

Hydrographische Vermessungsarbeiten im Freiwasserbereich

Autor(en): **Rose, A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **87 (1989)**

Heft 1: **Lebensraum Bodensee = L'espace vital du lac de Constance**

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-234024>

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.

Partie rédactionnelle

Mit all diesen Auflagen und dem Umstand, dass im Bodenseegebiet um diese Jahreszeit Nebel- oder Hochnebel überwiegen, war von Anfang an klar, dass jeder mögliche Flugtag inklusive die Wochenendtage, genutzt werden musste. Ab Anfang Februar, dem vorgesehenen Zeitpunkt für den Beginn der Befliegung, war man deshalb beim Vermessungsflugdienst immer auf Pikett.

Es dauerte jedoch bis zum 22. März 86, bis ein Teil des Auftrages ausgeführt werden konnte.

4. Der Ablauf eines Bildfluges:

Unabhängig vom aufzunehmenden Gebiet läuft jeder Vermessungsflug nach einem mehr oder weniger festen Schema ab.

Nach dem Einflug ins Aufnahmegebiet überprüft der Kameramann den Dunstgrad und ändert notfalls seine bereits im Büro angenommenen fotografischen Parameter (Film, Filmtyp, Gammawert). Der Pilot bringt das Flugzeug einige Kilometer vor Auslösung der ersten Aufnahme auf den vorgegebenen Kompasskurs und reduziert die Reisegeschwindigkeit auf eine Aufnahmegeschwindigkeit von 200 km/h. Dies ist je nach Flugzeug, Kameraausrüstung und Bildmassstab verschieden. Der Kameramann versucht nun mit Hilfe des Navigationsfernrohres das Flugzeug auf der im Fluglinienplan (beim Bodenseeflug Karte 1:25 000) eingezeichneten Aufnahmeachse zu halten und gibt dem Piloten entsprechende Kurskorrekturen. Am Anfang des zu fotografierenden Gebietes löst er die erste Aufnahme aus. Die nachfolgenden Reihenaufnahmen werden als

Funktion des gewählten Überdeckungsverhältnisses und der im Fernrohr eingestellten Wanderliniengeschwindigkeit automatisch ausgelöst. Am Ende der Linie stoppt der Kameramann die Aufnahmeserie, und der Pilot fliegt die nächste Linie an. In vielen Fällen wird der Bildflug zum Wettlauf mit der Zeit, denn mit zunehmender Sonneneinstrahlung steigt die Gefahr der Quellwolkenbildung. Dies führt dann leider meistens zum vorzeitigen Abbruch der Befliegung.

Ein gutes Verständnis zwischen Pilot und Kameramann einerseits und eine grosse Routine andererseits tragen bei dieser Arbeit entscheidend zum guten Gelingen bei.

5. Neue Möglichkeiten:

Seit Anfang 1988 ist der Vermessungsflugdienst der Eidg. Vermessungsdirektion mit zwei neuen Luftbildkamern RC-20 ausgerüstet. Diese Aufnahmekammern verfügen über eine Bildwanderungskompensation (FMC, Forward Motion Compensation). Vor allem bei grossen und mittleren Bildmassstäben ist es nun möglich, Filme mit geringerer Empfindlichkeit und hoher Auflösung oder auch Farb- und Falschfarbenfilme problemlos einzusetzen. Die Möglichkeit, Farbfilme auch bei extrem niederem Sonnenstand zu verwenden, ist hier von besonderer Bedeutung!

Da auf den Wasserstand Rücksicht genommen werden muss, kann die Befliegung nur im Winter durchgeführt werden. Bei dem um diese Jahreszeit extrem niederen Sonnenstand ist der flächenmässige Anteil der Schatten im Bild relativ hoch. Eine gute Durchzeichnung der

Schatten ist daher von grösster Bedeutung.

Bekanntlich ist die Schattendurchzeichnung beim Farbfilm erheblich besser als beim Schwarzweissfilm. Das trifft besonders auf «offene» bzw. grosse Schattenpartien zu, die auch auf ebenem Gebiet bei niederem Sonnenstand auftreten. Es handelt sich dabei um Schlagschatten von Bäumen, Häusern, Uferbefestigungen usw. Der Farbfilm nutzt die hauptsächlich durch das Himmelslicht erzeugte Schattenbeleuchtung besser aus, weil hier durch Filterung kein Lichtanteil verloren geht. Ausserdem ist der Bildkontrast im Schatten höher als beim Schwarzweissfilm, weil beim letzteren die Schatten in den ungünstigen Teil der Gradationskurve fallen.

Aus diesem Grund wird für die Erfassung der noch verbleibenden Flachwassergebiete auf unsere Empfehlung hin der Farbfilm Kodak Aerochrom MS 2448 eingesetzt. Da auf die Sonnenhöhe keine spezielle Rücksicht mehr genommen werden muss, verlängert sich der Zeitraum für eine mögliche Befliegung um etwa zwei Monate!

Literatur:

Bock F.: Eine neue Objektivgeneration für das Luftbildaufnahmesystem Wild Aviophot. III. Testflüge und Aufnahmetechnik, Wild Heerbrugg AG, 1983.

Adresse des Verfassers:

Rolf Hübscher, Ing. HTL
Vermessungsflugdienst V + D
Militärflugplatz
CH-8600 Dübendorf

Hydrographische Vermessungsarbeiten im Freiwasserbereich

A. Rose

Es wird ein kurzer Überblick über die praktischen Arbeiten während der Vermessung der Freiwasserzone des Bodensees gegeben und dabei auf die Messanordnung, die Geräte und Auswertverfahren sowie auf die erreichte Genauigkeit eingegangen.

Un court aperçu sera donné sur les travaux pratiqués durant la mensuration de la zone des eaux libres du lac de Constance principalement sur les dispositions concernant les mesures, sur les instruments et les méthodes d'interprétation des résultats ainsi que sur la précision obtenue.

1. Einleitung

Anlass und Umfang der Bodenseevermessung werden in diesem Heft durch andere Autoren [Schärf/Braun] ausführlich geschildert. Dieser Bericht soll aus dem Blickwinkel der Ausführenden einen kurzen Überblick über die praktischen Arbeiten während der Vermessung der Freiwasserzone geben, wobei auf die Anlage der Vermessung, die Rahmenbedingungen und die örtlichen Arbeiten näher eingegangen wird. Bezüglich der theoretischen und rechnerischen Grundlagen sei auf die angeführte Literatur verwiesen.

¹ Diese wurden im Herbst 1986 und im Sommer 1987 befahren; es handelt sich im wesentlichen um Blöcke im Bereich der alten Rheinmündung sowie um ein Gebiet vor Überlingen, die mit einem Profilabstand von 40 m verdichtet wurden.

2. Beschreibung der hydrographischen Vermessungsarbeiten

2.1 Messanordnung und Anforderung an die Durchführung

Die jahreszeitlichen Schwankungen des Seewasserspiegels um etwa 2 m ermöglichen bei passender Abstimmung die nahtlose Zusammenführung der hydrographischen mit der photogrammetrischen Vermessung. Der Niedrigwasserstand bezogen auf den Konstanzer Pegel liegt im Winter etwa bei 2,5 m; in den Sommermonaten steigt das Wasser infolge der Schneeschmelze auf etwa 4,5 m. Aus diesen Eckdaten ergab sich die Forderung an die hydrographische Vermessung, das gesamte Bodenseerelief unterhalb des Niedrigwasserstandes zu erfassen. Da zur sicheren Führung des Vermessungsschiffes 2 m Wassertiefe benötigt werden, konnte die Vermessung der Uferbereiche nur während der sommerlichen Hochwasserspitze durchgeführt werden. Der benötigte Pegelstand von 4,5 m wird aber durchschnittlich nur an 25 Tagen/Jahr überschritten, weshalb die Messung von Anfang an unter starkem Zeitdruck stand. Der Seeboden sollte mit Querprofilen erfasst werden, deren Richtung und Abstand vom Auftraggeber vorgegeben wurde. (vgl. [Schärf/Braun]). An den Seeenden sowie in der Rheindurchfahrt bei Konstanz wurde die Profilrichtung der Topographie und der Gefällrichtung angepasst, um eine möglichst vollständige Erfassung sicherzustellen. Darüber hinaus war beabsichtigt, in ausgewählten Gebieten Verdichtungsprofile¹ zu messen. Der Gesamtumfang der Messung wurde mit etwa 3000 Profilkilometern abgeschätzt. Die Genauigkeit der Messung sollte dem heutigen Stand der Technik entsprechen: für die Tiefenmessung war die Verwendung eines modernen 2-Frequenz Echolots mit Digitalausgang vorgeschrieben, um neben der reinen Tiefe auch Informationen über die Beschaffenheit des Seebodens zu erhalten. Der mittlere Fehler der Koordinatenbestimmung war auf 2 m limitiert, weshalb in Anbetracht der Ausdehnung des Sees nur Radionavigationssysteme verwendet werden konnten.

2.2 Vorbereitung der Vermessung

Aufgrund der Anforderungen sollte für die dynamische Lagebestimmung des Schiffes ein Funknavigationssystem vom Typ Motorola MiniRanger III eingesetzt werden. Das System arbeitet im Radarfrequenzbereich und leitet den Schiffsort aus Streckenmessungen zu an Land aufgestellten Empfangsstationen (Transponder) ab. Das System hat eine Reichweite von bis zu 70 km, benötigt jedoch «quasioptische» Sichtverbindung zu den Transponderpunkten. Deshalb war eine sorgfältige



Abb. 1: Messschiff Amphi I

Vorplanung und Vorbereitung nötig, um eine günstige Messgeometrie und die lückenlose Erfassung auch der Buchten zu gewährleisten; entlang der Uferlinie wurden insgesamt 112 Transponderpunkte erkundet und vom Auftraggeber eingemessen. Als Kriterien für die Eignung galten zunächst gute Sichtbarkeit vom See aus, weiterhin die Verfügbarkeit von Netzstrom und die Sicherheit und Zugänglichkeit der Punkte. Besonders gut geeignet waren die am Seeufer verteilten 99 Sturmwarnfeuer, da diese an besonders gut sichtbaren Stellen angebracht sind und dort in der Regel auch Netzstrom zur Verfügung steht. Darüber hinaus galt es, wegen der speziellen Rechtslage des Bodensees als internationales Gewässer eine Fülle von behördlichen Genehmigungen bei den Anrainern zu beschaffen. Diese reichten von zoll- und fernmelderechtlichen Genehmigungen bis hin zu Erlaubnissen zur Führung von Vorrangflaggen und zum Betreten der Naturschutzgebiete. Weiterhin waren die Messschiffe von der Nordseeküste zum Bodensee zu transportieren und dort nach den Bestimmungen der Bodenseeschiffahrtsordnung umzubauen und zuzulassen.

2.3 Beschreibung des Gerätesystems

Als Basisträger wurde das Vermessungsschiff Amphi I verwendet, ein speziell für

Vermessungszwecke ausgerüstetes Schiff von 11,5 m Länge, einem Tiefgang von 1,5 m und einer Verdrängung von 10 to. Es hat im Unterwasserschiff drei Echolot-Schwinger für Krupp Atlas DESO 20 fest eingebaut und ist mit speziellen Einrichtungen für den Einsatz des Radionavigationssystems und des Bordrechners versehen. Weiterhin wurde das kleinere Vermessungsboot Amphi II eingesetzt, das mit einem Tiefgang von 0,4 m Peilungen bis in 0,8 m Wassertiefe ermöglicht und in den Flachwasserbereichen verwendet werden musste.

Wie bereits erwähnt, wurde für die dynamische Lagebestimmung der Messschiffe das Funkortungssystem MiniRanger III benutzt. Das System bestimmt die Strecken zu den Transpondern nach dem Prinzip der Laufzeitmessung und weist dabei eine typische Streckengenauigkeit von 2 m auf; die Reichweite ist vom Antennentyp abhängig und betrug bei den hier verwendeten Rundumantennen etwa 18 km. An Bord wurden simultan zwei senkrecht übereinander angebrachte Sender/Empfänger (R/T's) verwendet, um durch Reflexionen und Interferenzen hervorgerufene Empfangslücken («range-holes») überbrücken zu können.

Für die Messungen standen sieben Landstationen zur Verfügung, um die für das

Partie rédactionnelle

Messgebiet jeweils günstigste geometrische Kombination benutzen zu können. Bei der Messung wurden je vier dieser Stationen ausgewählt, um den Schiffsort im Wege einer strengen Ausgleichung zu bestimmen.

Für die Tiefenmessung wurde das Vermessungsecholot Krupp-Atlas DESO 20 benutzt, ausgerüstet mit zwei 33 kHz- und einem 210 kHz-Schwinger. Das Signal des 210 kHz Schwingers wird bereits an der Oberfläche von Schlammsschichten reflektiert, wohingegen das 33 kHz Signal bis auf den festen Grund vordringt. Das Desogramm gibt somit Aufschluss über die Beschaffenheit des Seebodens. Die Schwin- ger befinden sich 0,6 m unterhalb der Wasserlinie senkrecht unter dem Antennenmast des Ortungssystems. Für den Einsatz mit dem kleinen Vermessungsboot Amphi II wurde ein mobiler Schwingersatz mit gleichen Schwingern eingesetzt.

Zentralstück des Systems ist ein speziell zur Messwerterfassung ausgerüsteter Rechner HP-85. Die zur Datenerfassung und Auswertung benötigte Software wurde speziell den Zwecken der Bodenseevermessung angepasst. Der Rechner steuert das Echolot und den MiniRanger, übernimmt die Messdaten, unterwirft sie einer Kontrolle auf grobe Fehler und bestimmt sodann im Wege einer strengen Ausgleichung den Schiffsort. Die dabei anfallenden mittleren Fehler ermöglichen eine permanente Kontrolle des Kalibrierungszustandes des Systems.

Angesichts einer Seebreite von bis zu 14 km stellt die präzise Führung des Schiffes auf dem vorgegebenen Profil ein besonderes Problem dar. Im Gesichtsfeld des Schiffsführers wurde daher ein zusätzlicher Monitor installiert, auf dem die aktuellen Kursdaten in Form von relativen Abweichungen zum Sollprofil graphisch und digital angezeigt werden. Zusätzlich erhält der Schiffsführer Informationen über Wassertiefe, Streckenmessgenauigkeiten und den Status der Landstationen.

2.4 Durchführung der Messung

Die Aufnahme der Profile erfolgte in drei Abschnitten. Abhängig vom Wasserstand am Bodensee wurde zunächst bei Pegel Konstanz 4,5 m mit Amphi I der östliche Teil des Bodensees vermessen. Da der Wasserstand wegen der langen Schönwetterperiode sehr rasch unter die 4,5 m Linie sank, konnte Amphi I im Uferbereich nach kurzer Zeit nicht mehr eingesetzt werden. Die Geräte wurden daher auf Amphi II umgerüstet, was es ermöglichte, die restlichen Uferbereiche und den Untersee trotz des auf 3,5 m gefallenen Wasserstandes lückenlos zu erfassen. Der Tiefwasserbereich wurde dabei zunächst ausgespart und später mit Amphi I nachgemessen.

Zur Reduktion der Messwerte auf NN waren permanente Pegelbeobachtungen nö-

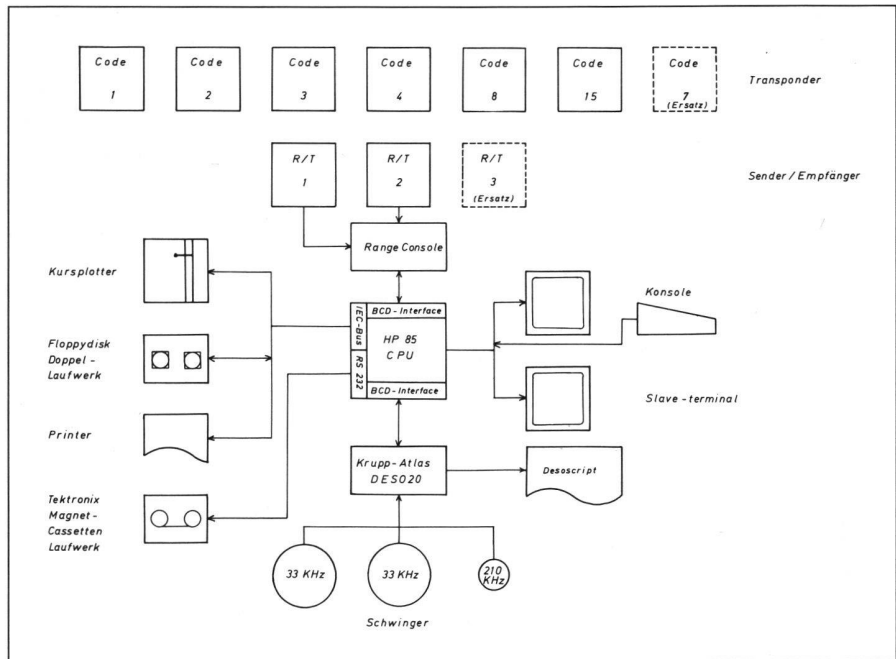


Abb. 2: Konfiguration der Messgeräte

tig. Am Bodensee existiert eine Reihe von Schreibpegeln, die von den jeweiligen Wasserbehörden betrieben werden und auf deren Aufzeichnungen zurückgegriffen werden konnte. Ein Vergleich der Pegelbögen zeigte hinreichend gute Übereinstimmung der Seehöhen, so dass auf die Bestimmung von Seeschiefen oder Seiches verzichtet werden konnte. Lediglich im Bereich des Seerheins war es nötig, Korrekturen aufgrund des Seegefälles anzubringen. Dazu wurde zwischen Konstanz und Stein ein Nivellement durchgeführt und die Seehöhe an einer Reihe von ausgewählten Punkten bestimmt, so dass lokale Korrekturen der Pegelstände erfolgen konnten.

Um die geforderten Genauigkeiten für Lage und Tiefe zu erreichen, war es nötig, die Messsysteme beständig zu kontrollieren und zu eichen.

Der MiniRanger wurde zu Beginn der Messungen kalibriert und nach Umbau auf Amphi II nochmals kontrolliert. Tägliche Kontrollen² waren nicht nötig, da durch die Berechnung der Positionen mit Hilfe einer Ausgleichung auch die Streckenverbesserungen und der mittlere Fehler mit anfielen. Diese gaben beständig Auskunft über die Güte der Kalibrierung. Der verlangte mittlere Fehler wurde dabei deutlich unterschritten. Darüber hinaus besteht aufgrund der überbestimmten Messung auch die Möglichkeit, die Kalibrierungsdaten nachträglich rechnerisch zu bestimmen; diese Berechnung wurde ausgeführt, ergab aber jedoch keine signifikante Änderung der Geräteeichung.

Erheblich aufwendiger gestaltet sich die permanente Eichung und Kontrolle der Tiefenmessung.

Die innere Genauigkeit von Echoloten ist recht hoch und wird vom Hersteller für den hier interessierenden Messbereich als Summe folgender Fehler angegeben:

Messgenauigkeit: 0,12% der Tiefe

Auflösung:

9,5 cm (33 kHz) bzw. 1,5 cm (210 kHz)

Digitalisierfehler: 1 Digit

Beim Einsatz von Echoloten handelt es sich jedoch weniger um die Bestimmung von Gerätekonstanten als um die Erfassung der Messumgebung. Echolote leiten die Wassertiefe aus der Laufzeit eines Ultraschallimpulses ab; die präzise Bestimmung der Wasserschallgeschwindigkeit ist daher von entscheidender Bedeutung für die Genauigkeit der Tiefenmessung. Als wirtschaftlich letztlich einzig praktikable Lösung bot sich im vorliegenden Fall eine Kombination von Eichschwinger- und Temperaturmessungen an: die Wasserschallgeschwindigkeit wurde mit Hilfe eines Eichschwingers in 25 m Tiefe bestimmt, wodurch eine implizite Messung der Wasserparameter erfolgte; daneben wurden an mehreren Stellen mit Hilfe eines Digitalthermometers kontinuierliche Temperaturprofile bis in 50 m Tiefe gemessen.

Die Temperaturmessungen wurden dazu benutzt, die Wasserschallgeschwindigkeit im Messgebiet entsprechend der o.g. Formeln zu korrigieren und als Funktion der Tiefe anzugeben. Durch Integration der Geschwindigkeit ergeben sich dann Laufzeiten, die in wahre Tiefen umgerechnet werden können und so die Ableitung von Korrekturtabellen gestatten. Die systematischen Fehler der Tiefenmessung können mit dieser Methode so weit wie möglich eliminiert werden.

Eine Abschätzung des zu erwartenden Fehlers, bei der die erwähnten Temperaturprofile und die Varianzen der Temperaturen in verschiedenen Tiefen verwendet wurden, ergab für 100 m Wassertiefe einen mittleren Fehler von 45 cm. Diese Angabe konnte bei Auswertung der Kontrollprofile durch den Vergleich von Doppelmessungen bestätigt werden.

3. Auswertung und Aufbereitung der Messdaten

3.1 Streckenmessung

Von besonderem Interesse mag sein, dass während der Messung sporadisch Streckenmessfehler und andere Ausfälle der Entfernungsmessung auftraten, deren Ursache z.T. in Abschattungen oder Verdeckungen der Transponder liegt, im wesentlichen aber durch Reflektionen des Sendesignals an der Seeoberfläche verursacht werden. Hieraus resultieren Phasenspiegelungen und Mehrfachsignale, die grobe Fehler im Bereich von Metern bis hin zu Kilometern verursachen können. Da deren Suche und Korrektur die an Bord gegebenen Möglichkeiten überfordert hätte, wurde die endgültige Bestimmung der Schiffskoordinaten einer häuslichen Bearbeitung vorbehalten. Angesichts der Datenmenge (~ 1,8 Mio. Strecken) kam dafür nur ein vollautomatisches Verfahren in Frage, das für die spezielle Problematik entwickelt wurde. Es arbeitet im wesentlichen mit den bekannten Verfahren zur Filterung von Zeitreihen, die durch Informationen über den Schiffsweg und die Eigenschaften der Schiffsbewegung unterstützt werden.

Da das angesprochene Fehlverhalten in dieser Form erstmalig am Bodensee beobachtet wurde und somit keine unmittelbaren Erfahrungen vorlagen, waren die benötigten Programme anzupassen und zum Teil neu zu schreiben. Insbesondere die Algorithmen zur Fehlersuche waren vollständig neu zu entwickeln und zu testen; ein besonders aufwendiger Teil der Arbeit entfiel auf die Abstimmung der Testschranken und Filterparameter.

3.2 Tiefenmessung

Die Tiefenmessungen waren zunächst auf grobe Fehler zu untersuchen und gegebenenfalls zu korrigieren. Daneben waren die angesprochenen Temperaturkorrekturen anzubringen; insbesondere galt es jedoch, den Einfluss des Hangneigungsfehlers zu kompensieren.

Wie bereits kurz angesprochen, waren auch die Tiefenmessungen auf grobe Fehler hin zu untersuchen und zu korrigieren. Hier zeigte sich, dass die Echolotungen bei richtigem Einsatz der Möglichkeiten des DESO 20 sehr zuverlässig sind; lediglich in Problembereichen, z.B. bei abrupten Steilabfällen oder in Seegrassgebieten zeigten sich sporadisch Messfehler, die, soweit möglich, mit Hilfe der Messung in der anderen Frequenz korrigiert wurde. In der Summe wurden etwa 450 000 Peilungen bearbeitet. Wegen der grossen Datenmenge war eine manuelle Kontrolle und Überprüfung der Einzelmessungen nicht möglich, weshalb im wesentlichen Kontrollzeichnungen verwendet wurden, um die Plausibilität der Koordinaten und Tiefen festzustellen. Angesichts der Stetigkeit der Schiffsbewegungen und des Geländes ist so eine durchgreifende Kontrolle möglich, die durch zusätzliche Auswertung der Kontrollprofile noch unterstützt wurde.

4. Abschlussbemerkung

Gleichwertig neben der Lösung der technisch-wissenschaftlichen Fragestellungen stand am Bodensee sicherlich die Bewältigung der administrativen Probleme. Eingeengt durch die vorgegebenen saisonalen Daten war ein äusserst kurzer Zeitraum für die Organisation und Ausführung aller Aufgaben vorgegeben. Der Verlauf der Hochwasserwelle unterschied sich erheblich von seinem langjährigen Mittel und erreichte sein Jahresmaximum schon vier bis fünf Wochen vor dem zu erwartenden Termin; trotz aller Anstrengungen konnte die erste Messfahrt erst am 11. Juni unternommen werden, wodurch die Ausnutzung des ansteigenden Teils der Pegelkurve unmöglich wurde. Danach fiel der Wasserstand infolge der langen Trockenperiode sehr rasch ab, was den Einsatz von Amphi II und eine völlige Umstrukturierung des Ablaufplans nötig machte. Die vorgezogene Messung der Uferbereiche verlängerte die Messung um etwa drei Wochen, da fast im gesamten Obersee die Transponderpunkte doppelt aufgebaut werden mussten.

Unerwartete Schwierigkeiten ergaben sich weiterhin durch das Auftreten grösserer Seegrassgebiete, die nicht nur die Messung, sondern auch das Befahren unmöglich machten. Diese Gebiete mussten zunächst ausgespart und nach Rückgang des Seegrasses nachgemessen werden, was eine erneute Beeinträchtigung des Ablaufplanes mit sich brachte.

Sowohl der Land- als auch der Schiffsverkehr war wegen des sommerlich schönen Wetters in den Ferienmonaten sehr stark und behinderte die Messungen und die dazugehörige Logistik z.T. erheblich. Insbesondere die Streckenmessung wurde durch die Dichte des Schiffsverkehrs und

dadurch verursachte Abschattungen deutlich beeinflusst.

Trotz aller Schwierigkeiten konnten die örtlichen Arbeiten Ende September 1986 abgeschlossen werden. Einschliesslich der ersten Verdichtungsmessungen hat die Messung einen Umfang von etwa 3300 Profilkilometern mit rund 450 000 Tiefenmessungen und einigen tausend Temperaturmessungen. Die Dichte liegt damit bei etwa 8300 Peilungen/km² oder beim 400fachen Wert der Messung von 1893. Das glückliche Ende der Messkampagne ist nicht zuletzt der Hilfe und Unterstützung der beteiligten Behörden und Institutionen zu verdanken, denen an dieser Stelle ausdrücklich gedankt werden soll. Dank gebührt jedoch nicht zuletzt den Mitarbeitern, denen es gelang, die auftretenden Schwierigkeiten mit beispiellosem Einsatz zu meistern, und die sich auch durch Rückschläge nicht entmutigen liessen.

Literatur:

Schärpf/Braun: Tiefenvermessung Bodensee – Gesamtprojekt. VPK 1/89.

Heyne, K.-H.: Über die Genauigkeit von Echolotmessungen. Vermessungstechnik, 1982.

Hollan, E.: Strömungen im Bodensee, Wasserwirtschaft, 1984.

Kuntz, E., Egle, F.: Hydrographische Vermessung von Binnengewässern mit dem Echolot, Allgemeine Vermessungsnachrichten, 1985.

Lehn, H.: Isothermenschwankungen im Bodensee. Umschau in Wissenschaft und Technik, 1965.

Meiswinkel, H.G.: Zur Genauigkeit der Tiefenmessung mit dem Echolot. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 1983.

Adresse des Verfassers:

Dr.-Ing. Andreas Rose
Geodata-Service
Königsbergerstrasse 22
D-5960 Olpe

² Im wesentlichen die Bestimmung der gerädetypischen Additionskonstanten der Transponder und Sender/Empfänger.