

# Reflexionsseismische Untersuchung des Brienzersees

Autor(en): **Matter, Albert / Dessolin, Daniel / Sturm, Michael**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **66 (1973)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-164183>

## **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.

# Reflexionsseismische Untersuchung des Brienersees

Von ALBERT MATTER<sup>1)</sup>, DANIEL DESSOLIN<sup>2)</sup>, MICHAEL STURM<sup>1)</sup>  
und AUGUST E. SÜSSTRUNK<sup>1)</sup>

## ABSTRACT

A seismic campaign using an air gun was carried out on Lake Brienz in 1969. From these records the morphology and depth of the basement and the thickness of the Quaternary sediments could be determined. The lake basin consists of two troughs containing at least 550 and 300 metres of sediment with a maximum depth of the basement 800 metres below lake level. An additional survey was made in 1971 with a boomer and a mudpenetrator to study the structures within the youngest sediments. On the boomer records five distinct reflectors are identified; some of them can be correlated over the entire basin. The uppermost 50 metres are made up of an alternating sequence of seismically transparent varved clays and clays with many graded sand layers which appear on the records as closely spaced smooth reflectors. The theory of a glacial origin of the lake is strongly supported by the seismic data.

## 1. Einleitung

Der Brienersee, der zweitgrösste See des Berner Oberlandes, wird heute durch die Alluvialebene von Interlaken vom westlich gelegenen Thunersee getrennt. Im frühen Postglazial waren diese beiden Seebecken noch Teil eines zusammenhängenden, weit grösseren Sees, der sich talaufwärts mindestens bis auf die Höhe von Meiringen erstreckte, im Laufe der Zeit aber vom Schuttmaterial seiner Zuflüsse, besonders der Aare und der Lüschine, teilweise aufgefüllt wurde. Da sich daher aus der heutigen Form der beiden Seebecken nur wenige Anhaltspunkte zur Entstehungsgeschichte dieser Talfolge ergeben, müssen geophysikalische Methoden angewandt werden, um Aufschluss über die Morphologie des Felssockels sowie Mächtigkeit und Schichtaufbau der Lockersedimente zu erhalten.

So wurden im Anschluss an Untersuchungen im Thunersee, deren Ergebnisse in MATTER et al. (1971) dargestellt sind, im Herbst 1969 und im Frühjahr 1971 auch im Brienersee seismische Untersuchungen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Bodenforschung (Hannover) wurde zunächst mit Hilfe des Pneuflex-Verfahrens (Airgun) die Tiefe des Felssockels und die Mächtigkeit der Locker-

<sup>1)</sup> Geologisches Institut der Universität Bern, Sahlistrasse 6, CH-3000 Bern

<sup>2)</sup> Institut Océanographique, Monaco

sedimente bestimmt. Die Feingliederung der unverfestigten Sedimente erfolgte sodann an Hand seismischer Aufnahmen, die mit Hilfe des Boomer- und des Mudpenetrator-Verfahrens in Zusammenarbeit mit dem Musée Océanographique (Monaco) gewonnen wurden.

Die durchgeführten Untersuchungen sind Teil eines limnogeologischen Forschungsprojektes, welches vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt wird. Für die grosszügige Förderung der Untersuchungen danken wir den Herren H. Closs, K. Hinz (Hannover), R. Herb (Bern), O. Leenhardt (Monaco), dem Eidg. Amt für Wasserwirtschaft und dem Schweizerischen Nationalfonds bestens. Besonderer Dank gilt allen an den Feldarbeiten beteiligten Studenten, H. Ischi für die Mitarbeit bei der Auswertung und W. Frei für die Reinzeichnung der Darstellungen.

## 2. Messverfahren

Auf dem Brienersee kamen drei verschiedene reflexionsseismische Geräte zum Einsatz, nämlich Airgun, Boomer und Mudpenetrator. Das Pneuflex-Verfahren (Airgun) und die verwendete Apparatur, von HINZ et al. (1970) ausführlich beschrieben, wurden in derselben Anordnung wie auf dem Thunersee (MATTER et al. 1971, S. 506) eingesetzt.

Im Gegensatz zur Pneuflex-Methode, wo die explosionsartige Druckentlastung komprimierter Luft zur Erzeugung einer Schallwelle verwendet wird, dient beim Boomer- und Mudpenetrator-Verfahren Wechselstrom als Energiequelle. Beim Boomer besteht der Schallgeber aus einem Elektromagneten mit einer elektrischen Spule und einer an diese gedrückten Aluminiumplatte. Dieser wird, montiert auf einem Holzgestell, vom Meßschiff nachgeschleppt. Der von einem Generator erzeugte Wechselstrom wird auf eine hohe Spannung transformiert, gleichgerichtet und auf einer Kondensatorenbank gespeichert. Durch die Entladung der Kondensatoren, die vom Schreiber gesteuert wird, entstehen starke elektromagnetische Kräfte, welche die Aluminiumplatte brüsk von der elektrischen Spule trennen, wobei eine Schallwelle entsteht, die in den Boden eindringt und von den Schichten des Untergrundes reflektiert wird. Die reflektierten Signale werden von einem ebenfalls mitgeschleppten Hydrophon empfangen und von einem Edgerton-Schreiber aufgezeichnet (LEENHARDT 1965, VERNET und HORN 1971, S. 294). Bei unseren Untersuchungen wurde ein Boomer 300 Joules verwendet, wobei die maximale Spannung 3500 Volt betrug. Die Entladung der Kondensatorenbank erfolgte alle 1,5 Sekunden. Die maximale Eindringtiefe betrug im Brienersee 65 Millisekunden (etwa 50 m).

Der Mudpenetrator arbeitet wie ein Echolot, allerdings mit niedrigeren Frequenzen. Mit seiner im Vergleich zur Airgun und zum Boomer geringern Eindringtiefe, aber hohen Auflösung eignet er sich besonders für die Erfassung von Strukturen in den obersten Metern der Lockersedimente. Einen Überblick über die theoretischen Grundlagen dieser Methode und über die verwendeten Apparate gibt LEENHARDT (1964). Im Brienersee wurden die Profile mit Frequenzen von 4,5 Kilohertz aufgenommen, wobei die Eindringtiefe maximal 45 Millisekunden (etwa 35 m) betrug. Gute Resultate konnten damit vor allem im Bereich der subaquatischen Rinnen des Aaredeltas gewonnen werden.

Bei den Profilaufnahmen im Brienersee wurden gewöhnlich Boomer und Mudpenetrator gleichzeitig eingesetzt. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in der Kom-

bination der grösseren Eindringtiefe des Boomers mit der hohen Auflösung des Mudpenetrators. Die Schallquelle des Boomers wurde etwa 3–4 m hinter dem Boot nahezu an der Wasseroberfläche geschleppt, während das Hydrophon vom Vorderdeck gewässert und etwa 20 cm unter der Seeoberfläche geführt wurde. Die Distanz vom Schallgeber zum Hydrophon betrug etwa 15 m. Der in einem knapp zwei Meter langen Metall«fisch» untergebrachte Mudpenetrator wurde auf der gegenüberliegenden Bootsseite in ungefähr 75 cm Wassertiefe geschleppt, wodurch Störungen durch Interferenzen bei gleichzeitigem Betrieb beider Apparaturen vermieden werden konnten.

Als Messboot diente die «Iseltwald» der Schiffsbetriebe Thuner- und Brienersee. Die Boomer- und Mudpenetrator-Profile wurden bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 11 km/h, die Pneuflex-Profile mit 3,6 km/h (Querprofile) bzw. 7,5 km/h (Längsprofil) aufgenommen. Die Lagebestimmung des Bootes erfolgte durch Vorwärtseinschnitt mit Theodolithen, von Vermessungspunkten vom Ufer aus (vgl. MATTER et al. 1971, S. 506). Insgesamt wurden 30 km Profile mit der Airgun und 70 km mit dem Boomer und dem Mudpenetrator aufgenommen (Fig. 1a, b).

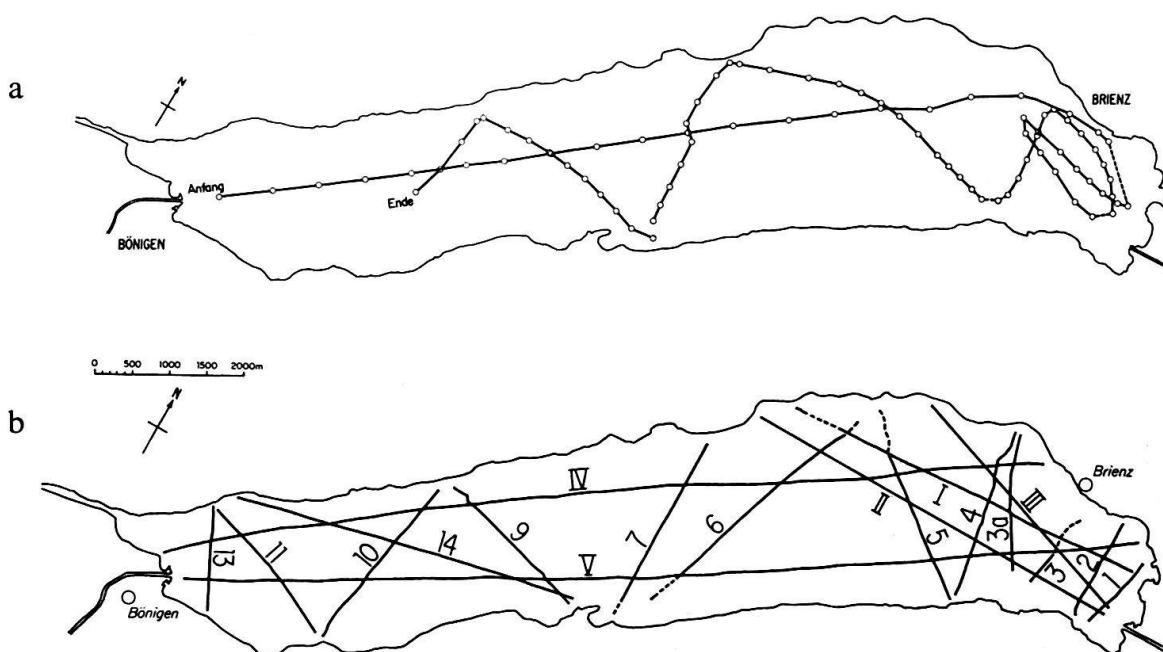


Fig. 1a. Lage der Pneuflex-Profile mit Angabe der Messintervalle (Kreise). Fig. 1b. Lage der Boomer- und Mudpenetrator-Profile. Querprofile mit arabischen, Längsprofile mit römischen Ziffern.

Bei der Auswertung der Aufnahmen wurde für die Ausbreitung der seismischen Wellen im Wasser und in den Lockersedimenten eine mittlere Geschwindigkeit von 1500 m/sek angenommen. Da aber die Ausbreitung seismischer Wellen im Wasser 1450 m/sek, in den Sedimenten dagegen im Durchschnitt über 1550 m/sek beträgt, stellen die berechneten Tiefen wohl Minimalwerte dar (MATTER et al. 1971, S. 507).

### 3. Morphologie des Brienersees

Der Brienersee ist 14 km lang, maximal 2,75 km breit und weist eine grösste Tiefe von 260 m auf. Das heutige Seebecken ist von einfacher longitudinaler Form

und praktisch ungegliedert (Fig. 2). Einzig bei Iseltwald wird durch die Fortsetzung des Doggersporns zum Schnäggeninseli eine stille Bucht vom See abgetrennt. Ein zweiter subaquatischer Rücken findet sich NE davon gegen die Seemitte zu (Fig. 2).

Eine Uferbank ist kaum vorhanden, und die beidseitigen Steilhänge finden ihre Fortsetzung meist in steilen subaquatischen Halden, deren Böschungswinkel zwischen 30 und 50° variieren (HOFER 1952, S. 5). Beim Giessbach und vor Iseltwald fällt das felsige Ufer sogar fast senkrecht bis zum Seeboden ab. Es ist auffallend, dass es den zahlreichen Seitenbächen nicht gelungen ist, flachere Halden aufzubauen. Das von ihnen angelieferte Sedimentmaterial wird, wie bei den Seitenbächen des Thunersees (STURM und MATTER 1972), offenbar zum Teil direkt über die steile Halde hinunter verfrachtet und erst im flacheren Seeteil abgelagert. Einzig die Lutschine und die Aare haben an den beiden See-Enden Delten mit geringerer Hangneigung aufgeschüttet. In diesen Delten, besonders im Aaredelta, finden sich subaquatische Rinnen (Fig. 2), die bis 25 m eingetieft sind.

Im Gegensatz zum Thunersee, der die geologisch-tektonischen Einheiten quert (MATTER et al. 1971, Fig. 4), liegt der Brienersee in einem Längstal, das parallel zu den tektonischen Strukturen verläuft. Aus der Geologischen Karte der Schweiz 1:200000 kommt klar zum Ausdruck, dass das Nordufer im Bereich der vorgeschobenen Kreideabfolgen der Wildhorndecke liegt, während sich das Südufer in deren zurückgebliebener jurassischer Unterlage befindet. Die Doggermassen der Faulhorngruppe, die in den Steilabstürzen über dem Südufer aufgeschlossen sind, legen sich in isoklinale, aufrecht stehende und nach NW zeigende Falten, die gegen das Haslital axial abtauchen (SEEBER 1911, GÜNZLER-SEIFFERT 1924). Die Lage des Sees wird vom Verlauf der Faltenzüge bestimmt, und seine Entstehung dürfte mit dem Gebirgsbau eng verknüpft sein (S. 80).

#### 4. Ergebnisse der seismischen Messungen

##### 4.1 *Diskussion der Isohypsenkarte des Felssockels*

Die Isohypsenkarte des Felssockels konnte hauptsächlich auf Grund der Pneuflex-Messungen gezeichnet werden. Einige zusätzliche Daten, vor allem in Bereichen mit geringer Sedimentbedeckung, wie etwa NE vor Iseltwald, lieferten auch die Boomer aufnehmen. Die Interpretation der Pneuflex-Registrierungen wurde durch die erste Mehrfachreflexion des Seebodens sehr erschwert, da sie auf der Registrierung meistens im Bereiche der Reflexionen des Felssockels auftrat. Ferner sind im unteren Seebecken keine Querprofile mit der Airgun aufgenommen worden, so dass hier die Isohypsenkarte nicht vervollständigt werden konnte.

Wie erwähnt ist das heutige Seebecken praktisch ungegliedert (S. 73). Auf der in Figur 3 dargestellten Isohypsenkarte sind dagegen deutlich zwei Becken erkennbar, in denen die Felsoberfläche mindestens 600 m (westliches Becken) bzw. 800 m (östliches Becken) unter der heutigen Seeoberfläche liegt und die durch eine Schwelle getrennt sind, welche das östliche Becken um 250 m überragt. Gegen das obere See-Ende steigt der Felsuntergrund an und bildet östlich der Linie Giessbach–Brienz eine schwach gegliederte Plattform. Der am Ausbiegen der Isohypsen vor Brienz zum Ausdruck kommende Doppelsporn liegt eindeutig in der allgemeinen Streichrichtung

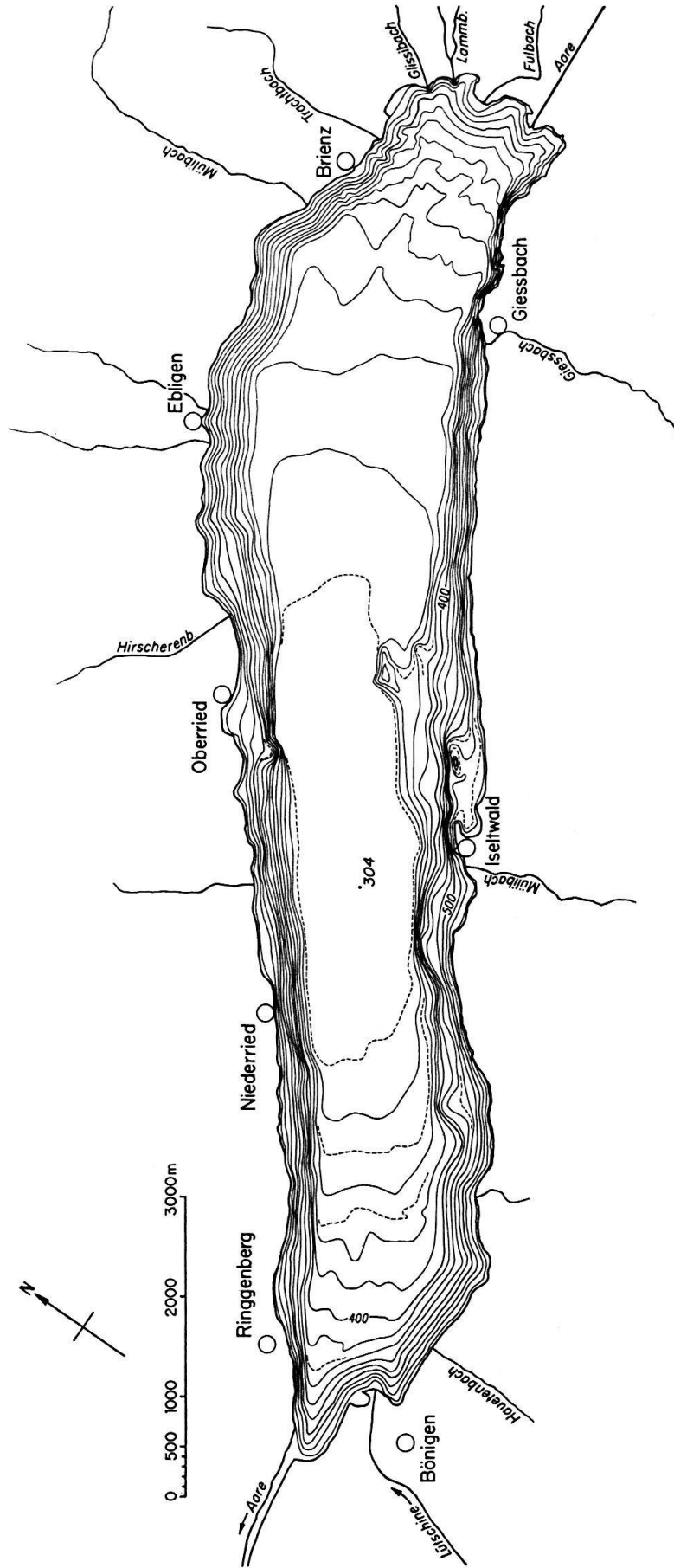


Fig. 2. Bathymetrische Karte des Brienersees. Höhen in Meter über Meer. Äquidistanz 20 m.

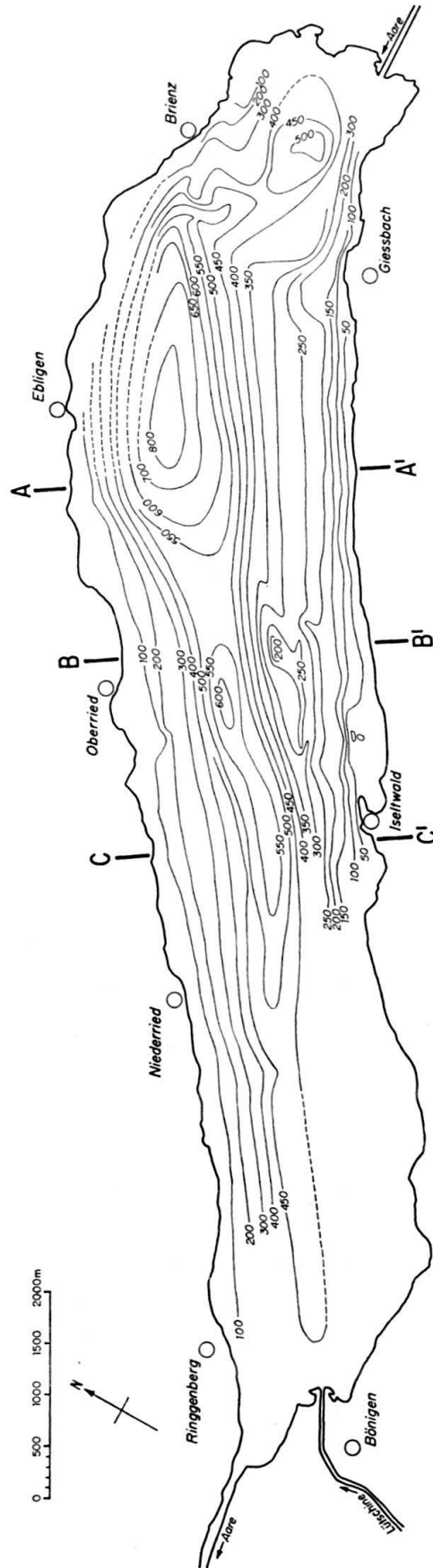


Fig. 3. Isohypsenkarte der Felsoberfläche. Bezugshorizont: Seeoberfläche.



der Faltenzüge. Er stellt wohl die seewärtige Fortsetzung des Tithonvorkommens von Unter Schwanden-Tracht dar (MICHEL 1921).

Die auch in der bathymetrischen Karte (Fig. 2) erkennbaren Sporne vor Iseltwald (S. 74) finden sich in der Isohypsenkarte der Felsoberfläche wieder. Das Seismogramm des Boomers (Tf. I) zeigt, dass der äussere Sporn ein den angrenzenden flachen Beckenboden hoch überragender Felsrücken ist, der nur von einem Schleier Lockersediment bedeckt wird. Die Richtung dieses Rückens sowie diejenige des Felsspornes Iseltwald-Schnäggeninseli stimmt ebenfalls mit dem allgemeinen Faltenstreichen überein.

Einen Überblick über die Querschnittform des Brienersees geben die drei in Figur 4 dargestellten Querprofile. Das Seebecken hat die Form einer eingetieften Schüssel. Östlich der Linie Iseltwald-Oberried ist die Form des Beckens asymmetrisch mit steilem Nordufer (Böschungswinkel  $30^{\circ}$ – $43^{\circ}$ ) und flacherem Südufer. Auffallend ist die Trogschulter vor Iseltwald in Figur 4, Profil B–B'. Das untere Seebecken scheint, soweit wir aus den hier unvollständigen Daten schliessen können, eine symmetrische Schüsselform mit einem Böschungswinkel von etwa  $30^{\circ}$  aufzu-

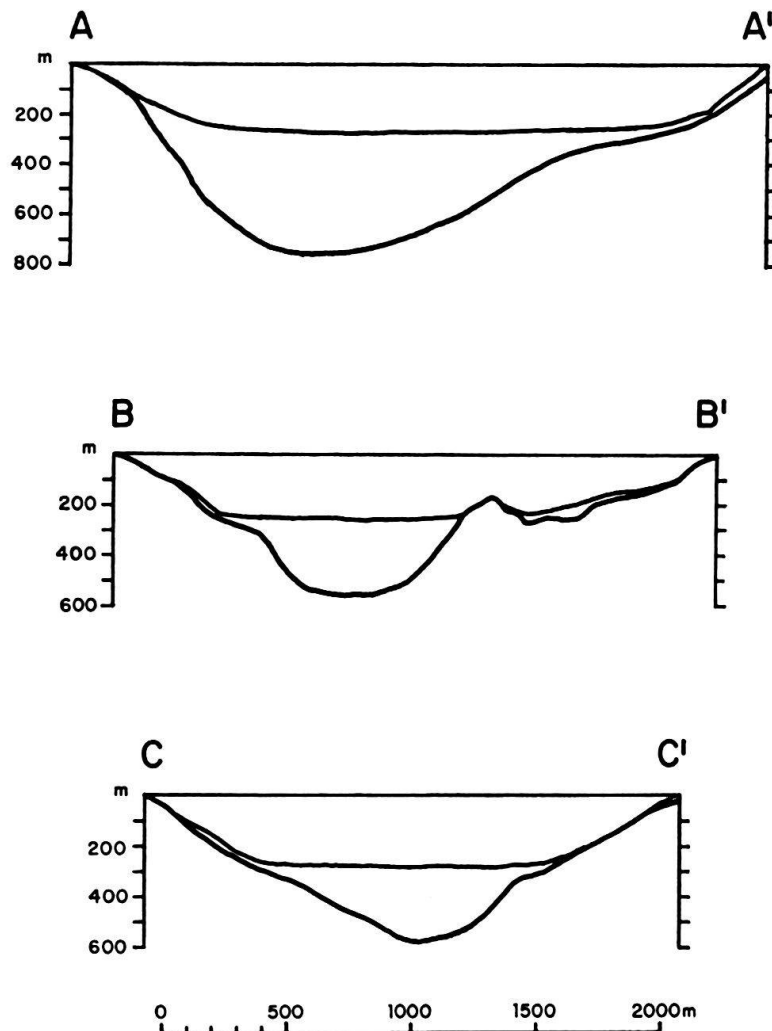


Fig. 4. Querprofile des Brienerseebeckens mit Felssockel und Beckenfüllung. Lage der Profile siehe Figur 3.



weisen. Diese Querschnittform gleicht derjenigen des Thunersees (MATTER et al. 1971, Fig. 5), dessen Schüsselform weniger tief und daher flacher ist. Ausgeprägte Trogschultern fehlen im Thunersee.

#### 4.2. *Die Sedimente im Brienerseebecken*

Die quartären Lockersedimente erreichen im Brienersee beachtliche Mächtigkeiten. Wie auf der Isopachenkarte (Fig. 5) zu sehen ist, sind die Zentren der Sedimentakkumulation die Becken bei Oberried (über 300 m Sediment) und bei Ebligen (über 550 m Sediment) sowie die Deltabereiche der Aare und der Lütchine an den See-Enden. Praktisch kein Sediment wurde an den Steilufern und auf dem Sporn nordöstlich von Iseltwald abgelagert (Tf. I).

Die seismischen Aufnahmen gestatten jedoch nicht nur die Bestimmung der Sedimentmächtigkeiten, sondern erlauben auch eine Feingliederung der Lockersedimente. Auf den Pneuflex-Registrierungen ist ein deutlicher Reflektor zu erkennen, der auf der Höhe von Iseltwald beispielsweise bei 62 Millisekunden liegt, südlich von Ebligen aber bereits bei 82 Millisekunden anzutreffen ist. Dieser Reflexionshorizont trennt die seismisch diffuse Beckenfüllung von den jüngeren Sedimenten, die durch zahlreiche Reflexionshorizonte charakterisiert sind. Er fällt schwach gegen das Aaredelta ein, welches eindeutig über ältere Beckensedimente vorwächst. Besonders in den Boomer- und Mudpenetrator-Aufnahmen sind zahlreiche Reflexionshorizonte vorhanden, von denen sich einige fast über das ganze Profundal korrelieren lassen.

Die in Tafel I und Figur 6 dargestellten Boomer-Profile zeigen den Aufbau der obersten 50 m der Lockersedimente. Auf dem Längsprofil IV (Fig. 6) sind von Brienz bis zum Schnittpunkt mit Profil 6 zwei unregelmässige, durch zahlreiche Hyperbeln gekennzeichnete Reflektoren C erkennbar, die ebenfalls im Profil II im Bereich des Aaredeltas vorhanden sind. Ihre Natur ist unbekannt, doch könnte es sich zum mindesten im Profil IV um subaquatische Rutschungen handeln. Die Horizonte A und B, die bis zum Schnitt mit Profil 9 zu verfolgen sind (Fig. 6), stossen diskordant an die Horizonte C. Über Reflektor A folgt zunächst ein seismisch transparentes Schichtpaket, das von den jüngsten Sedimenten überlagert wird, die durch zahlreiche enggescharte Reflexionen gekennzeichnet sind. Dasselbe Bild wiederholt sich zwischen den Horizonten B und A, während die Sedimente zwischen B und D wiederum seismisch transparent sind. Es fällt ferner auf, dass alle unter B folgenden Horizonte schwach gegen Osten einfallen. Bringt man das Profil IV mit der Isohypsenkarte (Fig. 3) zum Schnitt, so erkennt man, dass dieses Einfallen auf die Neigung des Felssockels zurückzuführen ist, welche sich durch das darüberliegende Sediment durchpaust. Erst ab Horizont B war der obere Brienersee, vor allem das Becken vor Ebligen, so weit durch das vorrückende Aaredelta aufgefüllt, dass das Gefälle gegen Westen umkippte. Im Querprofil (Tf. I) sind die Horizonte A und B ebenfalls erkennbar. Sie verschwinden allerdings gegen das Nordufer, so dass hier nur noch eine Abfolge seismisch transparenter Sedimente zu finden ist. Gegen den Sporn nordöstlich von Iseltwald schalten sich dann mehr und mehr Reflexionshorizonte ein.

Während das Alter der verschiedenen Reflexionshorizonte mangels tiefer Bohrungen nicht ermittelt werden kann, lässt sich in Kolbenlotkernen die Beschaffenheit der oberflächennahen Sedimente bestimmen und mit den seismischen Aufnahmen ver-

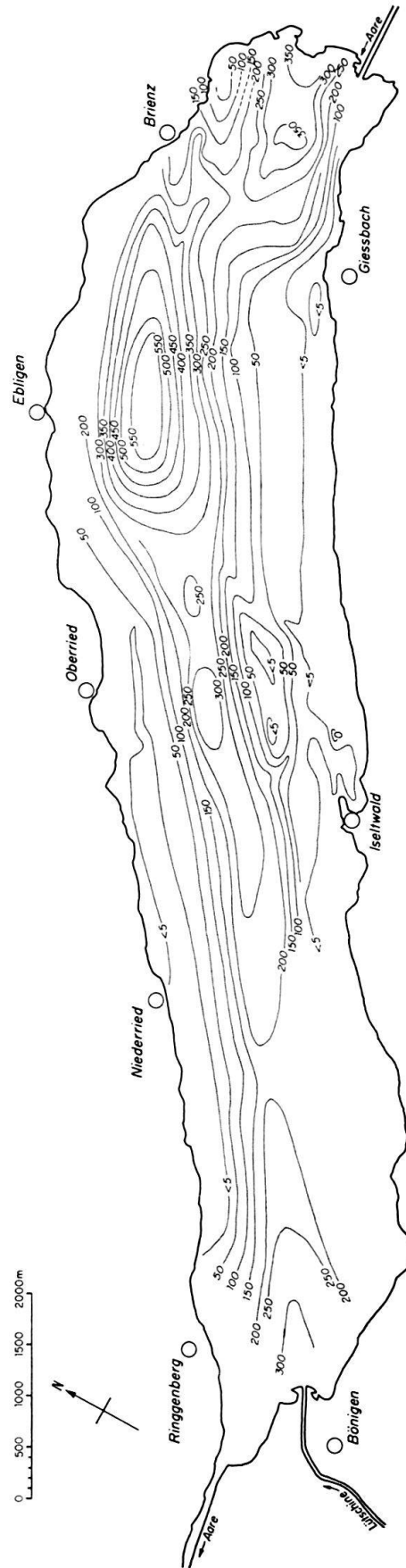


Fig. 5. Isopachenkarte der quartären Lockersedimente.

gleichen. Bei den seismisch transparenten Sedimenten handelt es sich um feinlaminierte (warvenartige) Tone bis Tonsilte mit dünnen Silt- bis Feinsandlagen. Enggescharte Reflexionshorizonte finden sich dagegen in Tonen, denen zahlreiche cm- bis m-mächtige gradierte Sandlagen zwischengeschaltet sind. Aus den Registrierungen geht hervor (Tf. I, Fig. 6), dass im Brienersee mindestens seit der Entstehung des durch Reflektor E charakterisierten Horizonts Zeiten starker detritischer Zufuhr und Turbiditablagerung mit Zeiten geringerer Sandzufuhr und vorwiegender Schwebstoffablagerung abgewechselt haben. Die heute auftretende Sedimentfazies wird jedoch auch durch die Beckenmorphologie mitbestimmt. So scheinen im oberen Brienersee die Trübestrome nach ihrem Austritt aus der Hauptrinne (Fig. 2) eher der südlichen Seite des Profundals zu folgen und das Gebiet vor Ebligen zu meiden, in welchem deshalb nur seismisch transparente Sedimente abgelagert werden. Es ist bezeichnend, dass im hochliegenden Becken landwärts des erwähnten Sporns von Iseltwald nur seismisch transparente Feinlaminite vorliegen. Wie erwähnt kann das Alter der verschiedenen Reflexionshorizonte nicht bestimmt werden, doch lässt sich die in den Airgun-Aufnahmen erkennbare Grenze zwischen liegenden seismisch diffusen Schichten und hangenden gut geschichteten Ablagerungen einigermaßen datieren. Die Sedimentationsrate liegt im Profundal des Thunersees zwischen 4 und 6 mm/Jahr. Direkte Messungen mit Sedimentationsgefässen, die vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (1939) in 250 m Wassertiefe vor Iseltwald versenkt worden waren, ergaben maximal 4 mm Sedimentzuwachs, wobei sich die Messungen allerdings nie über ein ganzes Jahr erstreckten. Nimmt man diesen Wert als mittlere Sedimentationsrate, so ergibt sich für den etwa 50 m unter der Seeoberfläche liegenden Horizont ein Alter in der Größenordnung von 15000 Jahren. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die unteren seismisch diffusen Sedimente vorwiegend glaziale Bildungen sind, die von jüngeren postglazialen lakustren Sedimenten überlagert werden.

### 5. Zur Entstehung des Brienersees

Die Entstehung des Brienersees muss im Zusammenhang mit der Bildung des Thunersees und der ganzen Talfolge bis Bern gesehen werden. Die verschiedenen Theorien und Auffassungen über die Entstehung der alpinen Randseen wurden bereits in unserer Arbeit über den Thunersee dargelegt (MATTER et al. 1971). Es sei hier wiederholt, dass eine fluviatile, tektonische oder glaziale Genese dieser Seen zur Diskussion stand. Die seismischen Messungen im Brienersee bestätigen unsere nach der Untersuchung des Thunersees gewonnene Ansicht, dass das Tal zunächst fluviatil angelegt und dann glazial ausgeformt und eingetieft worden ist, sein Verlauf jedoch durch die geologisch-tektonischen Gegebenheiten beeinflusst wurde. Nach STAUB (1934, S. 72) floss die Ur-Aare am Ende des Miozäns über den Brünig dem Vierwaldstättersee zu. Bei Hebung der Zentralmasse wurde die Erosionskraft des Kander-Lütschine-Systems erhöht, so dass es sich in der Folge auch gegen den heutigen Brienersee in Richtung E eintiefte, die Wasserscheide schleifte und sich die Aare tributär machte. Die Erosion folgte dabei der Grenze zwischen harten Malm-Dogger-Gesteinen und weicheren Sedimenten der untersten Kreide.

Im Pleistozän folgte sodann der Aaregletscher dieser Talfurche, wobei ein Seitenarm über den Brünig floss. Zur Würmeiszeit lag die Eisoberfläche im Bereich des

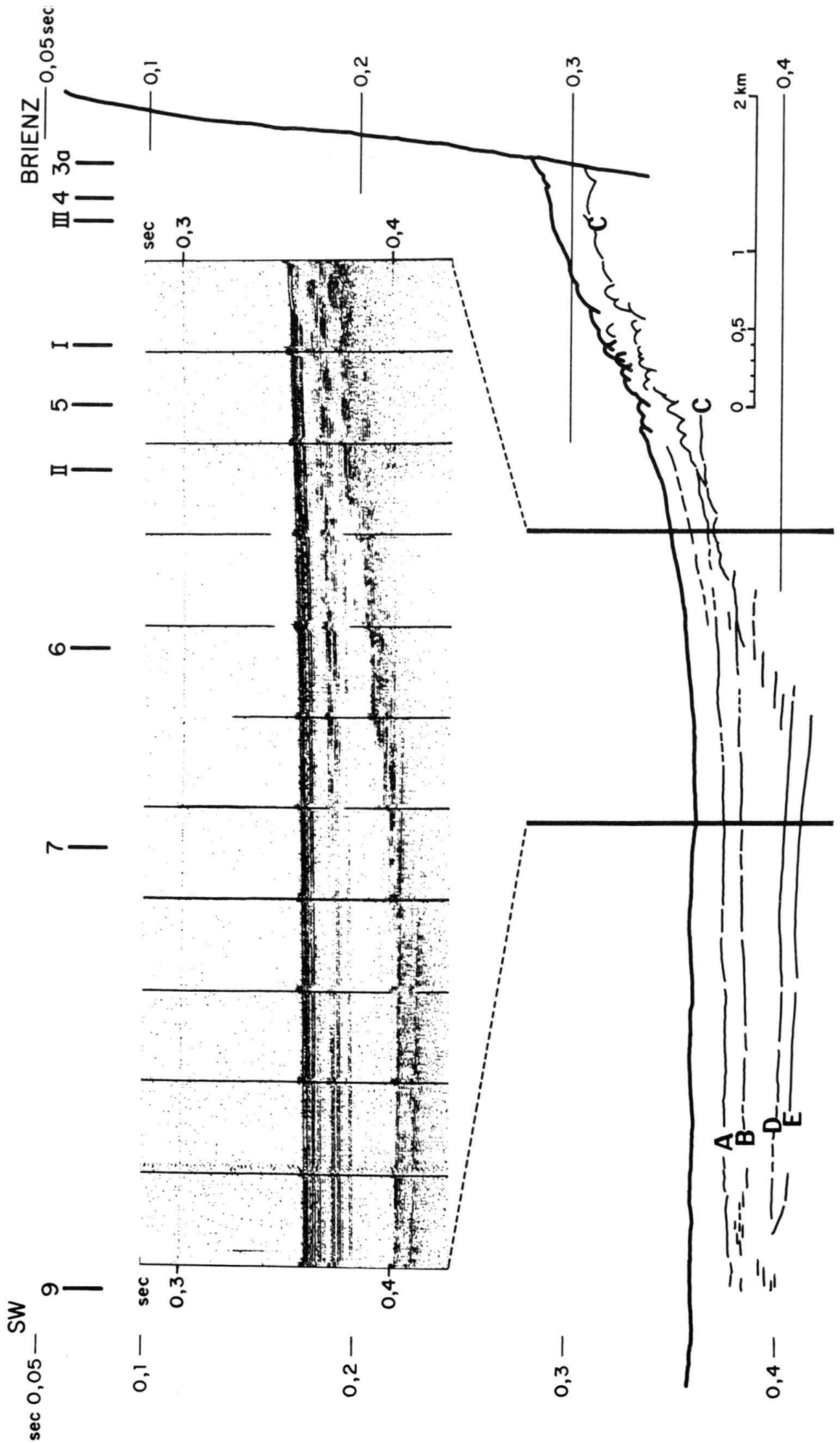


Fig. 6. Längsprofil IV mit Ausschnitt der Original-Boomeraufnahme. Wichtigste Reflexionshorizonte A-E.

unteren Seebeckens auf 1400 m ü.M. und stieg in Richtung Brienz auf 1600 m ü.M. an (JÄCKLI 1962). In der Brienzensee- wie auch in der Thunerseebeckenmorphologie finden sich eindeutige Merkmale für eine glaziale Erosion: die Gliederung in Becken und Riegel mit Höhenunterschieden bis 250 m, die Schüsselform der Seebecken und die Ausbildung von Trogschultern (Fig. 3 und 4). Die Gegend bei Ringgenberg ist ein prächtiges subaerisches Beispiel einer solchen Trogschulterlandschaft. Die eigentliche Trennung von Brienz- und Thunersee erfolgte erst nach Aufschotterung des Bödels durch den Lombach und die Lütshine nach dem Rückzug des Aaregletschers am Ende der Würmeiszeit. Eine genauere Datierung und damit Rekonstruktion der Geschichte des Thuner- und Brienzesees werden erst Bohrungen und Seismik im Bördeli vermitteln, das damit zu einer Schlüsselstelle für die jüngere Quartärgeschichte des Berner Oberlandes wird.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- BECK, P. (1921): *Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland*. Eclogae geol. Helv. 16, 10–176.  
 – (1954a): *Aus der Entstehungsgeschichte der Talfolge Thun–Interlaken–Luzern*. Jb. vom Thuner- und Brienzensee 1954, S. 39–51.  
 – (1954b): *Neue Gesichtspunkte zum Problem der übertiefenden Gletschererosion*. Eclogae geol. Helv. 47/2, 366–369.
- Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (1939): *Untersuchungen in der Natur über Bettbildung, Geschiebe- und Schwebstoffführung*. Mitteilung Nr. 33.
- GÜNZLER-SEIFFERT, H. (1924): *Der geologische Bau der östlichen Faulhorngruppe im Berner Oberland*. Eclogae geol. Helv. 14/1, 1–87.
- HINZ, K., RICHTER, I., und SIEBER, N. P. (1970): *Reflexionsseismische Untersuchungen im Zürichsee. Teil 1: Geophysik*. Eclogae geol. Helv. 63/2, 511–523.
- HOFER, F. (1952): *Über die Energieverhältnisse des Brienzesees*. Beitr. Geol. Schweiz. Hydrologie 7, 95 S.
- JÄCKLI, H. (1962): *Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum*. Eclogae geol. Helv. 55/2, 286–294.
- LEENHARDT, O. (1964): *Le mud penetrator*. Bull. Inst. océanogr. Monaco 62, Nr. 1303, 44 S.  
 – (1965): *Le sondage sismique continue*. Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn. (2), 7/4, 285–294.
- MATTER, A., SÜSTRUNK, A. E., HINZ, K., und STURM, M. (1971): *Ergebnisse reflexionsseismischer Untersuchungen im Thunersee*. Eclogae geol. Helv. 64/3, 505–520.
- NYDEGGER, P. (1967): *Untersuchungen über Feinstofftransport in Flüssen und Seen, über Entstehung von Trübungshorizonten und zuflussbedingten Strömungen im Brienzensee und einiger Vergleichsseen*. Beitr. Geol. Schweiz, Hydrologie 16, 92 S.
- SEEBER, H. (1911): *Beiträge zur Geologie der Faulhorngruppe (westlicher Teil) und der Männlichengruppe*. Diss. Univ. Bern, 143 S.
- STAUB, R. (1934): *Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie*. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 69/1, 183 S.
- STURM, M., und MATTER, A. (1972): *Sedimente und Sedimentationsvorgänge im Thunersee*. Eclogae geol. Helv. 65/3, 563–590.
- VERNET, J. P., und HORN, R. (1971): *Etudes sédimentologique et structurale de la partie occidentale du lac Léman par la méthode sismique à réflexion continue*. Eclogae geol. Helv. 64/2, 291–317.
- ZELLER, R. (1902): *Brienzensee*. Geographisches Lexikon der Schweiz, S. 343–347. Attinger (Neuenburg).

#### KARTEN

- CHRIST, P. (1942): *Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200000*, Blatt 6: Sion. Schweiz. Geol. Komm. (Basel).
- MICHEL, F. L. (1921): *Geologische Karte und Profile des Brienzergates 1:50000*. Spezialkarte 95. Schweiz. Geol. Komm. (Basel).