

Anwendung eines automatisierten hydrographischen Vermessungssystems für Flussdelta-Kartierung im Walensee

Autor(en): **Schlund, R.A. / Lambert, A.M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **80 (1982)**

Heft 1

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-231146>

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.

Anwendung eines automatisierten hydrographischen Vermessungssystems für Flussdelta-Kartierungen im Walensee

R.A. Schlund, A.M. Lambert

Die ersten Vermessungen von Flussdeltas in Seen reichen in die Zeit der grossen Korrekturen zurück, als durch Umleitung zahlreicher Flüsse an deren Mündung in Seen neue Geschiebeschuttkegel entstanden. Bis nach dem Zweiten Weltkrieg erfolgten die Seegrundaufnahmen mit fehleranfälligen Drahtlotungen und einem umständlichen Ortsbestimmungsverfahren. Der vorliegende Artikel beschreibt am Beispiel der 1979 durchgeführten Delta-Neuaufnahmen im Walensee (Linth und Seez) ein automatisiertes, hydrographisches Vermessungssystem, das auf der Bestimmung und Auswertung digitaler Geländemodelle beruht. Die Aufnahme fächerförmiger, durch Laserstrahlen markierter Echolotprofile von einer Landstation aus, ermöglicht ein rationelles Arbeiten bei hoher Präzision und minimalem Personal- und Zeitaufwand.

Les premiers levés bathymétriques de deltas fluvio-lacustres remontent à l'époque des grandes corrections, lorsque plusieurs rivières furent déviées dans des lacs. La méthode du sondage au fil et du positionnement par câble tendu – appliquée encore pendant les années d'après-guerre – donnait souvent lieu à des erreurs non-négligeables de mesure. Prenant les nouveaux levés des deltas du lac de Walenstadt Linth et Seez, 1979, comme exemple, le présent article décrit un procédé de mensuration hydrographique basé sur le traitement automatique de modèles digitaux de terrain. Ces derniers sont établis au moyen d'écho-sondage le long de profils rectilignes disposés radialement (et marqués par rayon laser) à partir d'une station à terre. Ce système permet un travail efficace et précis avec un effectif réduit au minimum.

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit den grossen Korrekturen schweizerischer Gewässer erkannte man bereits im 19. Jahrhundert die Notwendigkeit, das Wachstum von Deltas zu kontrollieren, die durch Umleitungen von Flüssen in verschiedenen Seen entstanden waren. Diese Beobachtungen drängten sich wegen möglicher Folgeerscheinungen, wie Hochwasser- und Verlandungsgefahren, auf, aber auch im Hinblick auf die Nutzung des Schwemmguts für die Bauindustrie. Zudem kann der Volumenzuwachs eines Geschiebeschuttfächers innerhalb eines gegebenen Zeitraums als zuverlässiges Mass für den langzeitlichen Feststofftransport herangezogen werden, was auch eine Quantifizierung der Erosionsvorgänge im entsprechenden Einzugsgebiet ermöglicht (Lambert, 1982). Das Delta der Linth im Walensee gehört mit demjenigen des Rheins im Bodensee zu den bestuntersuchten Flussdeltas im schweizerischen Einzugsgebiet: Als entscheidende Phase des «Linthwerks» wurde die Glarner Linth im Jahr 1811 durch den Molliser Kanal (heute Escherkanal) in den Walensee geleitet. Der seither ständig anwachsende Geschiebekegel ist in den Jahren 1849, 1860 und 1867 mit vereinzelt Profilen ausgelotet worden (Abb. 1). Die erste

flächenmässige Aufnahme erfolgte 1911 auf Anregung des Geologieprofessors Albert Heim durch die damalige Landeshydrographie (Collet & Stumpf, 1916). Die 20 Jahre später wiederholte Vermessung des selben Areals durch das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (Mitteilung 34, 1939) ermöglichte erstmals die Abschätzung eines Wachstumsvolumens; man stellte jedoch fest, dass die östlichen Ausläufer des Deltas nicht erfasst werden konnten, weil sich der Vermessungsperimeter zu wenig weit nach Osten erstreckte (Abb. 2).

Aus diesem Grund und weil den bisherigen Aufnahmen fehleranfällige Draht-

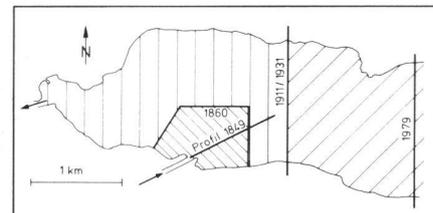


Abb. 2 Skizze des westlichen Teils des Walensees mit den bisher vermessenen Flächenanteilen der Bodentopographie

lotungen zugrunde liegen, drängte sich eine Neuaufnahme des Linthdeltas mit modernen Messtechniken auf. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) beauftragte deshalb das Vermessungsunternehmen Dr. Schlund (Zürich) mit dieser Aufgabe im Rahmen eines von der ETHZ finanzierten Forschungsprojektes mit folgenden Hauptzielsetzungen:

- Ausdehnung des Vermessungsperimeters bis Koord. 730.000 (Abb. 2);
- Kartierung der Sohlenveränderung seit der letzten Aufnahme (1931) und Vergleich der Volumenzunahme des Linthdeltas von 1931 bis 1979 mit derjenigen von 1911 bis 1931;
- Versuch einer Quantifizierung der Erosion im Einzugsgebiet der Glarner Linth;
- Neuvermessung von 263 ha Seegrund im östlichen Teil des Walensees als kartographische Grundlage zur künftigen Bestimmung von Veränderungen im Seezdelta.

Ein Teil der Resultate, insbesondere eine Karte der Seegrundveränderungen von 1931 bis 1979, ist bereits publiziert (Lambert, 1980 a, b). Mit dem vorliegenden Artikel bezwecken wir in erster

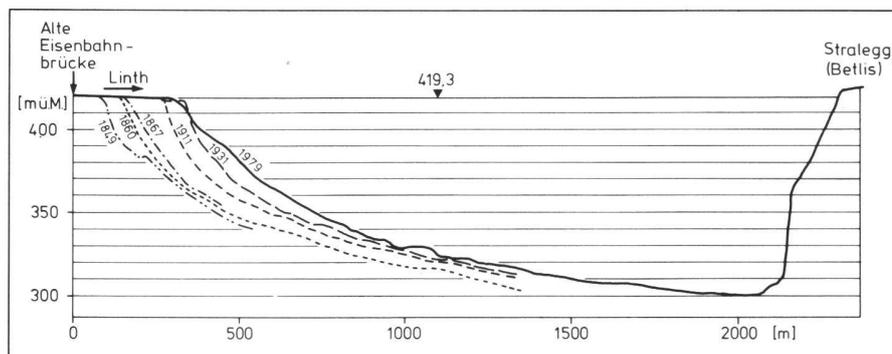


Abb. 1 Wachstumstadien des Linthdeltas von 1849 bis 1979 im Seequerschnitt Linthmündung-Betlis (geradlinige Verlängerung des Escher-Kanals)

Linie eine Veröffentlichung der topographischen Karten des westlichen und östlichen Walenseegrundes sowie der Beschreibung des angewandten Vermessungsverfahrens.

2. Das Vermessungssystem «Explorer»

Für die topographische Vermessung von Binnengewässern stehen oft nur beschränkte finanzielle Mittel zur Verfügung, so dass die Kosten solcher Arbeiten möglichst niedrig gehalten werden müssen. Dies ist aber nur möglich, wenn mit wenig Personal eine hohe Produktivität erzielt wird, wobei auch die Kosten der Ausrüstung einen verhältnismässig bescheidenen Rahmen nicht überschreiten dürfen.

Je nach dem Zweck der Vermessung wird das Pflichtenheft verschiedene Planmassstäbe und Äquidistanzen mit entsprechenden Fehlergrenzen vorschreiben; das Messverfahren muss sich den verschiedenen Anforderungen so anpassen können, dass die Relation Genauigkeit/Kosten gewahrt bleibt, ähnlich wie bei der Luftphotogrammetrie, wo die Flughöhe über Grund den Spezifikationen entsprechend gewählt wird.

Das hydrographische Vermessungssystem «Explorer», welches Schiff, elektronische Mess- und Rechengerate sowie die entsprechenden Computerprogramme integriert, ist ein weitgehend automatisiertes und dadurch wirtschaftlich flexibles Verfahren für topographische Seegrund-Kartierungen in Massstäben von 1:500 bis 1:10 000, bei Wassertiefen bis zu 1400 Metern. Es eignet sich jedoch im gleichen Masse auch für genaue Profilaufnahmen in grossen Flüssen, für die Ortung und Vermessung von Unterwasser-Rohrleitungen sowie für Absteckungsarbeiten (Abb. 3).

Die Arbeitsweise beruht auf der Messung und automatischen Auswertung eines digitalen Geländemodells, dessen Punktdichte den Anforderungen (Planmassstab, Äquidistanz, Genauigkeit) entsprechend gewählt wird.

Dabei handelt es sich um eine polare Geländeaufnahme, ähnlich der Tachymetrie, wobei auf vorausberechneten Azimuten Messlinien gefahren werden. Die zu steuernden Kurse werden mit einem auf der Landstation stehenden Theodolit eingestellt und durch einen aufgesetzten Laser sichtbar gemacht. Die Distanz zwischen Schiff und Landstation wird automatisch und kontinuierlich gemessen, und zwar unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit, weil das Ultraschall-Echolot mit der Distanzmessung gekuppelt ist. In zwischen 1 m und 100 m frei wählbaren Abständen werden digitale Tiefenwerte, zusammen mit den zugehörigen Distanzen,

einem elektronischen Tischrechner übermittle, welcher aus den Koordinaten der Landstation, dem Azimut der Messlinie, der Distanz, dem Wasserspiegel und der gemessenen Tiefe die Landeskoordinaten Y, X, H der Punkte

berechnet und speichert. Die so berechneten Punkte werden von einem Plotter in einem Übersichtsplan kartiert, woraus sich neben einer Kontrolle der Berechnung auch ein Überblick auf den Fortschritt der Arbeit ergibt (Abb. 4).

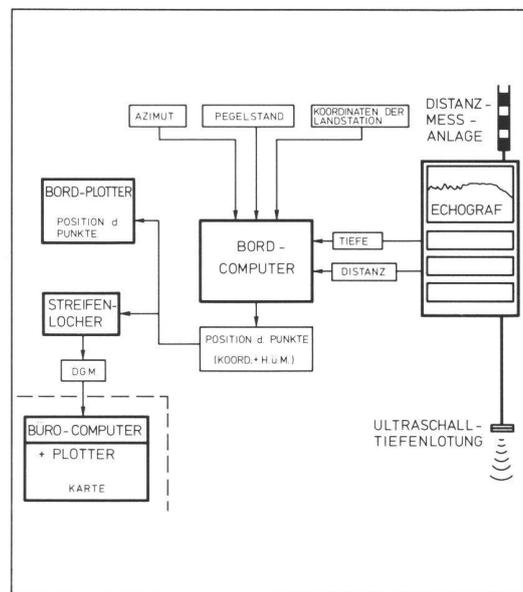


Abb. 3 Hydrographisches Vermessungssystem «Explorer» für polare Seegrundaufnahmen (Methode Dr. Schlund)

Bild links:

Von einer Landstation aus werden fächerförmig Echolot-Profile aufgenommen, wobei Azimut und Länge der einzelnen Linien entsprechend der gewünschten Dichte des Geländemodells im voraus berechnet sind. Das Azimut wird an einem Theodolit mit aufgesetzter Laser-«Kanone» eingestellt und durch deren Strahl markiert. Die Distanz zwischen der Antenne der Landstation und derjenigen des Schiffs (welche genau über den Echolot-Schwimmern steht) wird kontinuierlich mit Radiowellen gemessen. Dabei entstehen im Echographen massstabsgetreue Profile, weil der Papiervorschub mit der Distanzbestimmung gekoppelt ist.

Bild rechts:

In vorausbestimmten Abständen werden digitale Tiefenwerte und die entsprechenden Distanzen automatisch in den Bordcomputer eingespielt, welcher aus diesen Werten sowie den Koordinaten der Landstation, dem Azimut der Messlinie und dem aktuellen Wasserstand die Landeskoordinaten der Punkte des digitalen Geländemodells (DGM) berechnet. Auf Lochstreifen gespeichert, stehen diese Daten für die weitere Verarbeitung, d. h. Interpolation und Aufzeichnung der Höhenkurven, zur Verfügung.

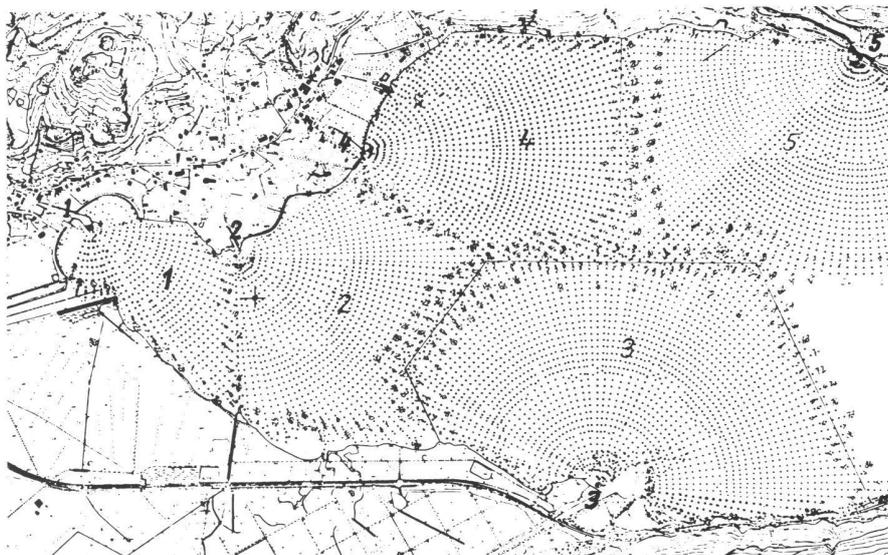


Abb. 4 Aufzeichnung der Punkte des digitalen Geländemodells vom Bord-Plotter in einem Übersichtsplan als Kontrolle der Navigationsanlage. Maximalabstand zwischen den Punkten: 25 m (1-5 = Landstationen und entsprechende Aufnahmesektoren).

Durch geeignete Wahl des maximalen Abstandes zwischen den – radial angeordneten – Messlinien und zwischen den Punkten auf denselben kann die Punktdichte des Geländemodells, und damit der Detailreichtum und die Genauigkeit der daraus interpolierten Höhenkurven, leicht den Spezifikationen angepasst werden. Da die Profile nicht parallel sind, werden abwechselungsweise ganze, halbe und dreiviertel Linien gemessen, so dass sich deren Abstände zwischen dem ganzen und dem halben Sollwert bewegen.

Entlang unregelmässigen Uferlinien, in Häfen und zwischen Bojenfeldern, wo keine geraden Messlinien gefahren werden können, lässt sich das selbe Verfahren, wenn auch weniger automatisiert, anwenden: für jeden digital zu erfassenden Punkt wird am Theodolit das aktuelle Azimut abgelesen und per Funk zum Boot übermittelt, wo es im Rechner eingegeben wird.

Die Vorteile der skizzierten, polaren Messmethode lassen sich wie folgt umschreiben: Mit einer einzigen Landstation lassen sich bei minimalem Personalaufwand und verhältnismässig bescheidenen Investitionskosten grosse Flächen mit entsprechender Genauigkeit topographisch vermessen. Durch die Verbindung von Echolot und Distanzmessung stehen neben den digitalen Daten auch horizontal masstäbliche Echogramme zur Verfügung, welche bei der topographischen Auswertung, aber auch für geologische Untersuchungen usw. sehr nützlich sind. Je nach der gewünschten Punktdichte des Geländemodells lassen sich Tagesleistungen von 50 ha bis 500 ha erzielen, bei einer Schiffsgeschwindigkeit von 10–13 km/h.

2.1 Die Mess-Elektronik ATLAS «SUSY 10»

Die für das Verfahren gewählte Messausrüstung ist das Vermessungs-System «SUSY 10» der Fried. Krupp GmbH Atlas-Elektronik in Bremen (BRD), welches zwar vorwiegend für Profilaufnahmen vorgesehen war, sich jedoch verhältnismässig leicht zu einem integrierten System ausbauen liess. Es umfasst folgende Geräte:

a) Vermessungs- und Digitalisierungsgerät DESO 10 mit EDIG 10

Das speziell für hydrographische Vermessungen konzipierte Echolot DESO 10 arbeitet mit zwei Ultraschall-Frequenzen, welche einzeln oder zusammen eingesetzt werden können: 210 kHz werden von Schlick und Schlamm reflektiert, während 33 kHz diesen ignorieren und erst vom festen Boden reflektiert werden. Es ist somit möglich, im Echogramm die Mächtigkeit der Schlammschicht festzustellen

oder in Rutschgebieten, wo Schlamm und Steine gemischt sind, den Seegrund genau zu loten. Bei beiden beträgt der halbe Öffnungswinkel des Ultraschallkegels ca. 5°, was einem Optimum entspricht. Mit dem 19-Element-Schwinger (SW 6020) scharf gebündelt, durchdringt die Frequenz 33 kHz weichere Ablagerungen (z. B. Seekreide) bis zu Tiefen von ca. 20 m (Abb. 5), so dass die Echogramme für geologische Untersuchungen interpretiert werden können.

Die Genauigkeit der Lotung hängt hauptsächlich von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen im Wasser ab; diese variiert beträchtlich je nach Temperatur, Salzgehalt und Verschmutzung des Wassers. Da die Messung der Schallgeschwindigkeit selbst sehr aufwendig ist, entwickelte R. A. Schlund einen «Testschwinger», bestehend aus einem im Abstand von 1000 mm fest mit einer Metallplatte verbundenen 210-kHz-Schwinger, welcher bis zu einer Tiefe von 50 m unter die Wasseroberfläche herabgelassen werden kann. Durch Verändern der Motordrehzahl am Echolot kann dieses präzise geeicht werden; die entsprechende Schallgeschwindigkeit kann an einem Messinstrument mit einer Genauigkeit von 3‰ abgelesen werden.

Die Geschwindigkeit des Papiervorschubs für das Echogramm wird im DESO 10 in Verbindung mit dem Distanzmesser RALOG 10 automatisch so gesteuert, dass das Echogramm einen festen, zwischen 1:500 und 1:5000 wählbaren Horizontalmassstab aufweist und somit einem masstäblichen Profil entspricht.

Für die automatisierte Tiefenlotung interessieren vor allem die digitalen Werte der Messungen. Im Zusatzgerät EDIG 10 werden diese entweder im Rhythmus von 2 Sekunden oder – in Verbindung mit der Distanzmessung – in Abständen zwischen 1 m und 100 m in Leuchtziffern angezeigt und im BCD-Code für die weitere Verarbeitung zur Verfügung gestellt.

b) Das Entfernungsmess-System RALOG 10/DIRA 10/DAMA 10

Für die polare Lagebestimmung ist die kontinuierliche Distanzmessung zwischen der Landstation und dem Vermessungsboot von ausschlaggebender Bedeutung. Das RALOG erfüllt diese Aufgabe für Distanzen bis zu 5–7 Kilometer, was auch für die Vermessung breiter Seen, wie Bodensee und Genfersee, genügt (Messung bis Seemitte von beiden Ufern aus). Bei steilen Ufern, wie z. B. am Walensee, können Schwierigkeiten durch Reflexionen auftreten; die Messdistanzen müssen dann entsprechend verkürzt werden.

Das nach dem Doppler-Prinzip arbeiten-

de Gerät misst Distanzänderungen; mit dem Eingabe-Gerät DAMA 10 muss deshalb vor Beginn der Messungen eine mit Messband oder Telemeter bestimmte Anfangsdistanz eingegeben werden, so dass trotzdem wahre Distanzen angezeigt werden.

In der Datenkontroll-Einheit DACU 10 werden schliesslich die zusammengehörenden Distanzen- und Tiefenwerte gespeichert und für die weitere Verarbeitung codiert zur Verfügung gestellt. Im System «Explorer» werden sie über den Coupler vom Bord-Computer für die Berechnung der Koordinaten und Höhen der Punkte des digitalen Geländemodells abgefragt.

2.2 Die Rechen-Elektronik

Das Atlas-Vermessungssystem SUSY 10 sieht vor, die Messdaten in Lochstreifen zu speichern für die weitere Bearbeitung in einem stationären Computer. Im System «Explorer» dagegen werden die Messdaten (on line) für die Berechnung der Koordinaten und Höhen der Punkte des digitalen Geländemodells verwendet, wobei die Originaldaten zusätzlich auf einem Kontrollstreifen ebenfalls ausgedruckt werden (Abb. 3).

Als Bord-Computer dient ein Tischrechner Hewlett-Packard 9100 B*, welcher über einen Coupler/Controller (Interface) mit dem DACU 10, einem Plotter HP 9125 B, sowie mit einem FAZIT-Streifenlocher und -Leser verbunden ist. Im Coupler werden die Signale der Atlas-Anlage in den Code des Rechners umgewandelt. Die Kapazität und Rechengeschwindigkeit der HP 9100 B genügen vollauf für die an Bord auszuführenden Berechnungen.

Da zur Steigerung der Genauigkeit der Koordinatenberechnung nach dem polaren Verfahren die effektiven Azimute und nicht das theoretische Soll-Azimut der Messlinie (s. 2.3 Landstation) verwendet werden, musste eine Möglichkeit geschaffen werden, dem Rechner laufend Azimut-Korrekturen auf Abruf zur Verfügung zu stellen. Dies geschieht über ein modifiziertes Eingabegerät (DAMA 10), welches ebenfalls mit dem Coupler verbunden ist.

Die Koordinaten und Höhen der berechneten Punkte werden, zusammen mit einer Identifikation, in Lochstreifen* gespeichert; gleichzeitig werden die Punkte vom Plotter in einem geeigneten Massstab kartiert.

2.3 Die Landstation

Die Azimute der zu fahrenden, radialen Messlinien werden auf der Landstation mit einem Sekundentheodolit WILD T2

* Das System wurde 1971 entwickelt; heute würden Rechner wie HP 9825 oder HP 91 verwendet und die Resultate auf Kassetten gespeichert.

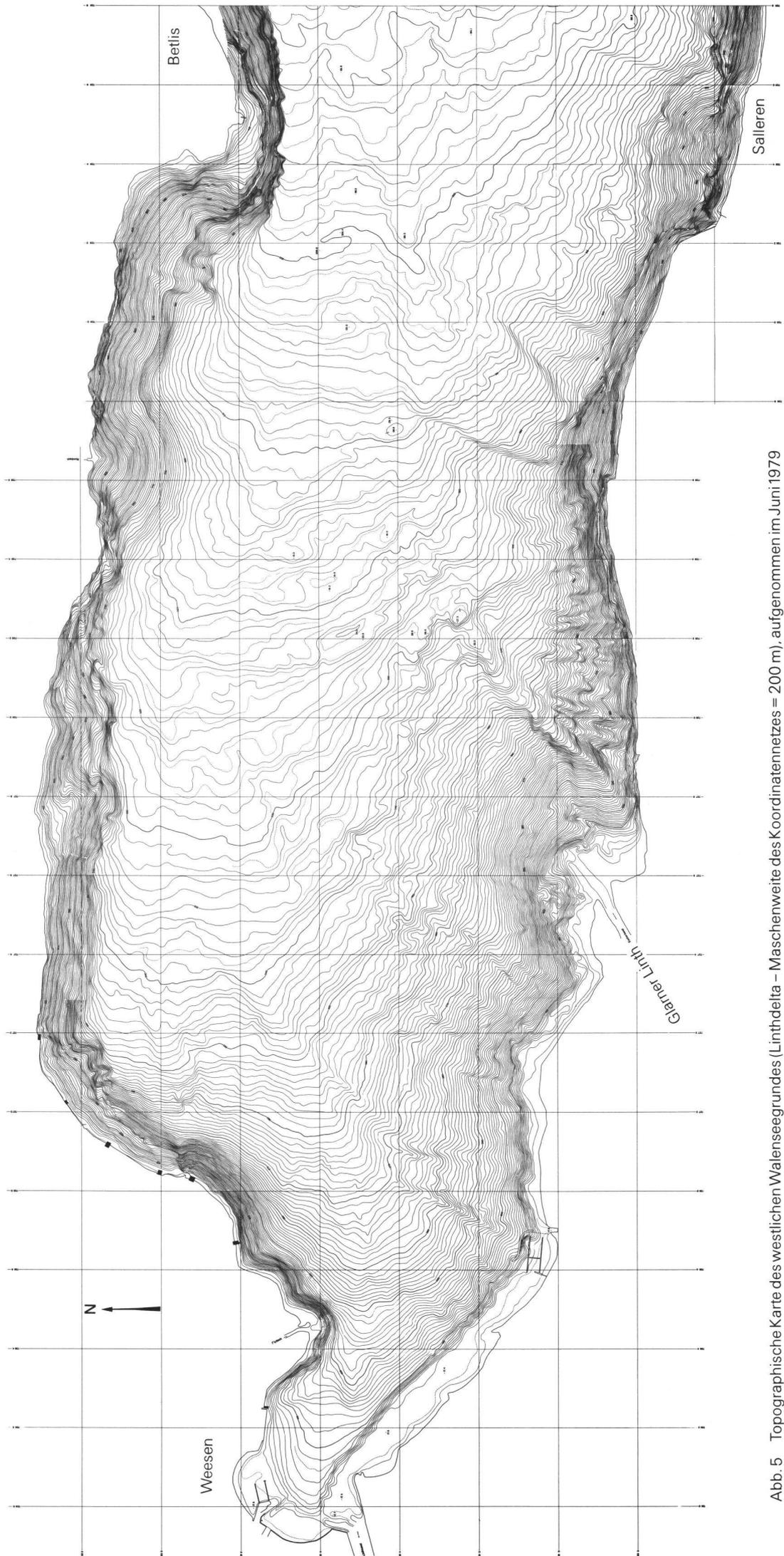


Abb. 5 Topographische Karte des westlichen Walenseegrundes (Linthdelta – Maschenweite des Koordinatennetzes = 200 m), aufgenommen im Juni 1979

eingestellt und durch einen damit fest verbundenen Laser Spectra-Physics 120 T (5 mW) optisch sichtbar gemacht. Eingehende Versuche mit Lichtkeilprojektoren konnten hinsichtlich Genauigkeit des einzuhaltenden Fahrkurses nicht befriedigen. Um ein dauerndes Nachrichten des Lasers in der Höhe zu vermeiden, wurde eine Strahlschwenk-Einrichtung entwickelt, durch welche der Laserstrahl mit einer Frequenz von 6 Hz in einer Vertikalebene auf und ab

bewegt wird. Da der Laserstrahl von einem 25x-Teleskop so gebündelt ist, dass die höchste Intensität einer Gaussschen Lichtverteilung pro Kilometer ca. 10 cm breit ist, entsteht so eine vertikale (Laserebene), entlang welcher das Boot gesteuert werden kann. Besonders bei Wind und Wellengang ist es selbst dem geschicktesten Schiffsführer nicht immer möglich, mit einer Genauigkeit von weniger als rund ± 30 cm dieser Leitebene zu folgen. Es

wurde deshalb im T2 eine spezielle, von 5' zu 5' bezifferte Strichplatte eingebaut, an welcher allfällige Abweichungen vom Soll-Azimuth abgelesen und per Sprechfunk zum Boot übermittelt werden können (Abb. 3).

Um den Operateur der Landstation eine dauernde, aufmerksame Beobachtung auch während längerer Zeit zu erleichtern, wird das Theodolit-Bild über eine kleine TV-Kamera auf einen Monitor übertragen, auf welchem die senkrecht

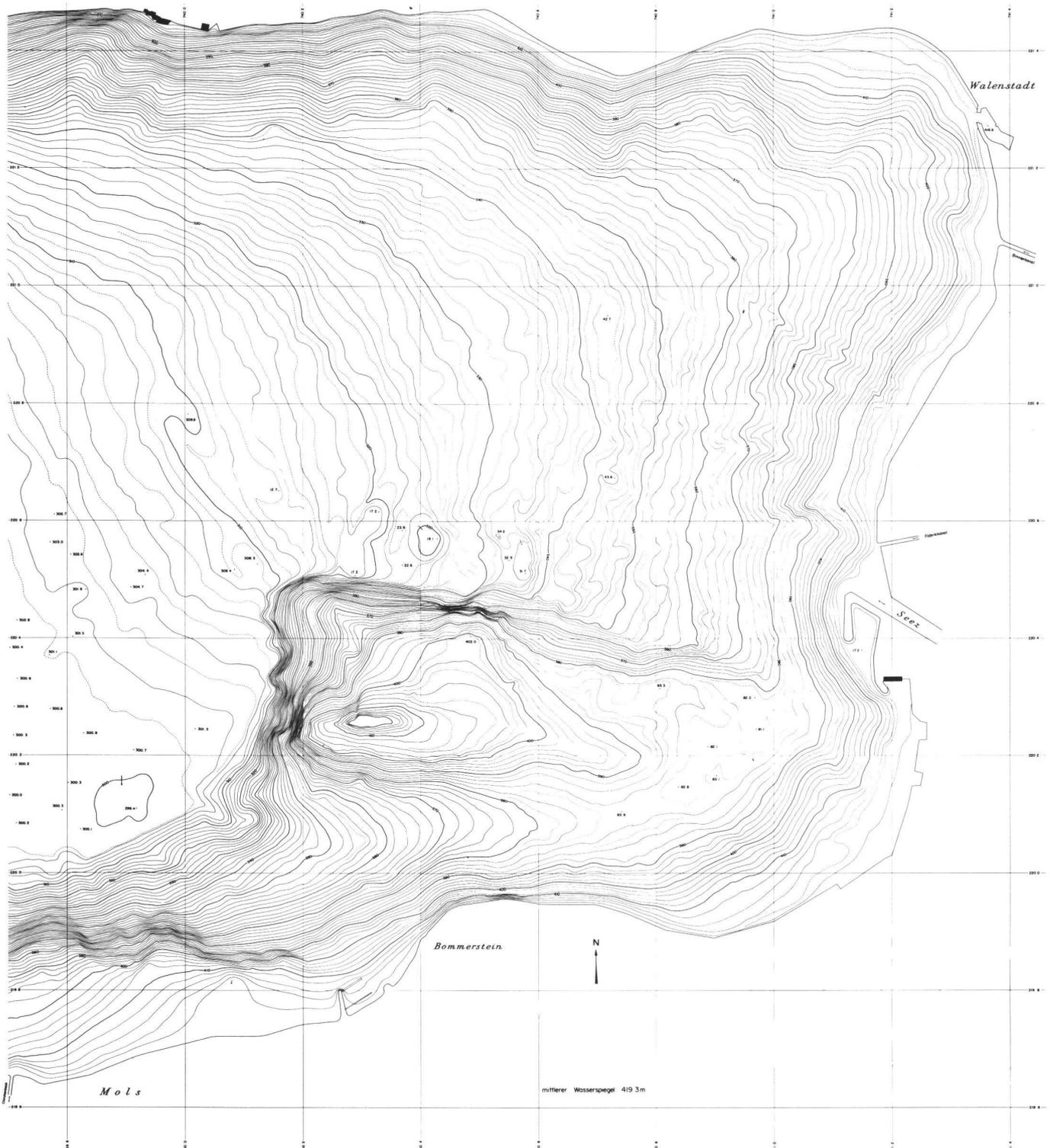


Abb. 6 Topographische Karte des östlichen Walenseegrundes (Seezdelta – 1:10 000), aufgenommen im Juni 1979

te Bord-Antenne als vertikaler (Zeiger) in der Strichplatte erscheint.

Die Stromversorgung von Laser und TV erfolgt durch eine 12V/90Ah-Autobatterie.

Die Relais-Station des RALOG 10, bestehend aus der Antenne sowie dem Stromversorgungs- und Geräteteil, arbeitet mit 12 Ni-Ca-Akkumulatoren. Um bei längerem, täglichem Betrieb Schwierigkeiten mit deren Kapazität auszuschliessen, werden die Akkus über ein von einem Honda-E-300-Viertakt-Benzingenerator 220 V gespeisenes Netzgerät dauernd nachgeladen. Die ganze Ausrüstung der Landstation ist in einem aufblasbaren Igloo-Zelt untergebracht, wodurch nicht nur Beobachter und Instrumente vor Witterungseinflüssen geschützt, sondern auch störende Reflexionen vom TV-Monitor ferngehalten werden.

2.4 Das Microcomputer-System Olivetti P 652

Das für die Weiterverarbeitung des digitalen Geländemodells verwendete Rechensystem Olivetti P 652 umfasst die Zentraleinheit P 652, einen Plattenpeicher DAS 600, zwei ECMA-Kassetten-Einheiten CTU 1000, einen Lochstreifen-Leser LN 20, eine Schreibeinheit Editor 4 ST sowie einen Houston-Plotter E 2000. Die P 652 gehört zwar bereits zur älteren Microcomputergeneration; sie genügt jedoch den Anforderungen voll auf. Das Umsteigen auf neuere Hardware-Systeme würde zudem ein mühsames Anpassen des umfangreichen Software-Pakets bedeuten. Dieses Software-System für die Verarbeitung digitaler Geländemodelle umfasst die Berechnung der Azimute sowie der Anfangs- und Enddistanzen der zu fahrenden Messlinien, die Datenübertragung von Lochstreifen auf ECMA-Magnetband-Kassetten, die Bereinigung und Ergänzung der Messdaten sowie deren Sortierung, die Kontroll-Listen, die Interpolation der Höhenkurven, das Sortieren der Kurvenpunkte entlang den Schichtlinien sowie das mit einer Ausgleichung verbundene, automatische Zeichnen der Höhenkurven, falls gewünscht auch der Messpunkte.

Je nach der gewählten Dichte der Punkte des digitalen Geländemodells (Abb. 4) lassen sich die so erstellten topographischen Pläne ohne weiteres mit dem Detailreichtum und der Genauigkeit photogrammetrisch ausgewerteter Pläne vergleichen (Abb. 5 und 6).

2.5 Genauigkeit

Im Lungernsee, einem Stausee, bestand die seltene Möglichkeit, die hydrographisch vermessenen Höhenkurven mit photogrammetrisch ausgewerteten Schichtlinien zu vergleichen, da rund

ein Jahr alte, während einer maximalen Absenkung des Stauspiegels aufgenommene Luftbilder zur Verfügung standen. Bei einem der Flughöhe über Grund von rund 1700 m entsprechenden mittleren Fehler der photogrammetrischen Höhenkurven von ca. $\pm 0,25$ m wurde eine Standard-Abweichung gegenüber den hydrographisch vermessenen und aus dem digitalen Geländemodell interpolierten Schichtlinien von $\pm 0,3$ m festgestellt. Gemäss Fehlertheorie ergibt sich somit auch für die letzteren ein mittlerer Höhenfehler von ca. $\pm 0,20$ m, bei Wassertiefen von 2 m bis rund 25 m. Ähnliche, den Toleranzen des Übersichtsplans der schweizerischen Grundbuchvermessung entsprechende Genauigkeiten wurden auch bei der Verifikation der Seegrund-Topographie der zürcherischen Seen ermittelt, wobei für die Kontrollmessungen für die Tiefen ein Drahtlot («Stoppani-Winde») eingesetzt und die Lage durch Vorwärtseinschnitte bestimmt wurde.

3. Die neuen Seekarten

Die vorliegenden Aufnahmen des östlichen und westlichen Walenseegrundes (Abb. 5 und 6) bilden gemäss unseren Zielsetzungen in erster Linie eine topographische Grundlage für künftige Vergleichskartierungen in den Deltagebieten von Linth und Seez. Für die Anraierkantone stellen diese Seegrundaufnahmen jedoch zudem wichtige Planungs-, Berechnungs- und Entscheidungsgrundlagen für verschiedene Projekte auf wasserbaulichem oder wasserwirtschaftlichem Gebiet dar (Was-

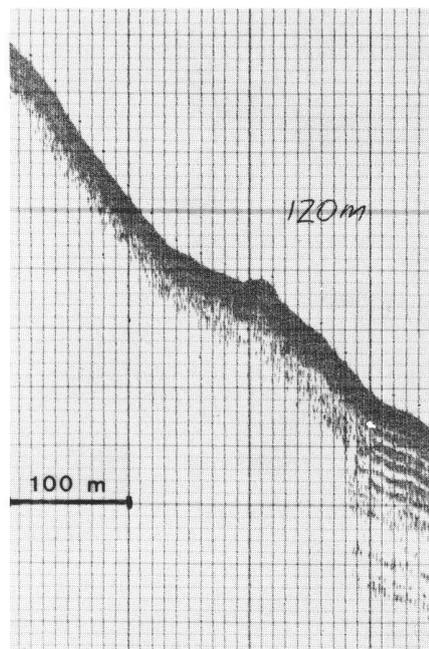


Abb. 7 Echogramm des Überganges vom Delta zur zentralen See-Ebene mit entsprechender zunehmender Eindringtiefe des Schalls im feinkörnigen Sediment.

serfassungen, Wärmepumpen, Pumpspeicherwerke, Seeleitungen, Molen- und Hafengebäude etc.). Die einzige topographische Gesamtkartierung des Walensees stammt nämlich aus dem Jahr 1880; die damals ermittelten Höhenkurven erschienen zunächst im Siegfried-Atlas und wurden bis zur heutigen Ausgabe in die Landeskarte übernommen. Diese Aufnahme ist jedoch – wie ein Vergleich mit unserer Kartierung zeigt – mit grossen Fehlern behaftet.

Mit Hilfe des gleichen Systems ist deshalb gegenwärtig eine topographische Neuaufnahme der verbleibenden Restfläche des Walensees (1685 ha) im Gange. Zusammen mit den Aufzeichnungen des penetrierenden Echolots (Abb. 7) wird diese Aufnahme auch geologisch/sedimentologisch ausgewertet, was neben wissenschaftlichem auch von praktischem Interesse ist. Analog zur geologischen Karte des Zürichsees (Schindler, 1976) werden anhand der Echogramme, der Morphologie sowie bereits vorhandener Sedimentproben (Lambert, 1978) Rutschungs- und Kriechgebiete, Schuttfächer, Felspartien, Felsstürze etc. kartiert. Diese zusätzliche Information wird bei der Projektierung und Ausführung baulicher Massnahmen, wie Hafenanlagen, Schutzmolen, Uferschüttungen, Pfählungen sowie für das Auslegen von Rohr- und Kabelleitungen, zur Verfügung stehen.

Literatur

- Collet, L.W. und Stumpf, W.: 1916. 1. Le charriage des alluvions dans certains cours d'eau de la Suisse. 2. Methode der Deltavermessungen der Abteilung für Wasserwirtschaft. Ann. Schweiz. Landeshydrogr. 2.
- Eidg. Amt für Wasserwirtschaft: 1939. Deltaaufnahmen. Mitteilung 34.
- Lambert, A.: 1978. Eintrag, Transport und Ablagerung von Feststoffen im Walensee. Eclogae geol. Helv. 71/1, 35–52.
- Lambert, A.: 1980a. Das Delta der Linth im Walensee – ein Vergleich der Seegrundaufnahmen von 1931 und 1979. Wasser, Energie, Luft – eau, énergie, air 72, 7/8.
- Lambert, A.: 1980b. Die Entwicklung des Linthdeltas im Walensee zwischen 1931 und 1979. Eclogae geol. Helv. 73/3.
- Lambert, A.: 1982. Estimation of erosion and sediment yield by volume measurements of a lacustrine river delta. Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci., Exeter 1982 (im Druck).
- Schindler, C.: 1976. Eine geologische Karte des Zürichsees und ihre Deutung. Eclogae geol. Helv. 69/1, 125–238.

Adresse der Verfasser:

Dr. Robert A. Schlund,
Vermessungsbüro, Bionstrasse 10,
CH-8006 Zürich

Dr. André Lambert,
Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie
und Glaziologie, ETH-Zentrum,
CH-8092 Zürich