

„Tiefenschärfe“ – ein Projekt zur hochauflösenden Vermessung des Bodensees

Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) hat mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Union (aus dem Interreg-IV-Programm) zwischen 2012 und 2015 den Bodensee neu vermessen lassen. Meine Aufgabe war die Planung, Antragstellung und Projektleitung der Vermessung. In diesem Beitrag möchte ich zeigen, warum eine aufwändige Seebodenvermessung für den Gewässerschutz wichtig ist, wie das gemacht wird und welche Ergebnisse dabei herauskommen. Einige Beispiele dafür kommen aus der Konstanzer Umgebung.

Warum Seebodenvermessung?

Der Bodensee und seine Ufer sind enorm attraktiv und viel genutzt. Einige wenige Beispiele sind die Freizeitnutzung, die Fischerei, die Seeufer als heiß begehrte Wohngegend, die Flachwasserzone als Fundstelle für archäologisches Kulturgut (die Pfahlbauten), die Nutzung als Trinkwasserreservoir und natürlich die Attraktivität des See als landschaftlich und ökologisch sehr wertvolles Gebiet. Diese vielen Ansprüche an den See liefern einige Gelegenheiten für Auseinandersetzungen. Um sie besser beurteilen zu können, muss man den See möglichst gut verstehen. Dazu gehören die chemische Wasserqualität und die Ökologie (siehe die Diskussion um Nährstoffe und Fischerträge), aber auch die Kenntnis des Seebodens. Wichtige Gründe für eine hochauflösende Seenvermessung lassen sich unter folgenden Stichworten zusammenfassen.

Grundlagendaten: Eine genaue Bodentopographie ist die Grundlage für eine Vielzahl wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Fragestellungen und somit von hohem Nutzen für einen langfristig vorsorgenden Gewässerschutz. Neben den großen Veränderungen bei der Nährstoffsituation gibt es z.B. langfristige Trends bei Wasserständen, die von Klimaänderungen überlagert werden. Beide Prozesse haben direkte Auswirkungen in der Flachwasserzone (z.B. die Lage der Schilffronten, das Wachstum der Unterwasservegetation), und beeinflussen wiederum die Erosion und Anlandung.

Uferplanungen: In den vergangenen Jahren wurden ca. 36 km Ufer mit einem Aufwand von mind. 11,8 Mio. € (Stand 2008) renaturiert und auch künftig wird es entsprechende Aktivitäten geben. Mit einer besseren Kenntnis der flächenhaften Geländebeschaffenheit können künftige Planungen besser in die großräumige Ufersituation integriert werden.
Dokumentation: Eine Vermessung mit modernen Messgerä-

ten dokumentiert den aktuellen Zustand der Flachwasserzone, liefert eine präzise Definition der Lage von Uferböschung, Uferlinie, Uferlänge, Haldenkante und 25 m Linie. Diese Angaben haben zum Teil rechtliche Bedeutung, zum Beispiel für die Fischerei oder das Baurecht.

Rechenmodelle: Zur Lösung vieler Fragestellungen in der Flachwasserzone und im tiefen Wasser gibt es komplexe Rechenmodelle. Deren Ergebnisse hängen wesentlich von der Qualität der Eingangsdaten ab. Beispiele sind die Einschichtung von natürlichen und thermisch veränderten Flusswasserkörpern, das Einleiten von Abwässern, Entnahmen von Kühlwasser, Gefährdungsabschätzungen bei Unglücken im See oder an Trinkwasserentnahmen.

Wissenschaftliche Fragestellungen: Für eine Reihe von angewandten wissenschaftlichen Fragestellungen, etwa die Bewertung der Stabilität von Hängen, die Bedeutung von Methanemissionen aus Seen, das Erkennen tieferer tektonischer Linien an der Seebodenoberfläche und deren Bedeutung für die Beurteilung rezenter tektonischer Vorgänge sind hochauflösende Geländemodelle aus der Seenvermessung von zentraler Wichtigkeit.

Wie funktioniert eine Seebodenvermessung heute?

Ende des 19. Jahrhunderts wurde erstmals der gesamte Bodensee im Auftrag der damaligen Uferstaaten Schweiz, Österreich, Bayern, Schwaben und Baden vermessen, schon damals ein Beispiel für die gute Internationale Zusammenarbeit rund um den See. Eberhard Graf Zeppelin (der Bruder des Luftschiffbauers), bzw. der damals beauftragte Vermesser aus der Schweiz beschrieb den Seeboden mit 11.147 schweißtreibenden Handlotungen seiner Mannschaft und verwendete den in Abb. 1 gezeigten „Sondir-Apparat“.

Danach wurden der See im Jahr 1990 von der IGKB neu vermessen. Eine Vielzahl von Profilen mit einem maximalen Abstand von 200 m wurde mit einem Echolot aufgenommen und auf dem Computer gespeichert. Daraus wurde ein für damalige Verhältnisse sehr gutes Geländemodell aus insgesamt 900.000 Messwerten für den gesamten Bodensee berechnet. Heute kommen deutlich aufwändigere und höher auflösende Systeme zum Einsatz. Das nun eingesetzte „Fächerecholot“ der Universität Bern sorgte für eine flächenhafte Erfassung des Seebodens in Wassertiefen ab 5m. Dabei werden mit einem Signal bis zu 400 Tiefenwerte erfasst, im flachen Wasser geschieht das bis zu 30 mal pro Sek..

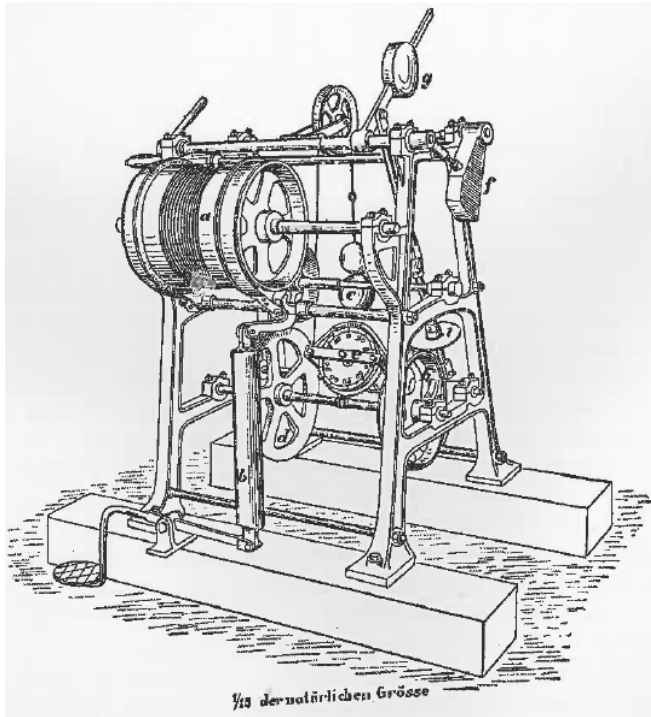


Abb. 1: Der „Sondir-Apparat“ der Vermessung aus dem 19. Jhd. Mit einem 0,8 mm dicken Stahldraht wurden insgesamt 11.147 Lotungen vom Ingenieur Hörnlimann und seiner Mannschaft durchgeführt. Das fertige Produkt war die von Graf Eberhard von Zeppelin veröffentlichte Bodensee-Karte von 1893.

Jede Tiefeninformation muss mit hochgenauen Positionen und präzisen Messwerten zur Lage des Schiffes verrechnet werden. Um den Seeboden flächendeckend zu erfassen, legte das Forschungsschiff „Kormoran“ des Langenargener Institutes für Seenforschung im Zweischichtbetrieb annähernd 6.000 km Fahrtstrecke auf dem See zurück. Insgesamt mussten über 7.000.000.000 Tiefenwerte aufwendig analysiert und verarbeitet werden. Der Seeboden vor Langenargen dient als Beispiel für den enormen Fortschritt der Echolottechnik zwischen 1990 und heute. In etwa 190 m Wassertiefe erkennt man eine rinnenartige Struktur, die von „Unterwasserlawinen“ des Alpenrheins verursacht wurde. Es ist, als ob man als stark Kurzsichtiger eine Brille aufsetzt und einen zuvor ungekannten Detailreichtum wahrnimmt (Abb. 2).

In einem zweiten Schritt wurde die Ufer- und Flachwasserzone des Sees vom Flugzeug aus vermessen. Bei dieser Technik wird ein „Laserscanner“ verwendet, dessen grüner Laserstrahl einige Meter in das Wasser eindringt. Aus den reflektierten Signalen lassen sich die Wassertiefe oder auch die Lage von Bauwerken sowie Wuchshöhen der Vegetation ableiten. In jeder Sekunde werden von diesem System bis zu 500.000 Messwerte erzeugt, an mehreren Flugtagen wurden insgesamt etwa 12.000.000.000 Messwerte gewonnen, die wie beim Fächerecholot mit der Position und Lage des Flugzeuges verrechnet werden mussten. Das besondere an

diesem Messverfahren ist, dass es erstmals möglich ist, einen kontinuierlichen, hochauflösenden Datensatz vom Land bis in das Flachwasser zu bekommen.

Das anspruchsvolle messtechnische Programm wurde von einer externen Qualitätskontrolle begleitet, um eine bestmögliche Datenqualität zu gewährleisten. Zudem leisteten die Vermessungsverwaltungen rund um den See viel Unterstützung, etwa indem unabhängige Kontrollpunkte eingemessen wurden, um die Qualität der Vermessung sicherzustellen. Die Datensätze des Fächerecholotes und des Laserscanners wurden danach zusammengeführt, um hochauflösende Geländemodelle herzustellen.

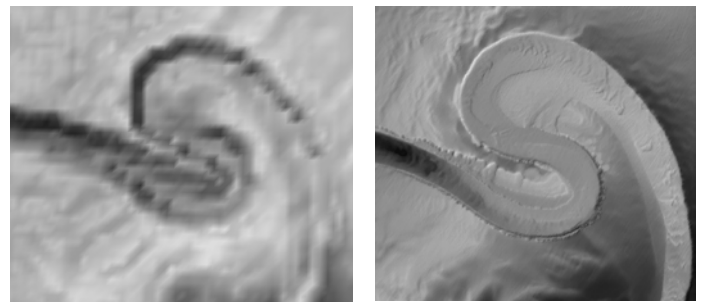


Abb. 2: Der „Mäander“ in etwa 190 m Wassertiefe vor Langenargen zeigt die Entwicklung der Messtechnik zwischen 1990 (links) und heute (rechts). Die Graustufen zeigen die unterschiedlichen Tiefen.

Ergebnisse

Bei den Fächerecholot-Aufnahmen fielen schon während der Aufnahme der ungewöhnliche Strukturreichtum am Seegrund des Bodensees auf (Abb. 2, rechts). Einige Besonderheiten sollen hier kurz genannt werden:

Maximale Wassertiefe: Die maximale Wassertiefe des Bodensees beträgt nur noch 251 m statt 254 m, wie bisher angegeben wurde. Das liegt allerdings nicht an dem Sedi-
menteintrag durch den Alpenrhein (etwa 1 mm / Jahr in Seemitte), sondern an den besseren Messgeräten der neuen Aufnahme. Weit reichende Folge hat das für den See nicht, eventuell müssen einige Angaben für die Gäste am See aktualisiert werden.

Wasseraustrittsstellen: Vor allem an steilen Hängen in unmittelbarer Nachbarschaft zur Molasse gibt es großflächige Vertiefungen im Seeboden. Vermutlich handelt es sich hier um Grundwasserzutritte aus der Molasse in den See. Wenn es tatsächlich eine direkte Verbindung zwischen dem Grundwasserkörper und dem (Überlinger) See gibt, könnten im Grundwasser angereicherte Stoffe eine direkte Zutrittsmöglichkeit in den Trinkwasserspeicher Bodensee haben.

Hügelstrukturen am Schweizer Seeufer: Vor allem entlang des Thurgauer Seeufers wurde eine Vielzahl von bisher nicht bekannten, erstaunlich regelmäßigen Erhebungen gefunden. Die am Projekt beteiligten Geologen schlossen eine natürliche Ursache für diese etwa 1 m hohen Hügel mit einem Durchmesser bis zu 30 m aus. Die Kantonsarchäologie wird diese Strukturen näher untersuchen. Pressemeldungen aus Österreich sprachen schon von einem „Stonehenge im Bodensee“. Das ist sicherlich arg übertrieben – aber es wird sicher sehr spannend, was bei den Untersuchungen herauskommt.

Öffentliche Wahrnehmung: Die Vermessung des Sees wurde mit großer Aufmerksamkeit von den Medien begleitet. Bis heute gab es über 300 Veröffentlichungen in vielen Tageszeitungen (bis an die Grenze zu Dänemark), online-Journalen, Fachzeitschriften und eine große Anzahl an Beiträgen in Radio und Fernsehen. Für mich ein eindrucksvoller Beweis, auf wie viel Interesse der Bodensee nicht nur im süddeutschen, sondern im gesamten deutschsprachigen Raum stößt.

Nach Wracks sucht man in den Daten vergebens: Hinweise auf Wracks und Trinkwasserleitungen wurden aus den Datensätzen entfernt um sicherzustellen, dass es keinen unerwünschten Besuch z.B. an historisch interessanten Wracks gibt.

Das Seeufer zwischen Konstanz und Mainau

Am Konstanzer und Staader Seeufer fallen spektakuläre Strukturen wie im Thurgau nicht ins Auge, trotzdem lassen sich auch hier viele Informationen aus den Geländemodellen entnehmen. Der Blick auf den Seeboden zwischen Hörnle und Mainau zeigt viele langgestreckte Erhebungen in der Längsachse des Sees (Abb. 3). Hierbei handelt es sich um „Kratzspuren“, die der eiszeitliche Rheingletscher vor etwa 18.000 Jahren am Seeboden zurück gelassen hat.

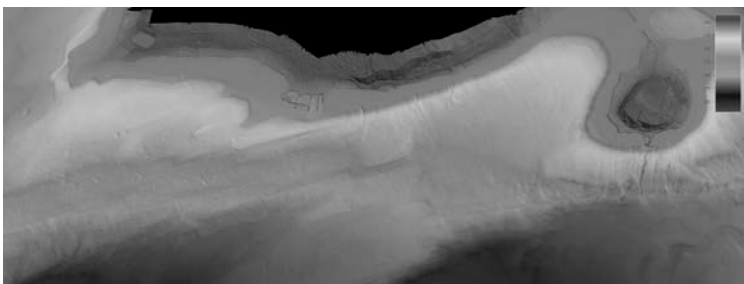


Abb. 3: Das Konstanzer Ufer zwischen Hörnle und der Mainau. Die großen Strukturen in Längsachse des Sees sind Spuren aus der letzten Eiszeit.

Vor allem in der Flachwasserzone erkennt man auch die Nutzung des Sees: Das tief ausgehobene Becken im Fährehafen, Wasserentnahmeleitungen der Brauerei Ruppener, großflächige Baumaßnahmen im Uferbereich oder auch Schwojkreise durch die Ankerketten im Bojenfeld.



Abb. 4: Die Daten des Laserscanners zeigen kleinste Höhenänderungen in der Flachwasserzone und dokumentieren z.B. vielfältige Nutzungen des Sees über Jahre und Jahrzehnte (oben). Auch sehr kleine Änderungen von wenigen Zentimetern Höhe lassen sich gut darstellen (unten): die grau schattierten Flecken zeigen (sehr schwach ausgeprägte) Schwojkreise im Bojenfeld, bei denen die Ankerkette den Seeboden aufwirbelt.

Fazit und Ausblick des Projektes Tiefenschärfe

Die Fülle an Daten und Informationen ist immens und bildet eine hervorragende Basis für weitere Arbeiten. So werden bisher unbekannte Strukturen (z.B. die oben genannten Wasseraustrittsstellen) im Detail auf ihre Relevanz für einen möglichen Schadstoffeintrag aus dem Grundwasser des Sees untersucht. Neue Leitungen zur Wasserentnahme (etwa für ein neues Fischereizentrum in der Schweiz) können besser geplant werden, und auch die Stadtwerke Konstanz konnten bereits genaue Tiefenprofile für Planungen von Leitungen unter dem Seerhein und durch den Untersee nutzen.

Die Geländemodelle mit 3 m Auflösung werden für die Öffentlichkeit frei verfügbar sein. Nähere Informationen zum Projekt www.tiefenschaeerfe-bodensee.info.

Martin Wessels
Institut für Seenforschung der Landesanstalt für Umwelt,
Messungen und Naturschutz, Langenargen