

Neuvermessung und geologische Kartierung des Walensees

Autor(en): **Lambert, André**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **76 (1984)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941207>

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.

Neuvermessung und geologische Kartierung des Walensees

André Lambert

Zusammenfassung

Aufgrund der hydrographischen Neuaufnahme des Walensees (1979–1981) beträgt der Beckeninhalte $2,43 \times 10^9 \text{ m}^3$. Für die Vermessung mussten insgesamt 635 km Tiefenprofile gelotet werden. Die 33-kHz-Frequenz des verwendeten Echolots vermochte zudem je nach Zusammensetzung der Sedimente bis zu etwa 10 m in den Seegrund einzudringen, so dass dessen akustische Struktur gleichzeitig im Echogramm aufgezeichnet wurde. Mit Hilfe dieser akustischen Sedimentlotung wurde versucht, früher gesammelte sedimentologische Detailinformation (Kernproben von bis zu 7,5 m Länge) in einer geologischen Gesamtkarte zusammenzufassen. Auffallendste Merkmale sind zahlreiche subaquatische Bachschuttkegel, welche die meist steilwandige Felsberandung des Seebeckens überdecken und zum Teil weit in die feinschichtig aufgebaute zentrale See-Ebene hinausgreifen.

Résumé: Levé bathymétrique et géologique du lac de Walenstadt

Le nouveau levé bathymétrique du lac de Walenstadt effectué entre 1979 et 1981 a permis de déterminer son volume: $2,43 \times 10^9 \text{ m}^3$. 635 km de profils échographiques ont été nécessaires pour cartographier le fond du lac. En plus de mesurer la profondeur, la fréquence 33 kHz de l'échosondeur permet de pénétrer les sédiments – suivant leur composition – jusqu'à environ 10 m. L'analyse sédimentologique des ces profils acoustiques du fond a permis d'élaborer une carte géologique du bassin lacustre. Celui-ci est caractérisé par de nombreux cônes de déjection subaquatiques recouvrant les parois rocheuses – pour la plupart très raides – et s'étendant sur le fond du lac.

Summary: Hydrographic and geologic mapping of the Walensee

The volume of the Walensee basin (eastern Switzerland) was determined by a hydrographic survey from 1979 to 1981: $2.43 \times 10^9 \text{ m}^3$. This work required 635 km of lake bottom profiles. Due to the ability of the echosounder to penetrate sediment with a frequency of 33 kHz, subbottom structures were recorded at the same time. Penetration depth varied between 0 and 10 m depending on sediment composition. Combining these acoustic profiles with previously collected sedimentological information (sediment cores up to 7.5 m long) an attempt was made to draw a geological map of the lake bottom. The most striking features are numerous subaqueous alluvial fans which cover the steep rock walls of the lake basin. These fans extend far into the central plain of the lake bottom which is built up of fine grained, laminated sediments.

Einleitung

Die rein topographische Information steht bei der Vermessung von Seen eher im Hintergrund; in erster Linie sind es wasserwirtschaftliche Fragen, die zur Neukartierung eines Sees führen:

1. Die *Rauminhalte* der Seen gehören zu den wichtigsten wasserwirtschaftlichen Kenngrößen, deren neuester Stand vom Bundesamt für Wasserwirtschaft regelmässig veröffentlicht wird («wasser, energie, luft» 75, 1/2).
2. Fehlerhafte Angaben über die Topographie und somit über das Wasservolumen können zu Fehleinschätzungen für den Wasseraustausch im See wie auch für die Mengen-

bestimmung von Inhaltstoffen zur Folge haben. Darüber hinaus werden die seeinternen Bewegungsvorgänge von der *Beckenform* entscheidend mitgeprägt. Es ist deshalb grundsätzlich eine präzise Kenntnis der Berandungsformen erforderlich, um diese als notwendige Randbedingungen, zum Beispiel in Prognosemodelle für klein- und grossräumige Strömungsfelder, eingeben zu können.

3. In Seen mit geschiebereichen Zuflüssen sind die Volumenveränderungen der Flussdeltas ein zuverlässiges Mass für den *langzeitlichen Feststofftransport* aus dem Einzugsgebiet der Zubringer und ermöglichen damit auch eine quantitative Abschätzung der Erosion.

Dieser letzte Aspekt war Ausgangspunkt der topographischen Neukartierung des Walensees: Der letztmals um 1931 vermessene Schwemmkegel der Glarner Linth war 1979 im Rahmen eines Forschungsprojektes der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie neu ausgelotet worden (*Schlund und Lambert, 1982*), wobei eine Volumenzunahme von rund $6,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ ermittelt wurde (*Lambert, 1980*). Gleichzeitig wurde erstmals das Seedelta im östlichen Teil des Sees im Detail kartiert. Die Kartierung der Auflandungszonen im Linthdelta zeigte jedoch, dass sich östlich des Vermessungsperimeters (Koord. 730.000) seit 1931 noch bis zu 3 m Sedimente (im Vertikalprofil) abgelagert haben. Das heisst, dass die Ablagerungen ausserhalb des eigentlichen Deltakegels weit in die zentrale See-Ebene hinausreichen und mengenmässig nicht zu vernachlässigen sind. Eine Revision der Angaben über den Rauminhalt des Sees drängte sich auf. Als Konsequenz ergab sich die Notwendigkeit einer Neuaufnahme des gesamten Sees, vor allem auch deshalb, weil die bisher einzige verfügbare Seekarte aus dem Jahr 1880 stammte und auf lediglich 35 von Hand ausgeloteten Querprofilen beruhte.

Die jüngeren Sedimente des Walensees sind durch zahlreiche Sondierungen (Kerne bis 7,5 m Länge) aufgeschlossen worden (*Lambert 1978, Lambert und Hsü 1979*). Mit der topographischen Gesamtkartierung ergab sich deshalb auch die einmalige Gelegenheit, das sich infolge der örtlich weit auseinanderliegenden Sedimentprofile abzeichnende lückenhafte Mosaik der Seesedimente versuchsweise in eine geologisch/sedimentologische Gesamtkarte zu integrieren¹. Voraussetzung dafür war der Einsatz eines 2-Frequenz-Echolots, das bei geeigneter Einstellung nicht nur die Oberfläche des Seegrunds wiedergibt, sondern auch ein akustisches Bild der oberen Sedimentschichten vermittelt (Bild 2).

Die topographische Neuaufnahme des Walensees

Die im Jahr 1980 vorliegenden Detailpläne der Deltas von Linth und Seez deckten bereits etwa 30% der gesamten Seefläche ab. Da die Kantone St. Gallen und Glarus für die Planung verschiedener Bauvorhaben auf eine genaue Seetopographie angewiesen sind, konnte die Finanzierung der Vermessung der verbleibenden 1685 ha durch das Büro Dr. R. Schlund, Zürich, wie folgt aufgeteilt werden: Forschungsprojekt der VAW (ETH Zürich): 35000 Franken; Kanton St. Gallen: 25000 Franken; Kanton Glarus: 5000 Franken. Aufgrund der Gesamtsumme von 65000 Franken ergibt sich ein Preis von durchschnittlich 38.60 Franken/ha. Über die technischen Einzelheiten der Vermessungsarbeit ist an anderer Stelle bereits ausführlich berichtet worden (*Lambert und Schlund, 1983*). Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass für die Vermessung des gesamten Sees

¹ Diese Karte ist mit einer etwas ausführlicheren Beschreibung in den «*Eclogae geologicae Helvetiae*» Vol. 77/1 (1984) erschienen. Wir danken an dieser Stelle den Herausgebern, dass die bei der Birkhäuser AG in Basel gedruckte Karte als Fortdruck übernommen und diesem Heft der «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» beigelegt werden konnte.

635 km Echolotprofile in einem engen Raster aufgenommen wurden. Das für die Interpolation der Höhenlinien bestimmte digitale Terrainmodell hat eine variable Punktdichte von 3 bis 30/ha, je nach «Unruhe» des Reliefs.

Das Volumen des Walensees

In der vom Bundesamt für Wasserwirtschaft 1983 zusammengestellten Liste der schweizerischen Seen figuriert der Walensee mit einem Gesamthalt von $2,490 \times 10^9 \text{ m}^3$ bei einem mittleren Seestand von 419,07 m ü.M. und einer mittleren Seefläche von 24,1 km². Die grösste Tiefe wird mit 150 m angegeben. Nun basieren diese Angaben im wesentlichen auf den Seegrundprofilen von 1880 (und den daraus «konstruierten» Höhenlinien) sowie der Linthdelta-Vermessung von 1931 (Eidg. Amt für Wasserwirtschaft).

Aufgrund der rund 530 km neu kartierten Höhenlinien ist auch das Seevolumen neu bestimmt worden. Dazu wurden die Inhalte der 10-m-Teilschichten (im Uferbereich 5 m) berechnet und aufsummiert (Bild 1).

Aus diesen Grundlagen ergibt sich das Gesamtvolumen des Walensees mit $2,425 \times 10^9 \text{ m}^3$, also $6,5 \times 10^7 \text{ m}^3$ (~3%) weniger als bisher angenommen. Diese Differenz kann bis zu einem Fünftel auf eingetragenes Sediment zurückzuführen sein: seit 1880 (letzte Vermessung) rund $1,2 \times 10^7 \text{ m}^3$. Der grössere Teil der Differenz beruht offensichtlich auf Ungenauigkeiten der bisher verfügbaren topographischen Unterlagen. Dies geht allein schon daraus hervor, dass die grösste Tiefe 144 m beträgt, während offiziell 150 m registriert sind. Hier ist allerdings zu erwähnen, dass der Walensee als nichtreguliertes Gewässer erhebliche Niveauschwankungen aufweist. Zwischen den bisher registrierten Hoch- und Niederwasserständen von 422,38 m (Juni 1910) und 417,91 m (Februar 1949) liegt eine Differenz von nahezu 4,5 m, was einem Wasservolumen von $110 \times 10^6 \text{ m}^3$ entspricht. Die mittleren jährlichen Seespiegelschwankungen betragen jedoch lediglich 2,5 bis 3 m; daraus resultiert eine Volumendifferenz von 60 bis $70 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Die nacheiszeitliche Sedimentation

Der heutige Walensee ist das Relikt eines nach Abschmelzen des würmeiszeitlichen Gletschers aus dem Zürich- und Walenseetal entstandenen, mehr oder weniger zusammenhängenden Gewässers. Die Alluvionen der Glarner Linth trennten dann den Walensee vom Zürich(Ober)see, während das Geschiebe der Seez von Osten her den See weiter einengte.

Sondierbohrungen in der nordöstlichen Linthebene haben zweifelsfrei ergeben, dass nach dem letzten Rückzug der Gletscher die Glarner Linth, oder zumindest ein abzweigender Mündungsarm, schon in vorgeschichtlicher Zeit vorübergehend Geschiebe in den Walensee geschüttet hat (C.

Bild 1. Inhaltskurve des Walensees in Funktion der Meereshöhe aufgrund der topographischen Vermessung von 1979 und 1981/82.

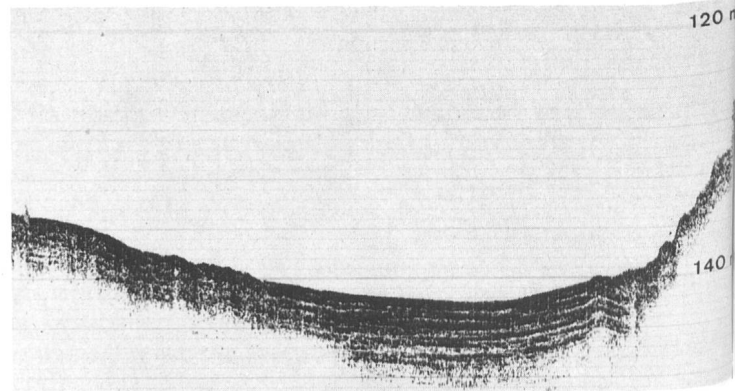
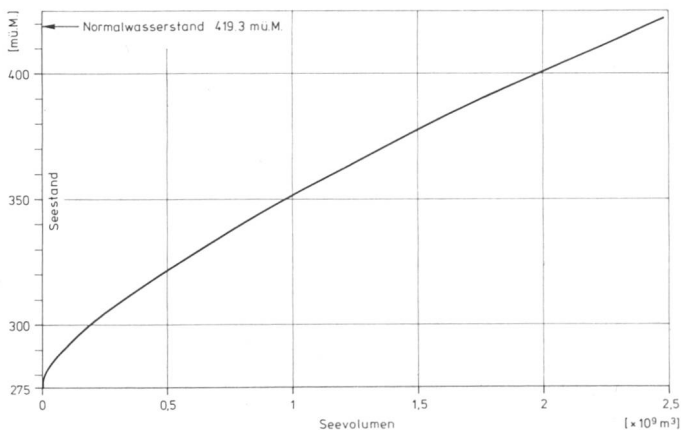


Bild 2. Echogramm (33 kHz) des Seegrundes zwischen Quinten (links) und Walenstadt (rechts). Es zeigt die deutlich ausgeprägte Feinschichtung der Sedimente in der zentralen See-Ebene.

Schindler, mündl. Mitt.). Ein dadurch entstandenes Delta ist noch als bewaldete Uferwölbung zwischen heutiger Linthmündung und Bootshafen «Gäsi» zu erkennen. In geschichtlicher Zeit war dann die Seez Hauptzufluss des Walensees, bis 1811 mit dem «Linthwerk» der Glarner Hauptfluss kanalisiert in den See geleitet wurde.

Diese Korrektur vergrösserte das Einzugsgebiet des Sees schlagartig um das Anderthalbfache, und die Sedimentation im See wurde mit einem rasch anwachsenden Delta nachhaltig beeinflusst. Seit 1911 (erste bathymetrische Aufnahme des Deltas) beträgt der durchschnittliche jährliche Volumenzuwachs rund 130000 m^3 (Lambert, 1980). Das von der Linth eingetragene Feststoffmaterial dominiert die Ablagerungen des gesamten westlichen Seeteils: Die Änderung der Sedimentation ist in den Kernprofilen deutlich als scharfer Schnitt zu erkennen. Über gut geschichteten rötlichen bis bräunlichen Silten und Tonen folgen mit abruptem Wechsel graue, gradierte Sande mit siltigen Zwischenschichten, zum Teil durchsetzt mit grobem Pflanzhäcksel. Dieser «Linthschnitt» ermöglicht als genau definierte Zeitmarke (1811) die Ermittlung der seitherigen Sedimentationsrate, die ausserhalb des eigentlichen Schuttkegels 8 bis 40 mm/Jahr beträgt.

Im zentralen und östlichen Teil des Sees dominieren feinschichtige Wechsellagerungen von tonigen und siltigen Laminae, deren auffallendstes Merkmal die unterschiedliche Färbung ist; sie reicht von Grau über Olivgrün zu Rot, Hellrot und Rosa bis Gelb. Die Auszählung von Einzelschichten über der Zeitmarke 1811 ergab, dass im Laufe eines Jahres mehrere dieser Laminae abgelagert werden können. Eine Einzelschicht repräsentiert also *keinen* jahreszeitlichen Zyklus, sondern jeweils einen kleineren oder grösseren Feststoffschub aus einem oder mehreren Zuflüssen, wobei die Farbe der Ablagerung Hinweise auf das Teil-Einzugsgebiet gibt (Lambert und Hsü, 1979).

Zahlreiche Strömungsmessungen im Walensee haben gezeigt, dass sich Zuflusswasser dem Seegrund entlang als Suspensions-Dichtestrom einschichten kann (Lambert, 1979) und dass die Feinschichtung weitgehend auf solche Ereignisse zurückzuführen ist. Grössere Hochwasser bringen grobkörniges Material auch weitab der Mündung als Turbidite zur Ablagerung. In mehreren Bohrkernen sind (in Seemitte) Kieslagen von einigen Dezimetern Mächtigkeit gefunden worden. Sie sind als Ablagerungen von Murgängen der seitlich einmündenden Wildbäche oder als «slumps» (infolge abgerutschter Teile von Deltaablagerungen) zu interpretieren. Kerne aus den randlichen Regionen zeigen gelegentlich über mehrere Dezimeter intensiv gefaltete Schichten. Diese Strukturen sind auf kriechende Sedimentpakete am Übergang vom steilen Beckenrand zur flachen See-Ebene zurückzuführen.

Neben den beiden grossen Schutfächern der Linth und der Seez münden zahlreiche steile Bäche seitlich in den See.



Bild 3. Horizontale Schliiffspuren des eiszeitlichen Gletschers an den Felswänden der Halbinsel von Betlis in etwa 50 m Wassertiefe. Bildhöhe etwa 1 m (Foto A. Kammer, 1982).

Die Steilheit des Geländes und die zum Teil stark erosionsanfälligen Einzugsgebiete prädestinieren diese Bäche dazu, ausgeprägte Bachkegel im See aufzubauen, die morphologisch markant in Erscheinung treten, sowohl oberflächlich (Murg, Flibach, Meerenbach) als auch subaquatisch (Rombach = «Muslenbach», Fulenbach, Geissbach usw.). Die ausgeprägteste Ausbuchtung formt der Kegel des Flibachs und dokumentiert damit die intensive Erosion im Einzugsgebiet dieses Wildbachs. Gegenwärtig sind umfangreiche Verbauungsarbeiten im Gang. Von 1931 bis 1979 wuchs der Schuttkegel des Flibachs um rund 450 000 m³.

Akustische Sedimentlotung

Eine wesentliche Bedingung für die Neuvermessung des Walensees war der Einsatz eines 2-Frequenz-Echolots (33/210 kHz), das ein seismisches Bild der oberen Sedimentschichten vermittelt (Bild 2). Das verwendete Echolot-Schwingersystem (Krupp-Atlas, Typ SW 6020) besteht aus einer Schwingerkombination von 12 + 7 = 19 Einzelschwingern, die auf zwei konzentrischen Kreisen angeordnet sind. Diese Konfiguration erlaubt es, den Öffnungswinkel des Schallkegels von 10° bis auf 2° zu reduzieren und damit die gesamte Sendeleistung auf eine kleine Fläche des Seegrundes zu konzentrieren; dadurch wird das Eindringvermögen der Schallsignale in die Seeablagerungen substantiell vergrössert.

Das von der Ultraschallquelle ausgehende Signal durchdringt das Wasser mit einer Geschwindigkeit von 1430 bis 1450 m/s (je nach Temperatur und Konzentration der Inhaltstoffe). Die Zwischenschicht Sediment/Wasser bildet einen ersten Reflektor, das heisst eine Dichte-Diskontinuität, an dem die höher frequenten Anteile der Schallwellen reflektiert werden, während für die niedrigfrequenten Anteile des Schalls die Penetration des Sediments beginnt. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften, welche die «akustische Struktur» der durchdrungenen Sedimente als Echogramm erscheinen lassen, sind die Dichte und die Porosität. Die akustische Impedanz (Scheinwiderstand) der Sedimente ist deshalb für feinkörnige Ablagerungen (Silt, Ton) kleiner als für sandiges oder kiesiges Material. Die auf dem Echogramm erscheinende Strukturierung muss aber nicht a priori lithologischen Abgrenzungen entsprechen. Im allgemeinen werden feinkörnige Sedimente die akustische Energie weniger dämpfen als grobkörnige, so dass die Echogramme von siltigen und tonigen Böden transparenter erscheinen als diejenigen von sandigen oder gar kiesigen Ablagerungen.

Eine wesentliche Ausnahme bilden jedoch Glasblaseneinschlüsse im Sediment. Diese dämpfen die Schallenergie

wirkungsvoll und erscheinen deshalb auch innerhalb von tonigen Ablagerungen als ausgesprochene Reflektoren und können unter Umständen eine grobkörnige Zwischenschicht vortäuschen (May, 1979).

Von grossem Vorteil erweist sich die Kombination von Echolot und automatischer Distanzmessung auf der Profilmessung, weil damit die Koppelung der Papiervorschubgeschwindigkeit mit der Schiffsgeschwindigkeit erreicht wird. Dadurch werden die Echogramme auch horizontal massstäblich aufgezeichnet.

Die geologisch/sedimentologische Interpretation kann sich also auf exakt lokalisierte Profile und auf eine zuverlässige topographische Grundlage abstützen (Tafelbeilage).

Geologische Kartierung

Der Beckenrand des Walensees besteht, wie bereits über dem Seespiegel eindrücklich erkennbar, weitgehend aus anstehendem Fels. Dieser taucht oft senkrecht oder gar überhängend unter den Wasserspiegel (Bild 3). Im Echogramm zeigen sich dann infolge des ungünstigen Einfallwinkels nur noch undeutliche Reflexe. In weniger steilen Partien ist der Fels stellenweise durch eine dünne Schicht von Gehängeschutt oder Moräne bedeckt, was im Echogramm eine «faserige» Aufzeichnung ergibt.

Eine interessante Beobachtung machten Mitglieder des Unterwassersportzentrums Zürich (USZ) bei Tauchvorstössen vor der Halbinsel Betlis (Stralegg). In 30 bis 60 m Tiefe entdeckten sie eine horizontale Strömung an den senkrechten Felswänden (Bild 3), die sie korrekterweise als Gletscherschliff interpretierten. Dank des vor Erosion schützenden Seewassers sind diese Schliiffspuren hier erhalten geblieben. Die Fliessgeschwindigkeit des eiszeitlichen Gletschers war in diesem Abschnitt infolge der Querschnittsverengung erhöht und führte hier zur intensivsten Schleifwirkung. Es ist darum bezeichnend, dass die Suche nach weiteren Schliiffspuren in Luv und Lee des Betliser Felssporn trotz wiederholter Tauchgänge vergeblich blieb. *Bachschuttkegel* heben sich in der Regel bereits morphologisch deutlich vom felsigen Ufer ab, meist in der Verlängerung von Runsen oder Wildbächen. Grössere Schuttflächen greifen bereits über der Wasserlinie in den See hinaus und bilden in den steilufrigen Partien der Nordseite die einzig möglichen Standorte für Siedlungen und Weiler.

Diese Schuttkegel bestehen im oberen (mündungsnahen) Teil überwiegend aus kiesigem Material, das mit zunehmender Tiefe allmählich in feinere Kornfraktionen übergeht. Es kommt aber vor, dass selbst am Fuss der weit ausgreifenden Kegel, der im allgemeinen aus sandig-siltigem Schutt aufgebaut ist, kiesige Einschaltungen im Vertikalprofil erscheinen (Bild 4).

Die kartierten Trennungslinien zwischen den Kornklassen sollen deshalb nur auf die jeweilige Vorherrschaft der entsprechenden Fraktion hinweisen, soweit sie in Bohrkernen erkannt werden konnten. Wo keine Kernsondierungen vorhanden sind, erfolgte die Unterscheidung im Echogramm – zumindest zwischen Kies/Sand und Silt/Ton, da letztere dem Schall einen geringeren Widerstand entgegensetzen und deshalb im Echogramm transparenter erscheinen. Diese Übergänge zeigen sich besonders ausgeprägt in den Profilen, welche die Deltas der Linth und der Seez abdecken. Diese weit ausgreifenden Schüttungen dominieren den östlichen und westlichen Teil des Sees, wobei der Übergang in die zentrale See-Ebene kontinuierlich erfolgt.

Die zentrale See-Ebene umfasst etwa 6 km² und ist praktisch horizontal. Hier herrscht «pelagische» Sedimentation vor, mit laminiert ausgebildeten feinkörnigen Ablagerungen

gen. Die Allgegenwart seitlicher Zuflüsse zeigt sich aber immer wieder in Form grobkörniger Einschaltungen, namentlich gradierter Sande. Vor allem im Einflussbereich der grösseren Wildbachzuflüsse kann das Eindringvermögen des Ultraschalls lokal vermindert sein. Dies ist auf kiesige Zwischenschichten zurückzuführen, wie sie inmitten siltig-toniger Ablagerungen in der Seemitte auftreten (Bild 4).

Am Übergang von den steileren Randzonen zum flachen Seegrund treten in den Echogrammen teilweise Wellungen auf, die eine bucklige Oberfläche dokumentieren. Bohrkern aus solchen Zonen zeigen gelegentlich verfaltete Schichten, was auf ein Kriechen instabiler Sedimentpakete deutet. Diese Kriechzonen sind nicht nur auf schuttkegelnahe Gebiete beschränkt, sondern treten auch am Hangfuss dazwischen auf. Eigentliche Rutschungen mit ausgeprägten frontalen Stauchzonen, wie sie *Schindler* (1976) aus dem Zürichsee beschreibt, konnten im Walensee keine gefunden werden. Dies mag damit zusammenhängen, dass im Walensee praktisch keine Seekreidesedimente vertreten sind. Auch fehlen grössere künstliche Aufschüttungen, welche Rutschungen hervorrufen können.

Die historisch dokumentierten, mit bergmännischer Ausbeutung von Gestein in ursächlichem Zusammenhang stehenden Felsstürze in den Walensee (*Huber*, 1982) haben lokal zu Ansammlungen recht grobkörniger Sturzmassen unter Wasser geführt, was sich im Echogramm als unscharfes Reflexbild äussert. Die Gesteinstrümmer der im Salterentobel aufgeschlossenen tektonischen Brekzien-Zone haben im See einen morphologisch deutlich in Erscheinung tretenden Schuttkegel aufgebaut, der sich über die steilen Felswände gelegt hat. Dieser Kegel ist zum Teil mit Ausbruchmaterial (und einer Stollenlokomotive!) aus der Zeit des Bahntunnelbaus «angereichert» worden.

Die Bergsturzmasse von Unterterzen bildet eine markante morphologische Erhebung. Sie ist von einer Sedimenthülle bedeckt, deren Mächtigkeit mit der akustischen Lotung infolge zu geringer Penetration nicht eruiert werden konnte. Zwei Kernsondierungen von etwa 3 m Länge haben keinen festen Grund erreicht. Die Sedimentationsrate seit dem Niedergang des Bergsturzes bleibt somit unbekannt.

In der südwestlichen Uferzone des Sees (Gäsi) dokumentiert ein markanter uferparalleler Gefällsknick (etwa 70 m vom heutigen Ufer entfernt) einen früheren, tieferen See-stand. Dass der Seespiegel bereits in geschichtlicher Zeit nicht viel tiefer stand, bekunden römische Funde bei Hüttenbösch (*Laur-Béart*, 1962).

Diese kleine Erhebung 100 m südlich der Einmündung in den Linthkanal, bildete zur Zeit der höchsten Wasserstände vor der Linthkorrektur ein Inselchen und diente offenbar auch den Römern als trockener Standort.

Schlusswort

Die vorliegende geologische Kartierung des Walensees ist der Versuch, zweidimensionale lithologische Information (Bohrkerne) mit Hilfe akustischer Sedimentlotung räumlich zu projizieren und in einem Flächenplan darzustellen. Ein grosser Teil dieses Kartenbildes beruht also auf der Interpretation seismischer Aufzeichnungen, welche naturgemäss mehrdeutig sein können. Trotz ausgewogener Verteilung der Sedimentproben als Stützpunkte der Auswertung, kann diese kartographische Synthese deshalb nicht den Anspruch erheben, die jungen Sedimente des Walensees in ihrer *Gesamtheit* erfasst zu haben. Detailuntersuchungen werden in Zukunft zu einem verfeinerten und korrigierten Kartenbild führen.

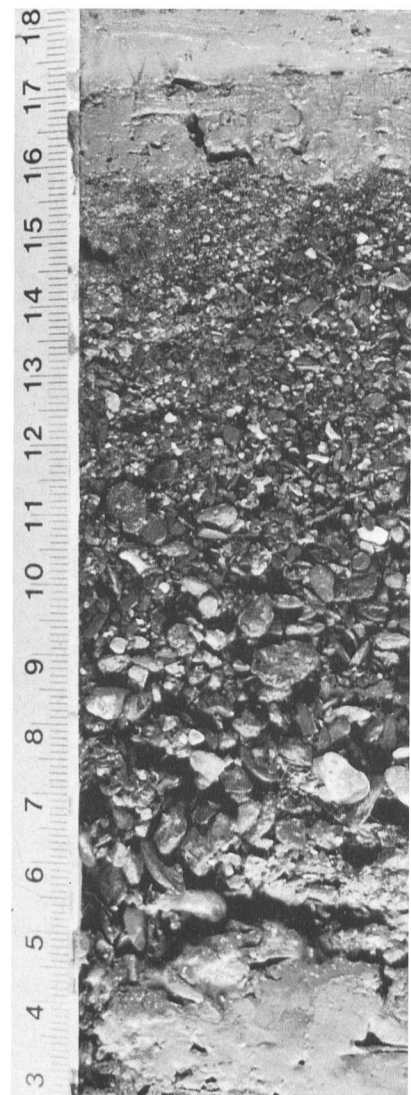
Trotzdem kann diese Karte als Ergebnis von Grundlagenforschung auch für die Lösung angewandter Probleme als

Entscheidungsbasis beigezogen werden. Neben ihrer Funktion als sensible Indikatoren für ökologische Veränderungen gewinnen Aufbau und Zusammensetzung der Seeböden für die Planung, Berechnung und Durchführung von baulichen Massnahmen im See und in seinem engeren Umkreis zunehmend an Bedeutung.

Literatur

- Huber*, A. (1982): Felsbewegungen und Uferabbrüche an Schweizer Seen, ihre Ursachen und Auswirkungen. «*Eclogae geol. Helv.*» 75/3, 563–578.
- Lambert*, A. (1978): Eintrag, Transport und Ablagerung von Feststoffen im Walensee. «*Eclogae geol. Helv.*» 71/1, 35–52.
- Lambert*, A. (1979): Starke Bodenströmungen im Walensee. Eine Auswirkung des Hochwassers vom 31.7./1.8.1977 in der Zentralschweiz. «*wasser, energie, luft – eau, énergie, air*» 71/3, 50–53.
- Lambert*, A. (1980): Das Delta der Linth im Walensee – ein Vergleich der Seegrundaufnahmen von 1931 und 1979. «*wasser, energie, luft – eau, énergie, air*» 72/7,8; 243–346.
- Lambert*, A. and *Hsü*, K. J. (1979): Non-annual cycles of varve-like sedimentation in Walensee, Switzerland. «*Sedimentology*» 26, 453–461.
- Lambert*, A. and *Schlund*, R. A. (1983): Die topographische Neukartierung des Walensees. «*Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*» 11/83, 397–402.
- Laur-Béart*, R. (1962): Der frühromische Wachtposten auf dem Biberkopf (SG). «*Ur-Schweiz*» 26.
- May*, J. R. (1979): The application of waterborne geophysical techniques in fluvial environments. «*Geotech. Lab. U. S. Arm. Eng. Waterways exper. Stn. Rep*» 3.
- Schindler*, C. (1976): Eine geologische Karte des Zürichsees und ihre Deutung. «*wasser, energie, luft – eau, énergie, air*» 68/8, 9, 195–201.

Bild 4. Kiesige Zwischenschicht in den überwiegend feinkörnig aufgebauten Sedimenten der zentralen See-Ebene. Solche Einschaltungen dokumentieren murgangartige Ereignisse in den seitlich einmündenden Wildbächen (cm-Massstab).



Adresse des Verfassers:
André Lambert,
 Dr. sc. nat.,
 Versuchsanstalt für
 Wasserbau, Hydrologie
 und Glaziologie an der
 Eidg. Technischen
 Hochschule Zürich,
 Gloriastrasse 37–39,
 ETH Zentrum,
 CH-8092 Zürich.

Geologische Karte des Walensees

1:25 000

Zusammengefasst unter Verwendung von wesentlichen Profilen, Echolotaufnahmen, Sedimentkernbohrungen und Taucherbeobachtungen.

Die vorliegende Karte versucht, die Resultate verschiedener geologisch-sedimentologischer Forschungsarbeiten seit 1970 als Synthese zu vereinigen. Sie bedarf der Ergänzung und Korrektur durch weitere Untersuchungen und Beobachtungen.

Fels und Lockergesteine

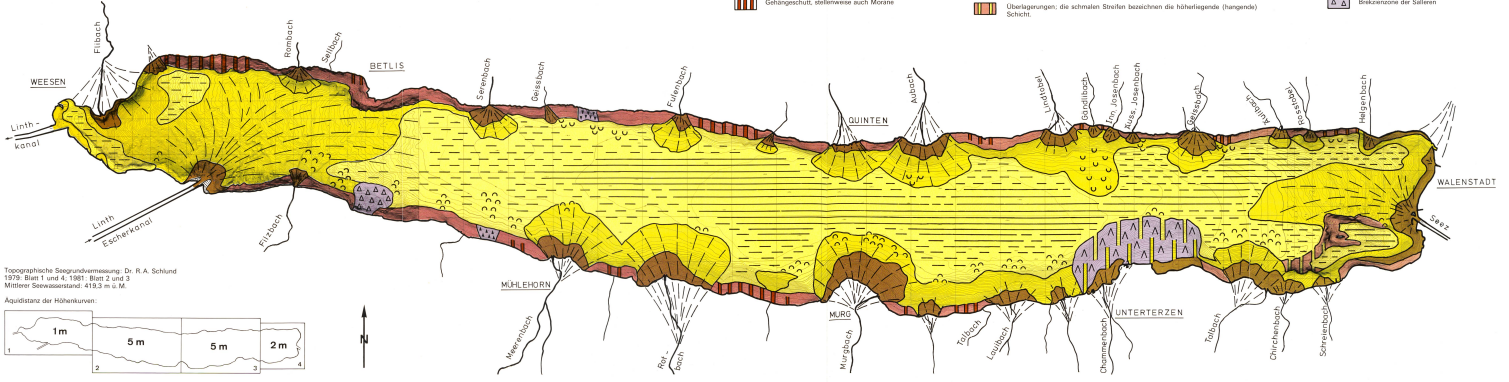
- Fels
 - Kies
 - Sand
 - Schluff und Ton
 - Gehängeschutt, stellenweise auch Mosaik
- im Vertikalprofil ist wechselliegend

Schichtung

- Deutlich ausgebildete Schichtung (Wechsellagerung) siltyger und toniger Sedimente im Mäandrier- bis Zentralsbereich; turbiditische Einlagerungen aus Sand, selten auch Kies
- Diffuse Schichtung, meist infolge von Umlagerungen (Störung, wühlende Organismen) oder von Einlagerungen organischer Reste (Blätter, Holz) und Bildung von Gullies
- Überlagerungen, die schmalen Streifen bezeichnen die höherliegende (hängende) Schicht

Besondere Strukturen

- Flussdeltas und Bachschuttkegel
- Kriechende Sedimentmassen
- Felsinseln (geschichtlich)
- Bergtutz von Unterterzen (postglacial)
- Beckenzone der Salinen



Topographische Situationsmessung: Dr. R. A. Schindl
 1979, Blatt 1 und 4, 1981, Blatt 2 und 3
 Mittlerer Seesspiegelstand: 419.3 m ü. M.

Aquidatane der Höhenkurven

