

Echolot/Sonar

Definition



Echolote bzw. Sonare bezeichnen Instrumente zur elektroakustischen Vermessung von Gewässern, d.h. die Nutzung von Schall zu Vermessungszwecken unter Wasser.

Anwendungsfall

Anwendungsbereich



- Erfassung der Lage, Form und Dimension von Objekten bzw. der Topografie unter Wasser
- Bathymetrie/Gewässervermessung: 3D-Erfassung des Gewässer-/Meeresgrundes
- Erzeugung von Unterwassergeländemodellen (DGM-W)
- 3D-Erfassung der Bauwerksgeometrie unter Wasser
- Erfassung (großflächiger) Schäden unter Wasser
- Kartierung, Navigation und Objektsuche (z.B. Wracksuche) unter Wasser

Rahmenbedingungen



- Die Anwendung erfolgt im Wasser i.d.R. von einem Boot oder Schiff
- Die Mindestmesstiefe des Echolots/Sonars muss gewährleistet sein
- Für die absolute räumliche Verortung der Daten wird die Verbindung mit einem Georeferenzierungssystem (z.B. GNSS) benötigt
- Echolote/Sonare müssen kalibriert werden (insbesondere die Position und Rotationswinkel relativ zum Georeferenzierungssystem)

Technischer Hintergrund

Erläuterung der Funktionsweise



Das Echolot / Sonar wird an einem Boot oder Schiff befestigt, so dass sich der Schallkopf unter Wasser befindet und in Richtung des zu vermessenden Phänomens (z.B. Gewässerboden, Bauwerksbereich) ausgerichtet ist. Echolote/Sonare bestehen aus einer Schallsender, Schallempfänger (zusammen auch als Schallwandler oder Schwinger bezeichnet) und einer Zeitmesseinrichtung. Im Betrieb senden sie kontinuierlich Schallimpulse – meist im Ultraschallfrequenzbereich – aus, die am zu vermessenden Objekt reflektiert und als Schallecho von Empfänger wieder detektiert werden. Durch Messung der Laufzeit des Schallimpulses kann bei bekannter Ausbreitungsgeschwindigkeit im Wasser auf die Entfernung zwischen Sender und Objekt geschlossen werden. Die Bestimmung der spezifischen Schallgeschwindigkeit ist ein neuralgischer Punkt für die Genauigkeit der Messung und erfolgt daher kontinuierlich durch einen Sensor. Der Eintreffwinkel des Schallechos wird durch Lagesensoren und Signalverarbeitung bestimmt, so dass aus den Laufzeitmessungen bei Echoloten 3D-Punkte (z.B. zur Erstellung von Geländemodellen oder Oberflächenmodellen von Bauwerken unter Wasser) oder bei bildgebenden Systemen

georeferenzierte akustische Bilddarstellungen abgeleitet werden können. Unterschieden werden kann daher zwischen Vermessungs-Echoloten und bildgebenden Systemen:

- Einzelstrahl-Echolot (Singlebeam): Singlebeam-Echolotsysteme (Einfachschwingersysteme) bestehen aus einem Sender und Empfänger. Sie sind zumeist derart am Trägerfahrzeug gefestigt, dass sie ein Schallsignal gebündelt näherungsweise in *Nadirrichtung* aussenden und empfangen. Im Ergebnis misst das Singlebeam-Echolot jeweils eine Entfernung zu einem Punkt, so dass für eine flächen- oder linienhafte Aufnahme das Gebiet entsprechend profilweise befahren werden muss. Fächer- und Flächen(echo)lot (Multibeam): Beim Multibeam-Echolotsystem werden mehrere gebündelte Schallimpulse, d.h. mehrere Einzelstrahlen, entweder gleichzeitig oder nacheinander ausgesendet und empfangen. Auf diese Weise können pro Messung unmittelbar Punktprofile gemessen werden, was insbesondere für flächenhafte Aufnahmen von Vorteil ist. Unterschieden werden können Flächen(echo)lote (Mehrfachschwingersysteme), bei denen mehrere Schallwandler in einem definierten Abstand nebeneinander angeordnet sind oder Fächer(echo)lote, bei denen ein Schwinger Schallimpulse von einer Position in unterschiedlichen Winkeln in sehr kurzer Zeitfolge nacheinander fächerförmig aussendet.
- Bildgebende Systeme (z.B. Seitensichtsonare) dienen im Gegensatz zu den zuvor genannten Echoloten nicht zur Vermessung, sondern zur Kartierung und Navigation. Dazu werden während der Messung kontinuierlich Schallwellen über einen größeren Öffnungswinkel ausgesendet. Aufgrund des im Vergleich zu Single- und Multibeam weniger gebündelten Schalls, ergibt sich eine große Anzahl von Schallechos am Objekt bzw. Untergrund, die aufgrund der Rauigkeit gestreut reflektiert werden. Nur die Rückstreuungswerte können im Empfänger aufgezeichnet und anschließend in Abhängigkeit von der Zeit des Eintreffens einer Zelle in einem Vektor bzw. einer Matrix zugeordnet werden. Durch Einfärbung der Rückstreuungswerte können daraus akustische Bilder des Untergrunds abgeleitet werden.

(Behrens 2014, Hoffmann 2002, Geomar 2014)

Mehrwert

Erreichbarkeit / Arbeitssicherheit



- Echolote/Sonare sind berührungslose Verfahren, wodurch auf den Einsatz von Tauchern oder taktilem Vermessungsverfahren verzichtet werden kann
- Aufgrund der Verwendung von Schallimpulsen ist auch der Einsatz in getrübbten Gewässern möglich.
- Erfasst werden können nur Bereiche, die sich in direkter Sichtverbindung zum Echolot befinden.

Zeitersparnis Inspektion



- Das Bauwerk muss für die Inspektion nicht trockengelegt werden.
- Aufnahme von großen Bereichen in kurzer Zeit möglich durch flächenhafte Erfassung

Kosten



- Erfassungssensorik (Echolot/Sonar): Preis abhängig vom Gerätetyp
- Software zur Datenverarbeitung, z.B. Qinsy von QPS: Preis abhängig von Softwaretyp und Preismodell
- Software für die Sekundärnutzung der Daten, z.B. CAD- oder GIS-Software: Preis abhängig von Softwaretyp und Preismodell
- Personalkosten für Aufnahmen und Auswertung

Datenqualität



- Die Aufnahmen dokumentieren den geometrischen (Echolote) oder die bildlichen Objekteigenschaften (z.B. Seitensichtsonar).
- Die geometrische Genauigkeit bei Echoloten hängt vom eingesetzten Sensor ab und liegt im Bereich von Zentimetern bis Dezimetern und ist damit nicht vergleichbar mit photogrammetrischen oder laserbasierten Methoden.
- Mehrfachreflexionen (z.B. an Schleusenwänden bzw. am Boden), Verdeckungen, Pflanzenbewuchs oder auch der Untergrund selbst (Eindringen des Schallimpulses in den Boden) können die Qualität der Ergebnisse negativ beeinflussen.

Voraussetzungen

Hardware



- Echolot (Singlebeam, Multibeam) bzw. Sonargerät (z.B. Seitensichtsonar)
- Georeferenzierungssystem (z.B. GNSS, IMU, Tachymeter)
- Computer mit mittlerer Leistung (z.B. i5-Prozessor, 16 GB RAM Arbeitsspeicher)
Auswertesoftware

Vorbereitung Untersuchungsobjekt



- Generell keine Vorbereitung des Untersuchungsobjektes selbst notwendig
- Ggf. ist jedoch eine Reinigung der zu vermessenden Objekte (z.B. von Algen, Muscheln etc.) erforderlich.
- Es sollte sichergestellt sein, dass die Messung nicht durch Luftblasen, z.B. von Tauchern gestört wird

Vorbereitung Datenerhebung



- Justierung des Echolots in Abhängigkeit des zu erfassenden Bereichs
- Kalibrierung der relativen Lage des Echolots relativ zum Georeferenzierungssystems
- Bestimmung der spezifischen Wasserdichte über die gesamte Tiefe

- Bei großen Tiefen ggf. Messung eines Schallprofils zur Korrektur von Brechungseffekten (Refraktion) an Wasserschichtgrenzen aufgrund der unterschiedlichen spezifischen Dichten
- Diverse Konfigurationseinstellungen, z.B. Schallfrequenz, Pulslänge, Pulsrate, Sendeleistung etc.

Umweltbedingungen

- Das Wasser sollte eisfrei und möglichst frei von Bewuchs oder sonstiger Sichthindernisse sein
- Wetter und Strömung sollten eine möglichst ruhige Fahrt des Bootes ohne starke Schwankungen ermöglichen
- Echolote/Sonare stellen ansonsten keine besonderen Anforderungen an die Umweltbedingungen



Erforderliche Genehmigungen

- Neben der allgemeinen Genehmigung zur Befahrung des Gewässers sind weitere Genehmigungen für die Echolotmessung nicht erforderlich



Umsetzung

Datenerhebung

- Installation und Kalibrierung der Sensorik
- Missionsplanung zur Definition der Trajektorien und Ausrichtung des Echolots/Sonars



Datenprozessierung

- Ggf. Anbringung von Korrekturen (z.B. Kalibrierwerte)
- Filterung der Daten (Ausreißer/Fehlmessungen)
- Erstellung von 3D-Punktwolken, Profilen oder Tiefenkarten



Kompatibilität mit anderen innovativen Methoden

- Echolotdaten können mit Daten anderer 3D-Erfassungsverfahren, z.B. TLS oder Photogrammetrie, fusioniert werden
- Sonarbilder können mit RGB-Bildaufnahmen als komplementäre Darstellung kombiniert werden.



Output

Informationen



- Koordinaten von einzelnen Punkten (Echolote)
- Grafische (CAD-)Daten der geometrischen Objektstruktur (Echolote)
- 3D-Oberflächenmodelle (Echolote)
- Bildliche Darstellungen (Sonar)
- Intensitätsverteilung (Sonar)

Dateiformate



- Proprietäre Rohdatenformate der Hersteller, aber Export in andere Formate (z.B. XPS, ASCII-Formate) möglich
- Typische Punktwolkenformate, z.B. LAS/LAZ
- Gängige Bildformate, z.B. GeoTIFF
- Flächendarstellungen, z.B. S-57 ENC, ArcView Grid, KML

Referenzen

Beispielanbieter



- Geodätisches Institut der RWTH Aachen (gia), <http://www.gia.rwth-aachen.de>
- Hydromapper GmbH, <https://www.hydromapper.de>
- Geo-DV GmbH Ingenieurbüro für Datenmanagement und Vermessung, <https://www.geo-dv.de>
- RiverDynamics Weka UG, <https://riverdynamics.de/>
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Beispielanwendungen



- Erfassung der Schleuse Sülfeld (Fa. Hydromapper, 2021)
- Erfassung der Schleuse Trier (Geodätisches Institut der RWTH Aachen, 2022)

Quellen



- Hoffmann, K. (2002): Fächerlot- und Sonarsysteme, URL: <https://izw.baw.de/publikationen/mitteilungsblaetter/0/hoffmann.pdf>
- Behrens, J. (2014): Gewässervermessung – eine Kernaufgabe der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), avn, 121 (2014) 11-12, <https://gispoint.de/artikelarchiv/avn/2014/avn-ausgabe-11-122014/2577-gewaesservermessung-eine-kernaufgabe-der-wasser-und-schifffahrtsverwaltung-wsv.html>
- DVW (2009): Hydrographie – Neue Methoden von der Erfassung zum Produkt: Beiträge zum 89. DVW-Seminar am 6. und 7. Oktober 2009 in Hamburg, Schriftenreihe des DVW, ISBN: 978-3-89639-731-7

- DVW (2018): Hydrographie 2018 – Trend zu unbemannten Messsystemen. Beiträge zum 170. DVW-Seminar und 32. Hydrographentag vom 12. bis 14. Juni 2018 in Lindau, ISBN: 978-3-95786-165-8, URL: <https://geodaesie.info/startseite/dvw-schriftenreihe/149>
- Geomar (2014): 100 Jahre Echolot - die Tiefe hören, Broschüre, URL: https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/30830/1/140624_Echolot_Broschuere_June2014.pdf
- HN (2019): Hydrographische Nachrichten HN 113, Fokusthema: Bauwerke und Hydrographie, Ausgabe 06/2019, ISSN: 1866-9204, URL: https://www.dhyg.de/images/hn_ausgaben/HN113.pdf
- HN (2009): Hydrographische Nachrichten HN 83, Ausgabe 02/2009, ISSN: 1866-9204, URL: https://www.dhyg.de/images/hn_ausgaben/HN083.pdf

Glossar:

Nadirrichtung:

Die Nadirrichtung ist eine auf den Erdkörper bzw. das Erdschwerefeld bezogene Richtungsangabe und entspricht der Lotrichtung. Sie ist damit die der Zenitrichtung (Lotrichtung nach oben) entgegengesetzte Richtung.