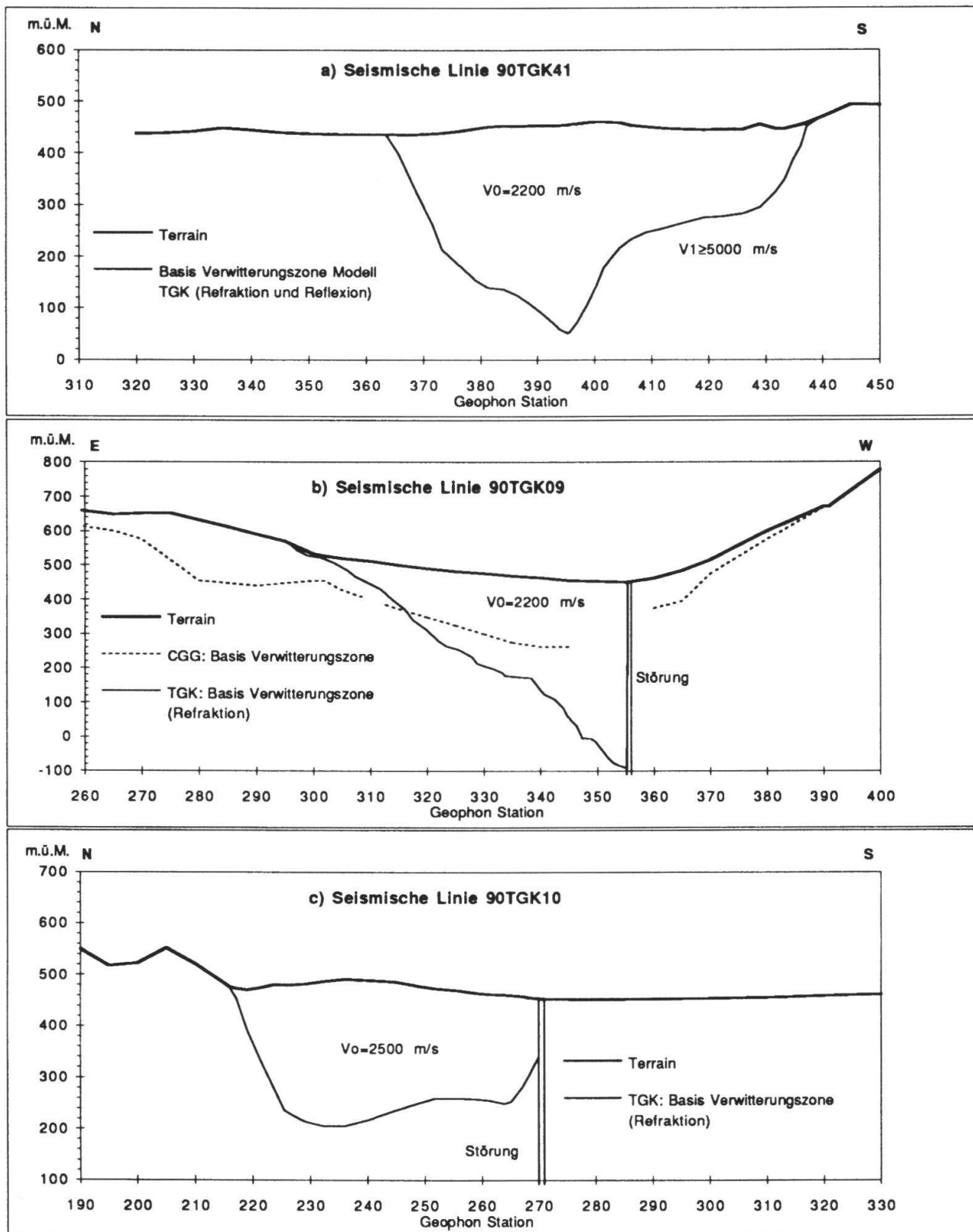


Fig. 6: Tiefenprofile der Basis der Verwitterungszone (Felsoberfläche) im Urner Reusstal. a) Seismische Linie 90 TGK 41, b) Seismische Linie 90 TGK 09, c) Seismische Linie 90 TGK 10.

im Westen quer über das Reusstal nach Bürglen und weiter nach Spirigen im Schächental im Osten führt, ein besseres Bild über Form und Tiefe des Reusstales. Eine Interpretation als asymmetrisches, von einer Störung an der Westflanke begrenztes Becken scheint plausibel zu sein. Ob die Störung nebst vertikalen auch horizontale Versetzungsbeträge aufweist, lässt sich nicht bestimmen. NAGRA (1988) konnte anhand von strukturgeologischen Daten Blattverschiebungen in den Helvetischen Decken im Urnersee Gebiet nachweisen. Demnach lässt sich, zusammen mit publizierten Schwere- und Bohrdaten, eine Felsoberfläche rekonstruieren, die an ihrer tiefsten Stelle den Meeresspiegel sicher erreicht und im Westen wahrscheinlich durch eine NNW - SSE gerichtete Abschiebung versetzt wird. Das Schwereprofil von Seedorf zeigt ebenfalls die asymmetrische Form, die Anlage der Abschiebung jedoch lässt sich nur anhand des steilen Felsabfalles an der Talflanke vermuten.

Im südlichen Abschnitt des Reusstales, zwischen Attinghausen und Erstfeld stützt sich die Karte der Felsoberfläche nur auf spärliche Daten. Das Schwereprofil von Erstfeld zeigt ein leicht asymmetrisches Becken, dessen tiefster Teil eine Kote von etwa 100 m ü. M. erreicht (N.B.: Die Position der beiden Schwereprofile ist nur ungefähr, präzise Angaben fehlen in der zitierten Arbeit).

Eine Reflexionsauswertung der Linie 90 TGK 10 im Raum Erstfeld weist auf eine mögliche, lokale Übertiefung des Tales bis auf ca. 50 m unter dem Meeresspiegel hin (Figur 7). Die Sondierbohrung SB-2 bei Erstfeld wurde nur bis auf die Kote 172 m ü. M. vorangetrieben, ohne die Felsoberfläche erreicht zu haben.

Im unteren Schächental bei Bürglen zeigt die Auswertung der Linie 90 TGK 09 (Station 310 - 260) nach GARDNER mögliche Quartärablagerungen mit einer Mächtigkeit von gegen 200 m. Diese Verhältnisse konnten jedoch mit Reflexionsauswertungen nicht bestätigt werden. Die Schweizerischen Bundesbahnen haben im Rahmen ihrer Abklärungen über mögliche Tunnelvarianten der NEAT in diesem Abschnitt seismische Daten vom TGK erworben und hinsichtlich der Quartärmächtig-

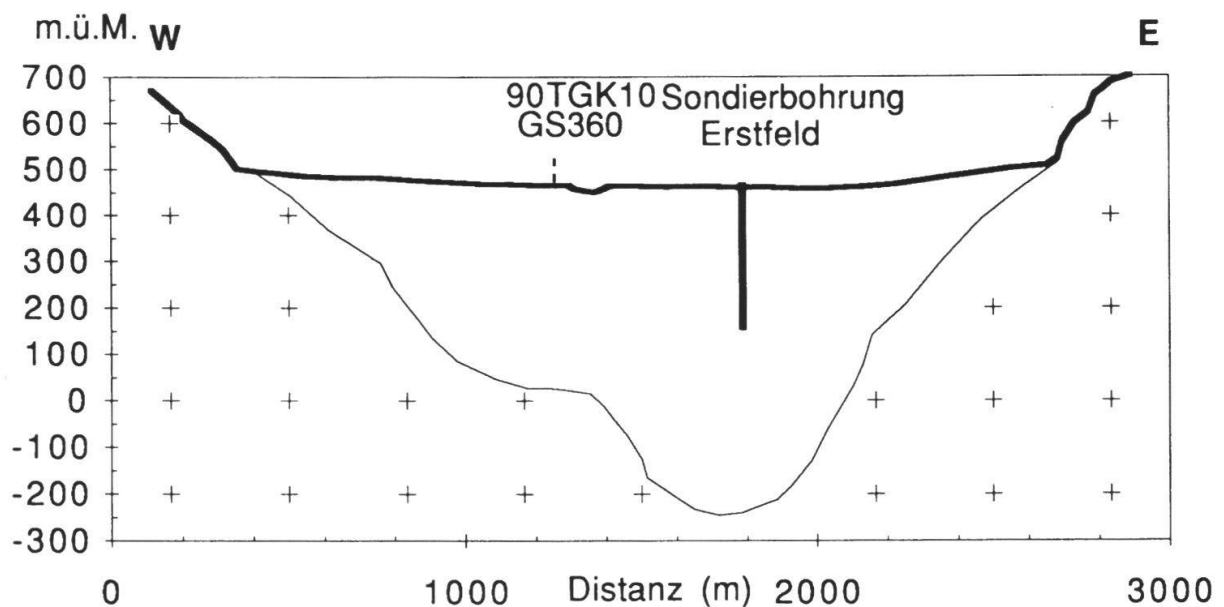


Fig. 7: Reflexionsauswertung Profil C im Urner Reusstal bei Erstfeld (TGK 1990)

keiten durch eine Beraterfirma auswerten lassen. Im weiteren wurden für den gleichen Zweck auch zwei Bohrungen östlich von Bürglen niedergebracht. Bisher wurden allerdings keine Daten der im Auftrag der SBB gemachten Arbeiten publiziert.

Wildi (1984) vermittelt aufgrund von seismischen Daten im Vierwaldstättersee ein ähnliches Bild der Felsoberfläche im Reusstal.

4.4 Engelbergertal

Im Engelbergertal wurde die Quartärmächtigkeit entlang den seismischen Linien 90 TGK 08 und 90 TGK 09 konstruiert. Figur 8 zeigt verschiedene Interpretationsvarianten. Die Varianten «CGG» (maschinelle Auswertung) und «TGK (2)» (manuelle Auswertung) wurden nach der Methode von GARDNER konstruiert, während die Variante «TGK (1)» aus den Reflexionsdaten resultiert und vermutlich ein realistischeres Bild der Felsoberfläche wiedergibt. Entlang der Linie 90

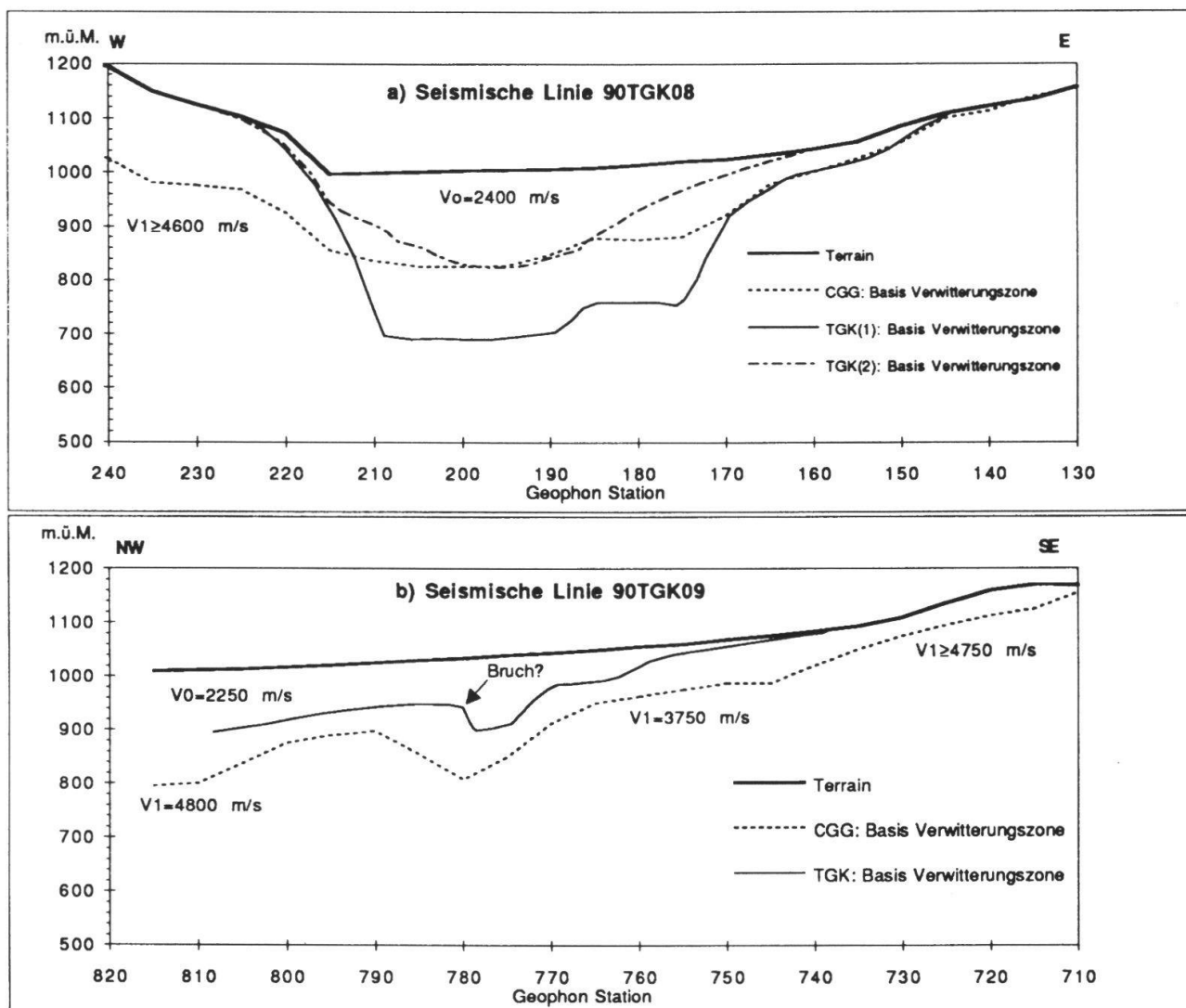


Fig. 8: Tiefenprofile der Basis der Verwitterungszone (Felsoberfläche) bei Engelberg. a) Seismische Linie 90 TGK 08, b) Seismische Linie 90 TGK 09.

TGK 09 wird der Methode von Gardner («CGG») lediglich eine manuelle Refraktionsauswertung («TGK») gegenübergestellt. Die starke Diskrepanz zwischen den einzelnen Auswertungen geben ein Mass für die grossen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Quartärmächtigkeit.

Infolge dieser Unsicherheiten und der geringen seismischen Datendichte im Engbergertal war es leider nicht möglich, eine Isohypsenkarte zu konstruieren.

5. Schlussfolgerungen

Die Auswertung der geologischen und geophysikalischen Daten aus der Exploration nach Kohlenwasserstoffen in der Zentralschweiz bestätigt frühere punktuelle Angaben, wonach die Haupttäler der Zentralschweiz stark übertieft sind und zum Teil bis etwa auf Meeresniveau hinunter reichen können. Aufgrund der lokal unterschiedlichen erosiven Wirkung der Gletscher auf den Untergrund weist die Felsoberfläche eine ausgeprägte Morphologie aus. Die geophysikalischen Auswertungen deuten auf einen engen Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Alpentäler und Bruchsystemen im Felsuntergrund hin.

Verdankungen

Die in diesem Artikel beschriebenen Messungen im Rahmen der TGK Explorationskampagnen in der Zentralschweiz wurden von den Firmen Swisstopol Holding AG (liqu.) und Sulzer International AG, sowie dem Nationalen Energie- Forschungs- Fond (NEFF Projekt 422) finanziert.

Ältere seismische Messungen wurden im Auftrag der LEAG (Luzernische Erdöl AG, liqu.) durchgeführt.

Ein Teil der detaillierten Auswertungen im Obwaldner Haupttal wurden im Rahmen einer Pilotstudie des BUWAL, Landeshydrogeologie und -geologie (Dres J-P. Tripet und O. Lateltin) unter der Leitung von Prof. Dr. C. Schindler am Geologischen Institut und am Institut für Geophysik der ETH Zürich durchgeführt. Die überwiegende Anzahl der verwendeten Bohraufschlüsse konnte in den Archiven der geotechnischen Büros Dr. von Moos AG, Zürich, Mengis & Lorenz AG, Luzern, BKG AG, Buchrain und Dr. H. Jäckli AG, Zürich eingesehen werden.

Allen aufgeführten Personen und Institutionen sei an dieser Stelle gedankt.

Literaturverzeichnis

- BAYER, A. 1986: Untersuchung im Habkern - Melange («Wildflysch») zwischen Aare und Rhein. - Mitt. Geol. Inst. Eidg. Techn. Hochschule u. Univ. Zürich, NF, Nr. 240.
- BENTZ, F. 1948: Geologie des Sarnersee-Gebietes (Kanton Obwalden). Eclogae geol. Helv. 41/1.
- BODMER, PH., GUNZENHAUSER, B. 1992: TGK hydrocarbon exploration in central Switzerland: Experience with alpine reflection seismics. Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 59/135, 15 - 22.
- BRÜCKNER, W., ZBINDEN, P. 1987: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt 1192 Schächental,

Atlasblatt 83. Schweiz. Geol. Komm.

- BUXTORF, A., TOBLER, A., NIETHAMMER, G., BAUMBERGER, E., ARBENZ, P. & STAUB, W. 1916: Geologische Vierwaldstätterseekarte. Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz, Schweiz. Geol. Komm., Spezialkarte Nr. 66a.
- CAGIENARD, P.J., KAHLE, H.G., MÜLLER, ST., & KLINGELÉ, E. 1982: Gravimetrische Untersuchungen in der Kontaktzone Helvetikum / Aar Massiv. Geod. geophys. Arb. Schweiz. 35, 129 - 169.
- FINCKH, P., KELTS, G., LAMBERT, A. 1984: Seismic stratigraphy and bedrock forms in perialpine lakes. Bull. geol. Soc. Amer. 95, 1118-1128.
- HERB, R. 1988: Eocäne Paläogeographie und Paläotektonik des Helvetikums. Eclogae geol. Helv. 81/3.
- KANT. OBERFORSTAMT OW 1980: Geologische Karte des Kantons Obwalden. Referenzkarte, Aerni-Leuch AG, Bern.
- KOPP, J. 1962: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25'000, Blatt Luzern, Atlasblatt 28, Erläuterungen. Schweiz. Geol. Komm.
- LABHART, W. 1988: Beispiel einer thermischen und chemischen Beeinflussung des Grundwassers durch Einleitung von erwärmten Wasser (Sarnen / Kanton Obwalden). Diss. ETH Zürich Nr. 8529.
- LAYAT, C. 1967: Modified Gardner delay time and constant distance correlation. In: MUSGRAVE, A.W. (Ed.): Seismic refraction prospecting, 171-193, Spec. Publ. SEG.
- NAGRA 1988: Berichterstattung über die Untersuchungen der Phase I am potentiellen Standort Oberbauenstock (Gemeinde Bauen, Uri). Technischer Bericht 88-18.
- SCHINDLER, C. 1969: Geologische Karte 1:5'000 Kaiserstuhl - Ewil. Bericht Nr. 1563/1, Dr. von Moos AG Zürich, unpubl.
- SCHINDLER, C. 1978: Geologisch - tektonische Karten 1:5'000 Lungern - Rudenz / Rudenz - Ewil. Bericht Nr. 2731/2, Dr. von Moos AG Zürich, unpubl.
- SCHINDLER, C. 1980: Geologisch-geotechnische Bohruntersuchung der N8 zwischen Sarnen und dem Brünig. Strasse und Verkehr Nr. 5.
- SCOTT, J.H. 1973: Seismic refraction modeling by computer. Geophysics 38/2, 271-284.
- WILDBERGER, A. 1985: Geologische Karte 1:5'000 Ewil - Sarnen Süd. Bericht Nr. 4100, Dr. von Moos AG Zürich, unpubl.
- WILDBERGER, A. 1990: Bemerkungen zur Tektonik zwischen Brünigpass und Sarnen. Bericht Nr. 5089/3, Dr. von Moos AG Zürich, unpubl.
- WILDBERGER, A. 1992: Quartärgeologische Resultate von Abklärungen für ein Ausgleichsbecken im Kleinen Melchtal (Kanton Obwalden). Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. 59/135, 73-79.
- WILDI, W. 1984: Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz, mit kurzen Erläuterungen. Eclogae geol. Helv. 77/3, 541 - 551.
- WINKLER, W. 1983: Stratigraphie, Sedimentologie und Sedimentpetrographie des Schlierenflysches (Zentralschweiz). Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, NF, 158. Lieferung.