

<b>Zeitschrift:</b>	Eclogae Geologicae Helvetiae
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Geologische Gesellschaft
<b>Band:</b>	63 (1970)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Reflexionsseismische Untersuchungen im Zürichsee. Teil 1, Geophysik
<b>Autor:</b>	Hinz, Karl / Richter, Ingrid / Sieber, Niklaus P.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-163857">https://doi.org/10.5169/seals-163857</a>

### **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:** 22.01.2026

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

# Reflexionsseismische Untersuchungen im Zürichsee

## Teil 1: Geophysik

Von KARL HINZ<sup>1)</sup>, INGRID RICHTER<sup>1)</sup> und NIKLAUS P. SIEBER<sup>2)</sup>

### ZUSAMMENFASSUNG

Im Sommer 1968 wurde der Zürichsee reflexionsseismisch vermessen. Bei den Untersuchungen wurde eine pneumatische Schallquelle («Airgun») des Typs Bolt Par. Mod. 600 eingesetzt mit einem Speicherkammervolumen von 1 cm<sup>3</sup>. Insgesamt wurden 40 Profile mit einer totalen Länge von 80 km vermessen. Die Resultate ermöglichen, den Molasse-Untergrund und die Dicke der quartären Seesedimente unter dem Seeboden zu bestimmen. Diese Resultate bilden die Grundlage für die geologische Interpretation im zweiten Teil dieser Arbeit.

### ABSTRACT

A continuous-seismic-profiling survey of the Lake Zurich was carried out in the Summer of 1968. We used the Bolt Airgun Par model 600, which has an air-chamber volume of 1 cm<sup>3</sup>. Some forty profiles with an accumulative length of some 80 km, have been measured. The morphology of the Molasse basement under the Lake and the thickness of the Quaternary Lake sediments have been determined. The results form the basis for the geological interpretations presented in the Part II of this investigation.

### 1. Einführung und Problemstellung

Im Juni 1968 haben das Geologische Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich, und die Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, den Zürichsee reflexionsseismisch vermessen. Das Geologische Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule war für dieses Forschungsunternehmen federführend; es stellte ein Schiff und war für die Navigation verantwortlich. Die Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, setzte eine Pneuflex-Messapparatur ein und stellte das technische Bedienungspersonal<sup>3)</sup>. Die geophysikalische Auswertung der Pneuflex-Registrierungen lag in Händen der Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover. Insgesamt sind etwa 80 km Profil reflexionsseismisch vermessen worden.

Um kontinuierliche seismische Messungen, die ihr Hauptanwendungsgebiet in der Meeresforschung haben, der Untersuchung von Problemen in Binnenseen anzupassen und von Bord kleiner Boote zu ermöglichen, sind von H. BUNGENSTOCK 1967 auf dem Bodensee Versuche unternommen worden. Daraus ergaben sich verschiedene Modifizierungen der Messapparatur, die im Verlauf der Untersuchungen auf dem Zürichsee getestet werden sollten.

<sup>1)</sup> Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover.

<sup>2)</sup> Geologisches Institut der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich.

<sup>3)</sup> Die Messungen wurden von B. KOSLOWSKI, Techn. Angestellter der Bundesanstalt für Bodenforschung, ausgeführt, dem an dieser Stelle gedankt sei.

## 2. Das Pneuflex-Verfahren, Messmethode, Instrumentarium und Interpretation

Das Pneuflex-Verfahren, auch Airgun im Amerikanischen genannt, gehört zur Gruppe der sog. kontinuierlich registrierenden Messverfahren, deren Arbeitsweise dem Echolotverfahren vergleichbar ist. Ein mit den Registriereinrichtungen ausgerüstetes Schiff (Fig. 1) schleppt die seismische Schallquelle und das Streamer Messkabel mit konstanter Geschwindigkeit über Grund, wobei die Energiequelle in bestimmten wählbaren Zeitabständen akustische Energie abstrahlt.

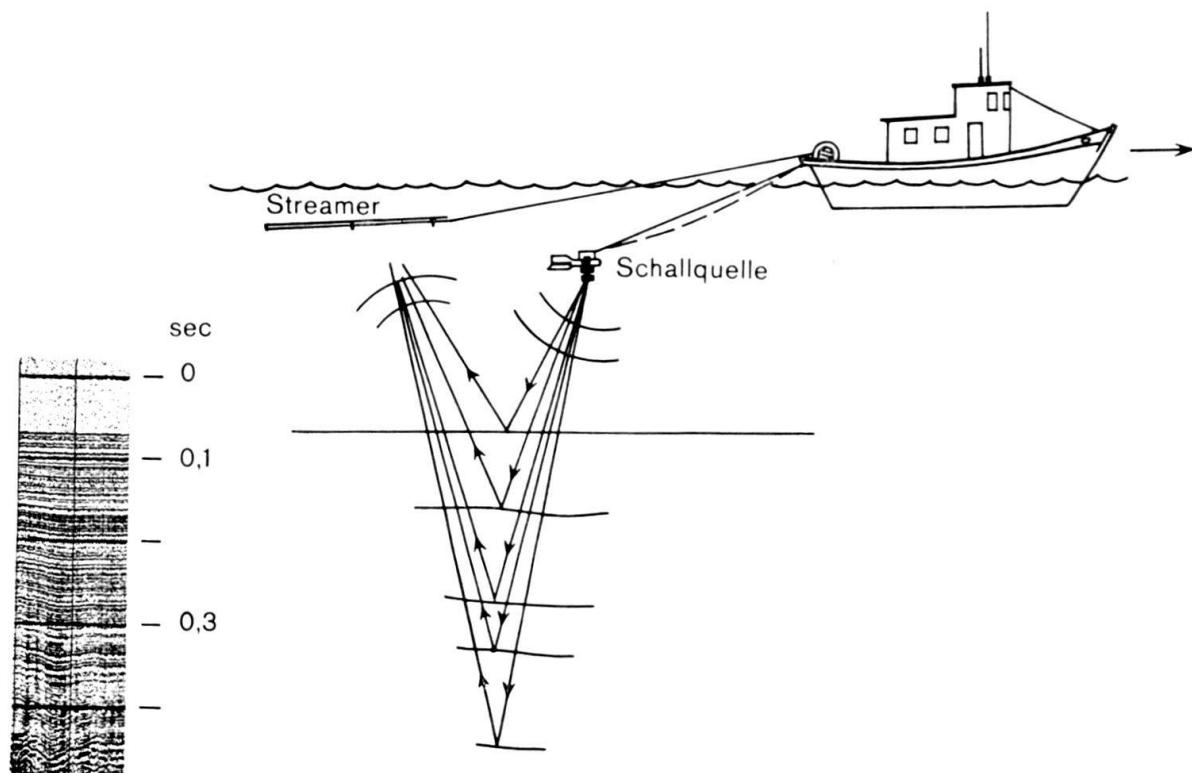


Fig. 1. Schematische Darstellung des Messvorganges. Das mit Registriereinrichtungen ausgerüstete Schiff schleppt die seismische Schallquelle und das Streamer Messkabel mit konstanter Geschwindigkeit über Grund.

Bei den Untersuchungen im Zürichsee ist ein mit einem Aussenbordmotor ausgerüstetes sehr kleines Schiff eingesetzt worden, das leider nicht über die notwendigen Navigationsgeräte sowie über Fahrtgeschwindigkeitsmesser und Echolot verfügte. Dadurch sind, wie sich später bei der Auswertung zeigte, z. T. erhebliche Navigationsfehler unterlaufen. Bei der Auswertung ist versucht worden, diese Navigationsfehler auszugleichen, indem die Profile so verschoben wurden, dass Übereinstimmung an den Profilkreuzungspunkten bestand.

Die Lage der seismischen Profile, wie sie nach der Auswertung wahrscheinlich ist, zeigt Figur 2. Bei der Auswertung ist davon ausgegangen worden, dass die Fahrtgeschwindigkeit des Schiffes innerhalb eines Profils konstant war. Diese Voraussetzung war vermutlich nicht immer erfüllt.

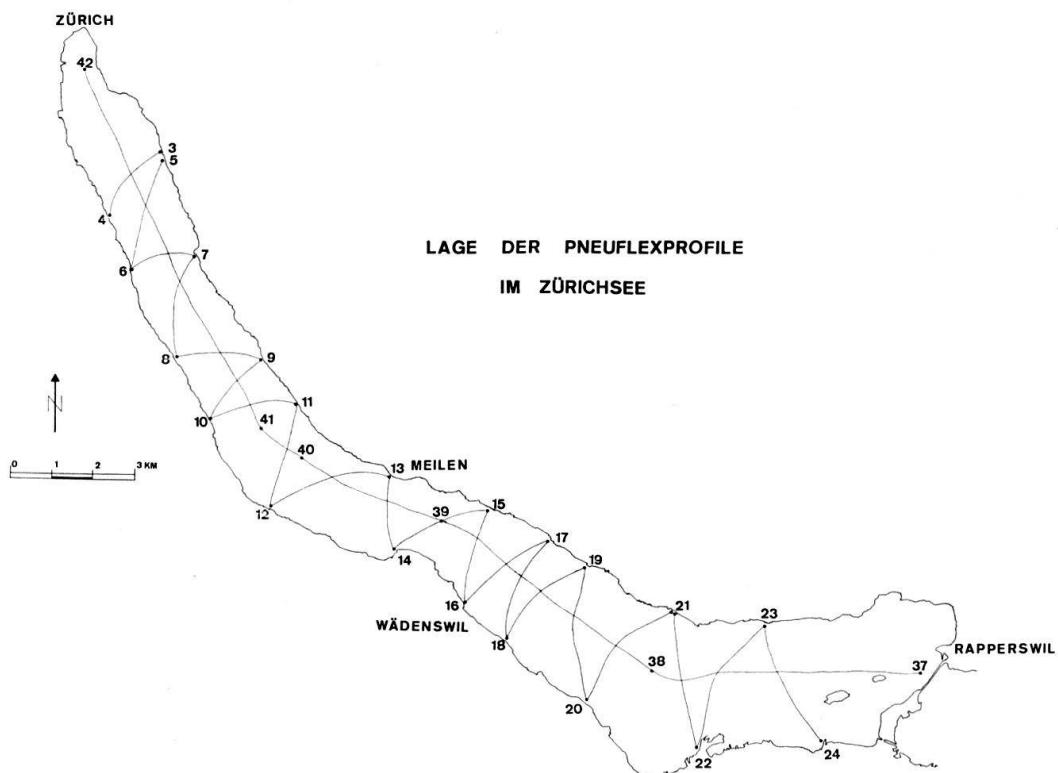


Fig. 2. Die Lage der Seismischen Profile.

Bei den Untersuchungen im Zürichsee betrug der Abstand zwischen Messkabel und Schallquelle etwa 5 m. Die Schussfolge lag bei 3 s, was bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 4 Knoten einem Messpunktabstand von etwa 6 m entspricht.

### 2.1. Die pneumatische Schallquelle

Beim Pneuflex-Verfahren wird zur Erzeugung eines akustischen Impulses eine pneumatische Schallquelle benutzt, die aus einer Steuerkammer A (Fig. 3), einer Speicherkammer B, einem beweglichen Doppelkolben und einem schnell reagierenden Magnetventil S besteht.

Von einem Kompressor wird komprimierte Luft, wählbar zwischen 50 und 150 kg/cm<sup>2</sup>, in die Steuerkammer A gepresst, wodurch der Kolben nach unten gleitet und beide Kammern nach aussen hin abdichtet. Der Druckausgleich zur Speicher- kammer B erfolgt über eine Bohrung im beweglichen Kolben. Wegen des grösseren Durchmessers der oberen Kolbenplatte bleibt der Kolben auch nach dem Druckaus- gleich in der in Figur 3 dargestellten Stellung.

Durch Anregung des Magnetventils S mit kurzem Stromstoss wird der Schuss ausgelöst, wobei eine Zuleitung (punktiert in Fig. 3) freigegeben wird, über die komprimierte Luft unter die obere Kolbenplatte presst und damit den Druck unter

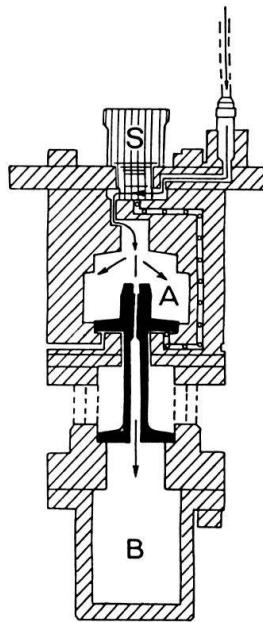


Fig. 3. Pneumatische Schallquelle: A Steuerkammer, B Speicherkammer, S Magnetventil.

der oberen Kolbenplatte plötzlich erhöht. Der Kolben schießt nach oben und gibt Austrittsöffnungen frei, durch die die komprimierte Luft der Speicherkammer B explosionsartig ausströmt.

Bei den Untersuchungen wurde eine pneumatische Schallquelle des Typs BOLT PAR Mod. 600 eingesetzt mit einem Speicherkammervolumen von  $1 \text{ cm}^3$ .

## 2.2. Zur Apparatur und zum akustischen Signal

Die Auslösung des Schusses erfolgt in wählbaren Abständen über einen R-C-Generator (vgl. Fig. 4), der ein Zündgerät und die Registrieranlage triggert.

Das am Seeboden und an seismischen Grenzflächen des Untergrundes reflektierte seismische Signal wird von einem Streamer (BOLT Hydrophon Arr. Mod. 1010) aufgenommen und in ein elektrisches Signal umgewandelt, das nach Passieren des Vorverstärkers und der Filter- und Endverstärkerstufe noch über einen ELAC-Steuerverstärker läuft, der die Aufzeichnung auf einem bzw. mehreren nach dem Start-Stop-Prinzip arbeitenden ELAC-Schreibern (Typ LAZ 32) mit elektrosensitivem, trockenem Funkendurchschlagpapier ermöglicht. Bei diesen Untersuchungen wurde die negative Halbwelle oberhalb eines bestimmten Ansprechwertes aufgezeichnet.

Die wählbar verzögerte Auslösung des Schreibvorganges wird über einen ELAC-Digitalmesszusatz (DAZ 2 B) mit quarzstabilisiertem Sinusgenerator und elektrischer Zähler- und Impulswahlschaltung gesteuert. Bei den Untersuchungen wurde auf einem Schreiber im 200 m-Bereich (Impulslaufzeit 0,266 s) registriert.

Die Frequenz und damit der Spektralbereich, in dem die akustische Energie der pneumatischen Schallquelle konzentriert ist, wird von den Variablen Druck, Volumen der Speicherkammer und Tiefenlage der Schallquelle bestimmt. Das von der pneuma-

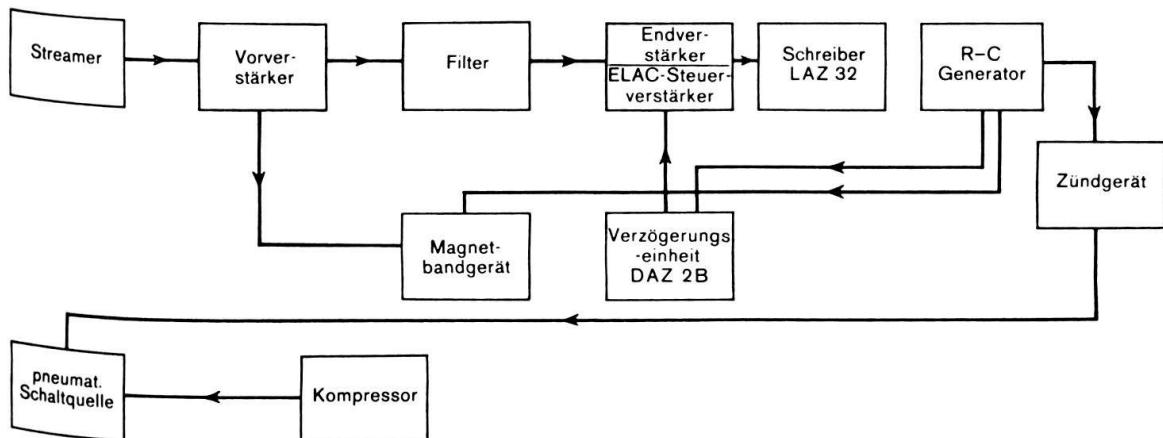


Fig. 4. Schema des Messvorganges.

tischen Schallquelle erzeugte und in den Untergrund abgestrahlte akustische Signal setzt sich aus zwei seismischen Impulsen zusammen, dem primären nach unten laufenden Druckstoss und dem an der Grenzfläche Wasser–Luft reflektierten (Fig. 5A). Der zeitliche Abstand der beiden Impulse ist eine Funktion der Tauchtiefe gleich  $2A/(1500 \text{ m/s})$ .

Bei den Untersuchungen im Zürichsee wurde die Kanone nahe der Wasseroberfläche gefahren. Das Signal, das nach 30 ms abklingt, weist hohe Energieanteile in den ersten 10 ms auf und hat ein weites Frequenzband von 10–2000 Hz mit Maxima im Frequenzspektrum zwischen 20–500 Hz.

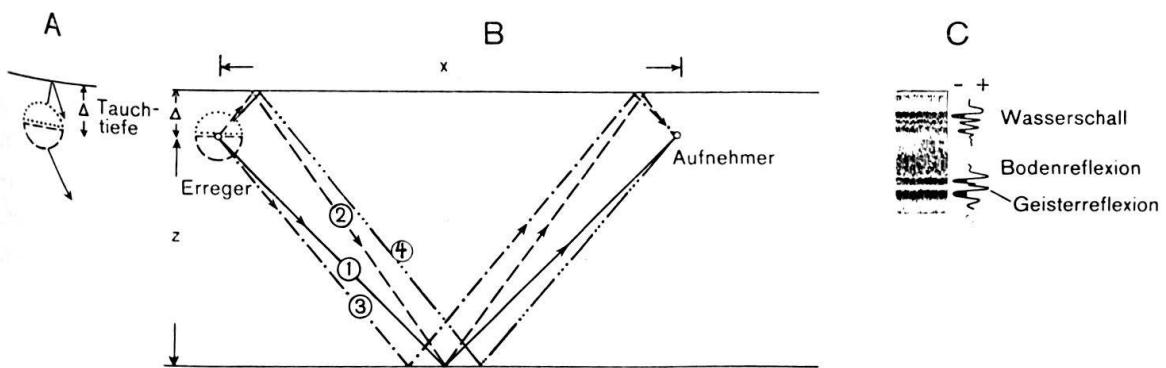


Fig. 5A. Darstellung des primär nach unten laufenden und des an der Grenzfläche Wasser–Luft reflektierten Druckstosses.

Fig. 5B. Die vier möglichen Strahlenwege vom Erreger bis zum Aufnehmer.

Fig. 5C. Interpretation der verschiedenen möglichen Reflexe auf der Pneuflexregistrierung.

Eindringtiefe und Auflösung werden durch die Hauptfrequenz und die Impulslänge bestimmt. Für die pneumatische Schallquelle kann die Auflösung allgemein durch die Beziehung  $d = v \cdot t/2$  angegeben werden. Darin bedeuten  $v$  = Gesteinsgeschwindigkeit in m/s,  $t$  = Impulsdauer der ersten Vollschnüngung in Sekunden,

$d$  = auflösbarer Bereich. Bei einer Impulsdauer von 4 ms und einer Gesteinsgeschwindigkeit von 1600 m/s können Schichten von 3,5 m Dicke noch erfasst werden.

### 2.3. Zu seismischen Störeffekten

Wie bei allen seeseismischen Verfahren treten auch beim Pneuflexverfahren Effekte auf, die die Interpretation der Registrierungen erheblich erschweren.

#### 2.3.1. Die Geisterreflexionen

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, setzt sich das von einer im Wasser befindlichen Schallquelle erzeugte und in den Untergrund abgestrahlte akustische Signal aus zwei seismischen Impulsen zusammen, dem primären nach unten laufenden Druckstoss und dem an der Grenzfläche Wasser–Luft reflektierten. Beide Impulse werden vom See- bzw. Meeresboden reflektiert und laufen zurück zum Aufnehmer, wobei vier Strahlenwege möglich sind (Fig. 5B). Am Aufnehmer treffen somit auch vier von der gleichen Grenzfläche im Untergrund reflektierte Impulse mit zeitlicher Verzögerung ein, die eine Funktion der Eintauchtiefe der Schallquelle und der Reflektortiefe ist. Die drei zusätzlich an der Grenzfläche Wasser–Luft reflektierten Impulse bezeichnet man als Geisterreflexionen; sie vermindern die Auflösung erheblich. Bei den Untersuchungen im Zürichsee ist meist nur eine allerdings sehr kräftige Geisterreflexion beobachtet worden, was dadurch erklärt wird, dass die pneumatische Schallquelle einmal keinen Nadelimpuls aussendet und zum anderen, dass die pneumatische Schallquelle bei den Untersuchungen sehr nahe der Wasseroberfläche geschleppt wurde, so dass durch Überlagerung meist nur ein kräftiges Amplitudenmaximum ausgebildet wird.

#### 2.3.2. Blubber

Beim Pneuflex-Verfahren treten wie bei allen Unterwassersprengungen sog. Blubber auf, die durch oszillierende Bewegungen einer vom Erreger ausgehenden und zur Wasseroberfläche aufsteigenden Luft- bzw. Gasblase hervorgerufen werden. In den Registrierungen vom Zürichsee wird wegen des sehr kleinen Speicherkammervolumens und der geringen Eintauchtiefe meist nur ein Blubber beobachtet, der dort, wo er eindeutig erkannt werden konnte, gegenüber dem primären Signal um etwa 30 ms verzögert ist.

#### 2.3.3. Mehrfachreflexionen

Als Mehrfachreflexionen werden Reflexionen bezeichnet, die wiederholt zwischen zwei oder mehreren seismischen Grenzflächen reflektiert werden. Da die Grenzfläche Wasser–Luft ein Reflektor ist, dessen Reflexionskoeffizient nahe bei –1 liegt, kann ein im Wasser erzeugter und am Seeboden bzw. weiteren Grenzflächen des Untergrundes reflektierter seismischer Impuls wiederholt zwischen der Grenzfläche Wasser–Luft und Grenzflächen des Untergrundes reflektiert werden. Dadurch können andere Untergrundreflexionen im Seismogramm völlig unterdrückt werden. Bei den Messungen im Zürichsee sind vorwiegend nur multiple Reflexionen vom Seeboden beobachtet worden, die wiederum nur im südöstlichen Teil des Zürichsees häufiger auftraten. Durch Laufzeitvergleiche konnten sie leicht identifiziert werden.

## 2.4. Zur geophysikalischen Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Der von einer Schallquelle im Wasser erzeugte und in den Untergrund abgestrahlte seismische Impuls wird an lithologischen Grenzflächen reflektiert, wobei der reflektierte Amplitudenanteil abhängig von dem Verhältnis der Produkte aus Geschwindigkeit des seismischen Impulses im Gestein und der Gesteinsdichte der angrenzenden Medien ist. Gut reflektierende Grenzflächen werden an einer starken Amplitudenerhöhung und der Gleichphasigkeit erkannt.

In den Pneuflex-Registrierungen vom Zürichsee bilden der Seeboden und die Molasseoberkante kräftige und gut korrelierbare Reflexionshorizonte. Ferner treten innerhalb der Sedimentserie, die der Molasseoberkante aufliegt, mehrere kräftigere Reflexionshorizonte auf, deren stratigraphische Stellung noch unbekannt ist. Bei der Auswertung sind nur die markanten und über grössere Profilstrecken zu korrelierenden Reflexionen berücksichtigt und für die Tiefenberechnung verwendet worden.

Die Pneuflexregistrierungen sind Laufzeitprofile, in denen das Reflexionselement immer so aufgezeichnet ist, als ob es senkrecht unter dem Aufnehmer läge. Da die pneumatische Schallquelle kein gebündeltes Signal ausstrahlt, entspricht die Lage des Reflexionselementes im Laufzeitprofil bei geneigten Schichten nicht der Wirklichkeit. Bei der Tiefenberechnung, die nach dem nachfolgend beschriebenen Verfahren durchgeführt wurde, muss deshalb eine Migration durchgeführt werden.

Beim Pneuflex-Verfahren befindet sich der Aufnehmer in einer bestimmten Entfernung von der Schallquelle. Damit sind die von der pneumatischen Schallquelle ausgehenden und vom Untergrund reflektierten seismischen Strahlen Radiusvektoren einer Ellipse, in deren Brennpunkten Schallquelle und Aufnehmer liegen.

Für die Tiefenberechnung sind alle markanten Reflexionen digitalisiert worden, wobei je nach Verlauf des Reflexionshorizontes im Laufzeitprofil die Laufzeiten einer Reflexion in horizontalen Abständen von 1 mm bzw. 2 mm (je nach Schiffsgeschwindigkeit = 30 m bis 50 m bzw. 60 m bis 100 m) abgelesen wurden.

Über ein hierfür entwickeltes Rechenprogramm wurde dann auf einer IBM 1620 für jeden abgelesenen Laufzeitwert einer Reflexion die Ellipse unter Annahme einer mittleren Geschwindigkeit berechnet und die Berührpunkte der gemeinsamen Tangente bestimmt. Um den Rechenprozess zu beschleunigen, sind bei den Profilen, in denen der Abstand zwischen Aufnehmer und Schallquelle sehr klein gegenüber der Wassertiefe war, die einfallenden und reflektierten seismischen Strahlen als in sich reflektierte Strahlen betrachtet worden. Das Reflexionselement liegt dann auf einem Kreisbogen. Die reflektierende Grenzfläche ist die gemeinsame Tangente an die Kreisbögen. Die Tangentenberührpunkte wurden in diesem Fall über den äusseren Ähnlichkeitspunkt bestimmt.

Da keine Angaben über die Ausbreitungsgeschwindigkeit longitudinaler Wellen im Seesediment vorlagen, ist bei der Tiefenberechnung immer mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 1500 m/s gerechnet worden. Dieser Wert ist mit grosser Wahrscheinlichkeit etwas zu gering. Die errechneten Tangentenberührpunkte wurden auf Lochstreifen ausgegeben und über einen ZUSE-Graphomaten Z 64 durch Geraden verbunden.

Die errechneten und automatisch gezeichneten Tiefenprofile im Maßstab 1:25000 sind einmal in 1:5facher Überhöhung und einmal ohne Überhöhung im Anhang angefügt (Tafel I).

Mit Hilfe der Tiefenprofile ist ein Tiefenlinienplan der Molasseoberkante und ein Mächtigkeitsplan der vermutlich holozänen bis pleistozänen Sedimente entworfen worden (HsÜ und KELTS, 1970).

### 3. Diskussion der Ergebnisse an Profilbeispielen

Tafel I, Figur A zeigt die Pneuflexregistrierung eines von Rapperswil (Pos. 37) bis nach Zürich (Pos. 42) verlaufenden Schnittes. Das entsprechende Tiefenprofil ist auf Tafel I, Figur B dargestellt.

Die Basis der vermutlich holozänen bis pleistozänen Sedimente bildet die Molasse, die als stärker geschwärzte Reflexionszone mit mehreren Schwingungsmaxima und -minima deutlich in der Pneuflexregistrierung zu erkennen ist. Diese Reflexionszone, die im folgenden immer als Molasseoberkante bezeichnet wird, zeichnet sich insbesondere im südöstlichen Teil des Zürichsees durch ein stark bewegtes Relief aus. In der Höhe von Wädenswil-Männedorf (zwischen den Positionen 38 und 39) ragt die Molasseoberkante bis fast zur Seeoberfläche auf.

Südöstlich und nordwestlich dieser Molasseaufragung sind zwei sedimentäre Tröge nachgewiesen worden, deren Sedimente sich in ihrem seismischen Verhalten unterscheiden, was auf unterschiedliche Sedimentationsverhältnisse in beiden Becken hinweist.

Während im südöstlichen Becken innerhalb der vermutlich holozänen bis pleistozänen Sedimente zahlreiche z.T. gut korrelierbare Reflexionen auftreten, ist die sedimentäre Beckenfüllung des nordwestlichen Troges seismisch weitgehend transparent mit nur vereinzelt auftretenden und nur über kurze Distanzen zu korrelierenden Reflexionen.

#### 3.1. Profilbeispiele aus dem südöstlichen Becken

Figur 6 zeigt die Pneuflex-Registrierung des Schnittes zwischen den Positionen 19 und 20. Die Molasseoberkante, die als stärker geschwärzte und aus mehreren aufeinanderfolgenden Schwingungsmaxima und -minima bestehende Zone eindeutig erkannt werden kann, fällt vom südlichen Seeufer (Pos. 20) relativ steil nach Norden ab. Vom nördlichen Seeufer (Pos. 19) erfolgt der Abbruch der Molasseoberkante wahrscheinlich an Staffelbrüchen stufenförmig nach Süden. Reflexionen innerhalb der Molasse haben hier flaches Einfallen nach Süden. Innerhalb der vermutlich aus holozänen bis pleistozänen Sedimenten bestehenden Beckenfüllung können zwei Schichtpakete ausgeschieden werden, die durch eine kräftige im Süden direkt an der Molasseoberkante ausbeissende und nach Norden aufgeschleppte Reflexion getrennt sind. Das liegende Schichtpaket ist durch zahlreiche dicht aufeinanderfolgende Reflexionen ausgezeichnet, während das hangende sedimentäre Schichtpaket mit Ausnahme der seebodennahen Zone seismisch diffus ist und nur schwache Reflexionen aufweist.

Ähnlich sind die Verhältnisse im Schnitt zwischen den Positionen 20 und 21 (Fig. 7). Die Molasseoberkante bricht auch hier vom nördlichen Seeufer (Pos. 21) an

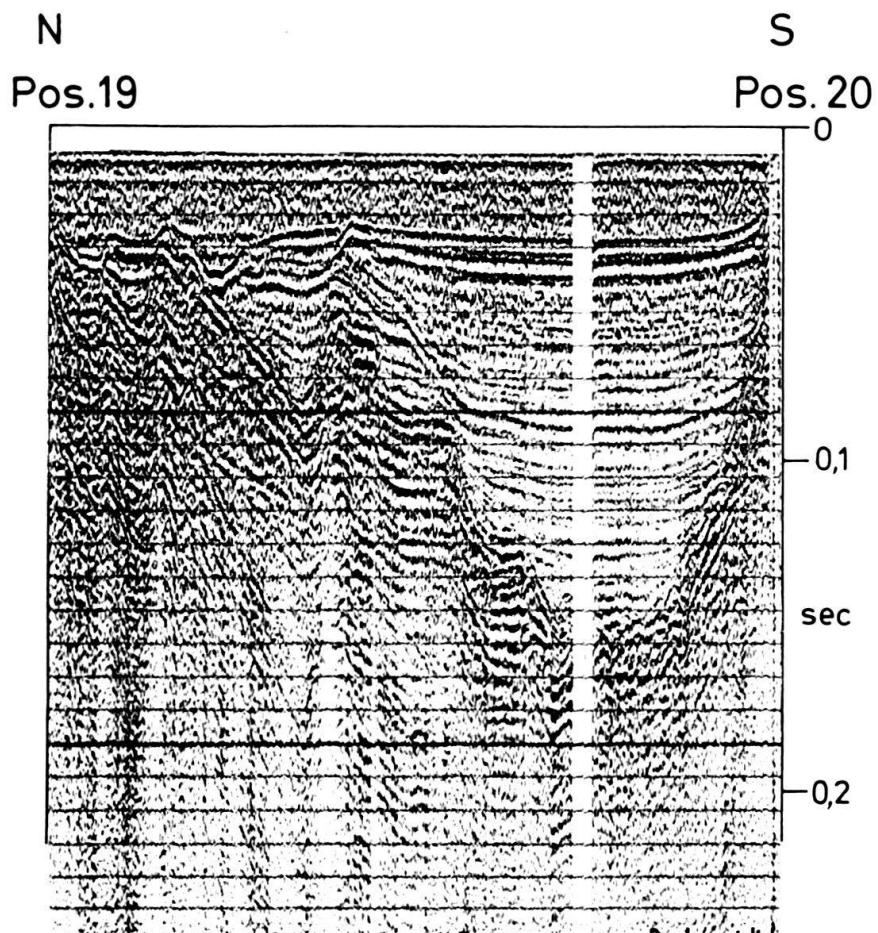


Fig. 6. Seismisches Querprofil Ramenstein-Meilen.

Staffelbrüchen stufenförmig nach Süden ab, während sie vom südlichen Seeufer steil nach Norden abfällt. Gegenüber dem vorherbeschriebenen Profilschnitt haben die Reflexionen innerhalb der Molasse ein flaches Einfallen nach Norden.

Die aus jungen Sedimenten bestehende Beckenfüllung ist auch hier wieder zweigeteilt. Auf die kräftige Seebodenreflexion folgt eine seismisch diffuse Zone, in der auf diesem Profil als einzige stärkere Reflexion nur die Multiple des Seebodens auftritt.

Die Basis der seismisch diffusen Zone bildet wiederum ein kräftiger Reflexionshorizont, der im Südteil des Profils an der steil nach Süden abfallenden Molasseoberkante ausbeisst und nach Norden aufgeschleppt ist. Das darunter liegende sedimentäre Schichtpaket ist durch zahlreiche Reflexionen gekennzeichnet.

Im Profilschnitt zwischen den Positionen 21 und 22 (Fig. 8) fallen die Reflexionen innerhalb der Molasse nach Norden ein. Die sedimentäre Beckenfüllung ist auch wieder deutlich in eine hangende seismisch diffuse Zone und eine liegende durch zahlreiche Reflexionen ausgezeichnete Zone zu gliedern.

### 3.2. Profilbeispiele aus dem Bereich der Molasseaufragung

Im Bereich der Molasseaufragung, die in der Höhe von Wädenswil im Süden und Männedorf-Üetikon im Norden den Zürichsee quert, sind die jungen, die Molasse überlagernden Sedimente geringmächtig. Sie erscheinen in den Pneuflex-Registrierun-

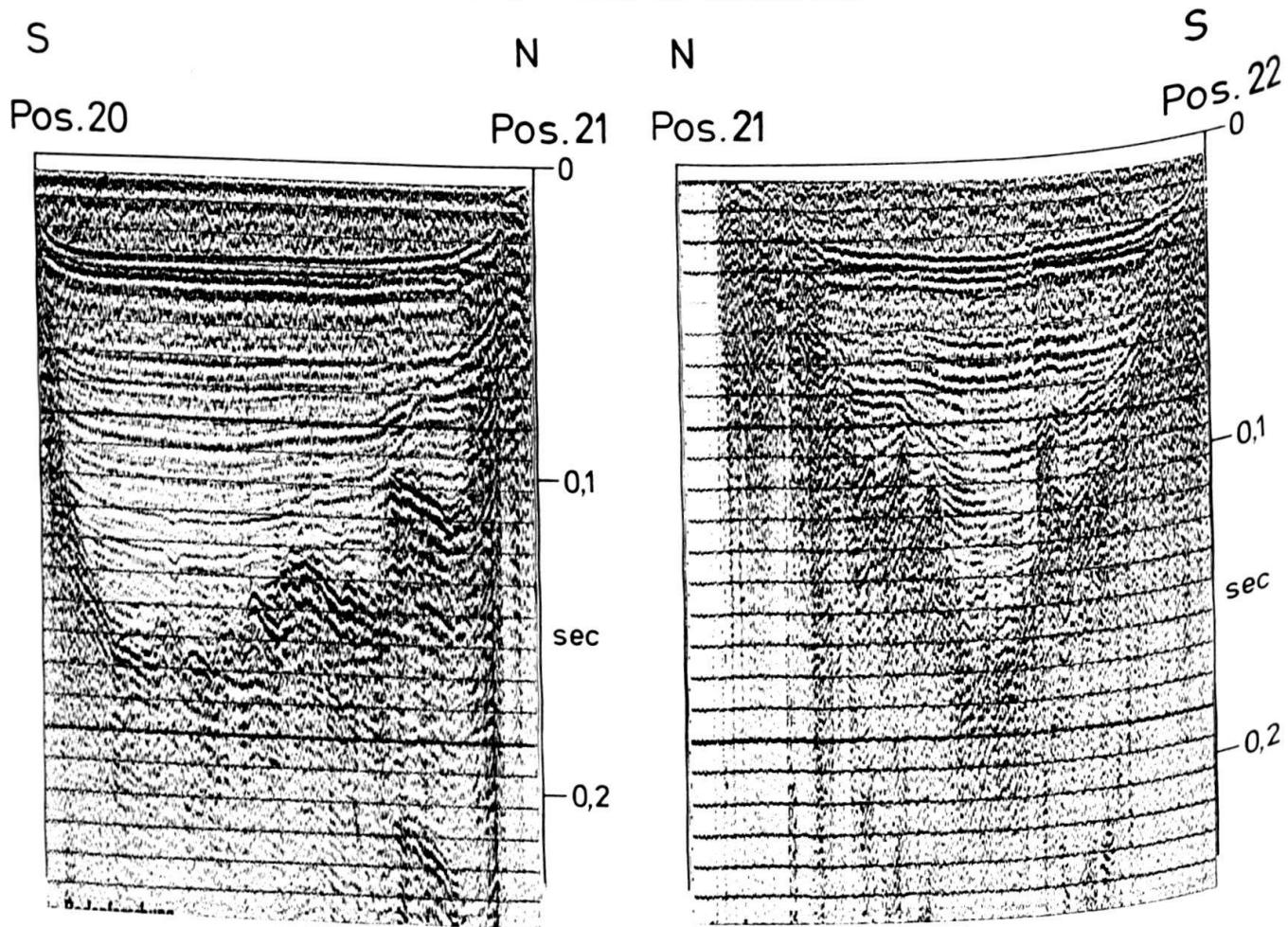


Fig. 7. Seismisches Querprofil Meilen-Stäfa.

Fig. 8. Seismisches Querprofil Stäfa-Bächau.

gen (Fig. 9) mit Ausnahme eines dünnen seebodennahen Schichtverbandes als seismisch transparente oder diffuse Zone mit nur vereinzelt auftretenden sehr schwachen Reflexionen.

Im Schnitt zwischen den Positionen 18 und 19 (Fig. 9) fällt die Molasse sowohl vom nördlichen als auch vom südlichen Seeufer stufenförmig zur Seemitte hin ein. Der stufenförmige Verlauf der Molasseoberkante spiegelt sich im Relief des Seebodens wider, was auf sehr junge tektonische Bewegungen im Bereich der Molasseaufragung hinweist.

Im Schnitt 17/18 (Fig. 10) bricht die Molasse an Staffelbrüchen stufenförmig vom südlichen Seeufer (Pos. 18) zur Seemitte hin ab. Der Seeboden folgt dabei in etwa dem Verlauf der Molasseoberkante. Die Reflexionen innerhalb der Molasse, die besonders gut im nördlichen Profilteil beobachtet werden können, zeigen südliches Einfallen.

Dominierendes Strukturelement in diesem Profil ist eine kleinräumige bis zum Seeboden reichende horstähnliche Molasseaufragung, an die sich sowohl nach Norden als auch nach Süden zwei kleinere Sedimentbecken anschliessen. Die Sedimente des nördlichen kleinen Troges zeichnen sich durch dicht aufeinanderfolgende Reflexionen aus, was auf einen häufigen Wechsel der Sedimentationsverhältnisse deutet. Die

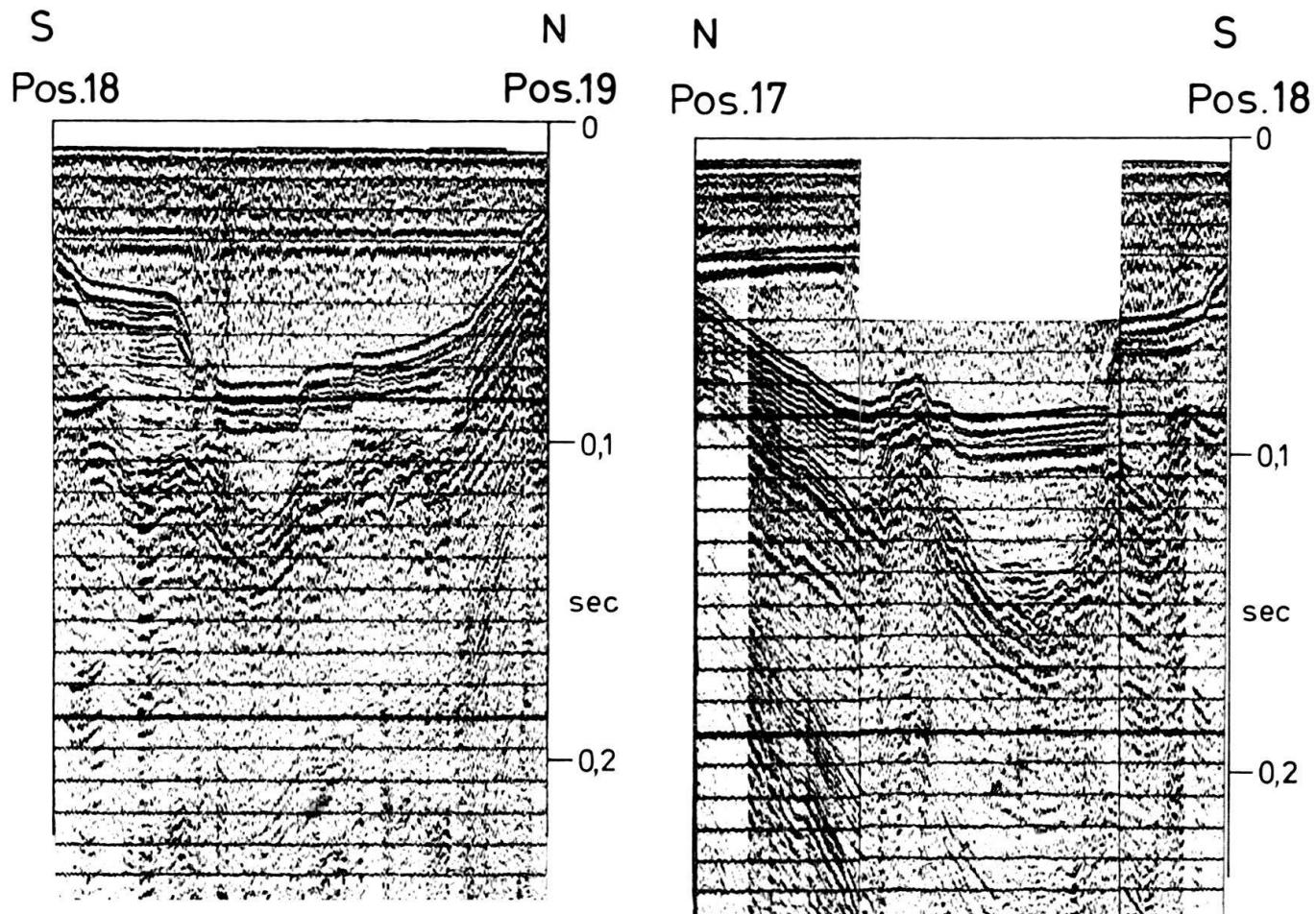


Fig. 9. Seismisches Querprofil  
Wädenswil–Ramenstein.

Fig. 10. Seismisches Querprofil  
Männedorf–Wädenswil.

Sedimente des südlichen Tropes sind mit Ausnahme einer seebodennahen Schicht seismisch vorwiegend transparent.

### 3.3. Profilbeispiele aus dem nordwestlichen Becken

Figur 11 zeigt eine Registrierung aus dem nordwestlichen Becken, das sich von Zürich im NW bis etwa in die Höhe von Männedorf im SE erstreckt. Die Molasse-oberkante, die hier in den Pneuflexregistrierungen als stärker geschwärzte, häufig etwas verschwommene Zone auftritt, fällt immer steil von beiden Seeufern zur Seemitte hinein und bildet ein etwa U-förmiges Tal, das mit jungen, vermutlich holozänen bis pleistozänen Sedimenten aufgefüllt ist.

Die Beckensedimente erscheinen in der Pneuflex-Registrierung mit Ausnahme eines seebodennahen durch mehrere aufeinanderfolgende Reflexionen gekennzeichneten Schicktpaketes als seismisch diffuse Zone mit nur wenigen Reflexionen (vgl. Fig. 11).

### 3.4. Zum Tiefenlinienplan der Molasseoberkante und zum Mächtigkeitsplan der jungen Sedimente

Die Ergebnisse der Pneuflex-Untersuchungen sind in einem Tiefenlinienplan der Molasseoberkante, bezogen auf den Wasserspiegel des Zürichsees, und in einem Mächtigkeitsplan der vermutlich holozänen bis pleistozänen Sedimente zusammengefasst worden (HsÜ und KELTS, 1970).

Die bei der Auswertung als Molasseoberkante bezeichnete Reflexionszone, die innerhalb der Profile verschiedenen stratigraphischen Niveaus der Molasseformation entsprechen kann, hat ihre grössten Tiefen im nordwestlichen Teil des Zürichsees. Sie fällt im nordwestlichen Teil des Zürichsees z. T. im Verein mit Staffelbrüchen steil von beiden Seeufern aus zur Seemitte hin ein und bildet ein langgestrecktes etwa U-förmiges Tal, in dessen Zentralteil die Molasseoberkante in mehr als 200 m unter dem Wasserspiegel liegt.

In der Höhe der Ortschaften Männedorf und Üetikon liegt die Molasseoberkante in einer ENE-WSW streichenden Zone allgemein höher als im nordwestlichen Teil. Innerhalb dieser Hochlage hat die Molasseoberkante ein stark bewegtes Relief mit horstartigen Aufbrüchen und kleinen tiefen Depressionen, das nach den Pneuflex-Registrierungen das Ergebnis von Erosion und tektonischen Bewegungen ist.

Die die Molasse bzw. den Reflexionshorizont «Molasseoberkante» überlagernden Sedimente sind vermutlich holozänen bis pleistozänen Alters. Zwei Becken können ausgeschieden werden, in denen die jungen Sedimente über 100 m Mächtigkeit erreichen können (HsÜ und KELTS, 1970). Die beiden Becken werden durch die ENE streichende «Molasseschwelle» getrennt, innerhalb der die Sedimente allgemein sehr geringmächtig (10 m bis lokal max. 50 m) sind.

In ihrem seismischen Verhalten unterscheiden sich die Sedimente der beiden Becken, was auf verschiedenartige Sedimente und damit auf verschiedenartige Sedimentationsverhältnisse deutet. Die Sedimente innerhalb des nordwestlichen Beckens und im Bereich der Molasseschwelle sind seismisch weitgehend transparent, d. h. innerhalb dieses Schichtpaketes treten nur wenige schwache Reflexionen auf. Im südöstlichen Becken ist die sedimentäre Beckenfüllung dagegen in ein hangendes seismisch weitgehend transparentes Sedimentpaket und in ein liegendes durch zahlreiche oft dicht aufeinanderfolgende Reflexionen ausgezeichnetes Schichtpaket zu gliedern. Die detaillierte geologische Interpretation des Tiefen- und des Mächtigkeitsplanes wird in Teil II (HsÜ und KELTS, 1970) eingehend behandelt.

### Danksagung

Für die grosszügige Unterstützung dieses Projektes möchten wir Herrn Professor A. Gansser, Geol. Institut der ETH Zürich, den Herren Professoren H. J. Martini und Closs, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover sowie dem Schweizer Nationalfonds bestens danken. Für die aktive Mitarbeit bei der Auswertung und bei den Messungen gilt unser Dank Herrn Dipl.-Geophysiker H. Bungenstock, Hannover, sowie den beteiligten Assistenten der ETH Zürich.

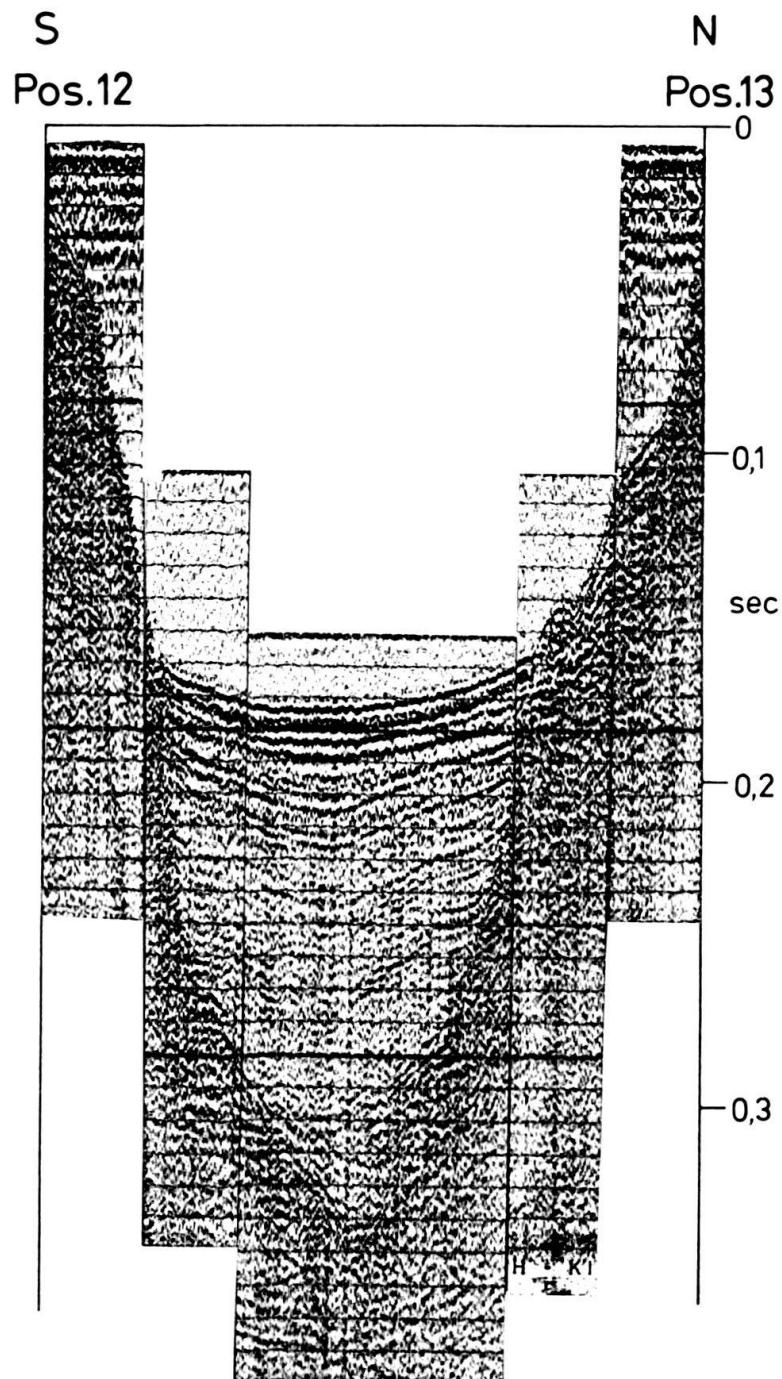


Fig. 11. Seismisches Querprofil Horgen-Meilen.

## LITERATURVERZEICHNIS

- BUNGENSTOCK, H. (1969): *Ein Beitrag zur Verbesserung pneumatischer Schallquellen für seismische Untersuchungen*. Geol. Jahrb. 88, 35–46.
- GILES, B. F. (1968): *Pneumatic Energy Source*. Geophys. Prosp. XVI 1, 21–53.
- HINZ, K., KÖGLER, K., und SEIBOLD, E. (1969): *Reflexionsseismische Untersuchungen mit einer pneumatischen Schallquelle und einem Sedimentecholot in der westlichen Ostsee*. Meyniana 19.
- HsÜ, K. J., und KELTS, K. (1970): *Seismic Investigation of Lake Zurich: Part II, Geology*. Eclogae geol. Helv. 63/2.

