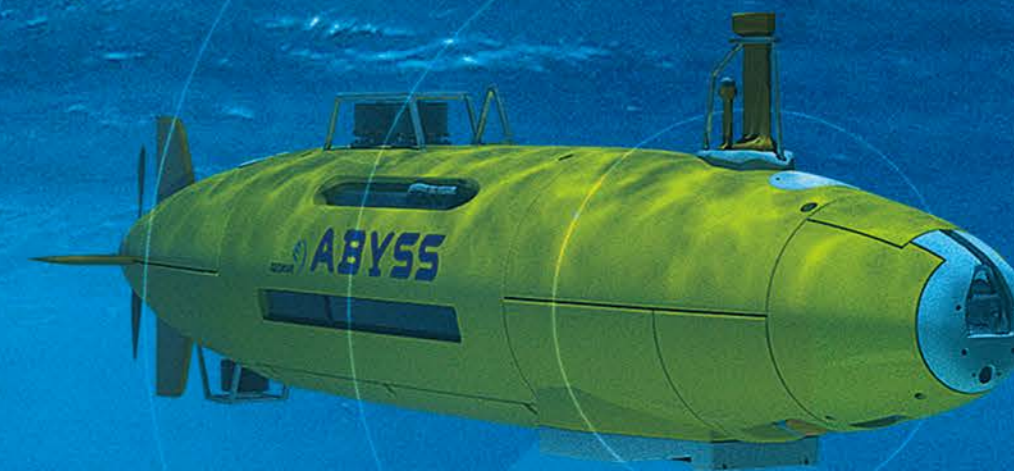


Echolot

Die Tiefe hören

Diese Broschüre und die gleichnamige Ausstellung befassen sich mit der Entwicklung des Echolots, für das der Kieler Physiker und Unternehmer Alexander Behm im Jahr 1913 das erste Patent erhielt.

Erfahren Sie mehr über die Geschichte der Tiefenmessung im Ozean – von den ersten Handloten im alten Ägypten über die dampfgetriebenen Lotmaschinen des 19. Jahrhunderts, der Entwicklung der ozeanischen Tiefenkarten bis hin zur heutigen Vermessung des Meeresbodens mit modernen Fächerecholoten.



Echolot

Die Tiefe hören

4.000 Jahre Tiefenmessung im Ozean:
Die Entwicklung des Echolots und seine
Bedeutung für das Verständnis des Systems Erde

Echolot - Die Tiefe hören

Die Ausstellung zur Geschichte der Tiefenmessung im Meer entstand durch den Hinweis des Kieler Künstlers Volker Tiemann, der mich im Sommer 2003 darauf aufmerksam machte, dass sich die ehemaligen Mitarbeiter der Behm-Echolot-Fabrik seit der Schließung der Firma 1971 einmal jährlich in Kiel versammelten. Daraufhin fand ein Gespräch in den Räumlichkeiten der ehemaligen Fabrik statt, das von Heike Fleischhauer [Kiel] mit Unterstützung des Offenen Kanals Kiel aufgezeichnet wurde und heute ein fester Bestandteil der Ausstellung ist. Inzwischen sind diese Zeitzeugen verstorben, die damals sehr stolz über ihre Arbeit berichteten.

Durch die Förderung der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein entstand die Ausstellung, die zunächst auf der MS Wissenschaft im Jahr der Technik 2004 bundesweit präsentiert wurde. Es schlossen sich Ausstellungen vor allem in Museen im gesamten norddeutschen Raum an, die dank weiterer Förderungen von Seiten meerestechnischer Firmen und der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft ermöglicht wurden.

Wichtige Mitstreiter des Projektes waren Dr. Wilhelm Weinrebe, Dr. Ingo Klaucke, Dipl.-Geol. Gerhard Haass und Ilona Oelrichs [alle GEOMAR], Dr. Friedrich-Wilhelm Lehmann [Institut für Pädagogik der Universität Kiel], Dipl.-Ing. Thomas Dehling [Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie], Ulrike Schulte-Rahde [Wärtsilä ELAC Nautik Kiel] sowie Dr. Jörg Schimmler, der 2013 eine Biographie über Alexander Behm veröffentlichte. Vertretend für alle hier nicht genannten UnterstützerInnen möchte ich folgenden KollegInnen herzlich danken: Dr. Doris Tillmann [Stadt- und Schifffahrtsmuseum Kiel], Dr. Albrecht Sauer [Deutsches Schifffahrtsmuseum Bremerhaven], Dr. Uwe Kretschmar [Forschungsanstalt für Wasserschall und Geophysik der Bundeswehr]. Last but not least möchte ich mich ganz herzlich bei Christoph Kersten und Gesa Seidel [Kommunikation und Medien, GEOMAR] für die neue Gestaltung und zahlreichen Anregungen zu dieser Neuauflage der Broschüre zur Echolot-Ausstellung danken.

Über Kritik und Anregungen zur Ausstellung wie auch zu dieser Broschüre freuen wir uns!

Dr. Gerd Hoffmann-Wieck
Kommunikation und Medien, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Die Medizinische Fakultät der Kieler Universität verlieh dem Erfinder des Echolots Alexander Behm am 24.11.1928 die „Ehrenwürde des Doktors der gesamten Medizin“ mit folgenden Worten [Auszug]: „So - durch den erschütternden Untergang der „Titanic“ von Forschergeist erfüllt - Abwehr solchen Unheils ersann und in seinem Echolot ein Präzisionsinstrument schuf, das nicht nur die dem Meere anvertrauten Leben bewahren hilft, sondern auch dazu berufen ist, den erdumspannenden Verkehrsmitteln der Lüfte mehr und mehr Sicherheit zu geben.“ In den Jahren nach 1913 war das Echolot vor allem ein Gerät, das die Schifffahrt wie den Luftverkehr mit deutlich mehr Sicherheit versah. Erst in den 1960er / 70er Jahren bestätigten die inzwischen in großer Zahl vorliegenden Tiefenmessungen im Ozean das Modell der Plattentektonik, mit dem wir heute die Prozesse im System Erde umfassend verstehen und erklären können. Damit wurde auch die Theorie der Kontinentalverschiebung von Alfred Wegener aus dem Jahr 1912 weitgehend bestätigt. Nach wie vor ist die Hydroakustik für den Schiffsverkehr wie auch für die Meeresforschung ein grundlegendes Messverfahren. Wir wünschen der Ausstellung weiterhin zahlreiche Besucher!

[Prof. Dr. Peter Herzig](#)

Direktor GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Im Jahr 1913 erdacht, kam das von Alexander Behm entwickelte Echolot zunächst der Sicherheit der Schifffahrt und Luftfahrt zugute. Eine Vielzahl spannender Weiterentwicklungen des Behm'schen Verfahrens gestatteten in der Folge den Blick in die tiefsten Ozeantiefen und ins Innere des Meeresbodens. Das Echolotprinzip ist heute nicht nur zur notwendigen Grundlage allen maritimen Handelns auf See geworden, es bildet auch die Grundlage für ein überaus erfolgreiches wirtschaftliches Engagement in den maritimen Märkten. Die Vielfalt der Anwendungen unterstreicht hierbei eindrucksvoll die grundsätzliche Bedeutung der Behm'schen Erfindung. Moderne Echolote dienen heute nicht nur der Sicherung der Schifffahrt, sondern sind auch notwendiges Werkzeug zur Entwicklung und Unterhaltung von Schifffahrtsstraßen, Häfen und Hafenanlagen oder Wasserbauwerken. Sie ermöglichen die systematische Suche und Nutzung mariner Rohstoffe und helfen bei der Erfassung von Veränderungen unserer marinen Umwelt. Sie gestatten den marinen Wissenschaften einen Blick in unbekannte Tiefen und tragen dazu bei, ein wahrhaft umfassendes Verständnis unserer Binnengewässer, Küstenzonen und Meere zu entwickeln. Mit der Entwicklung des Echolotverfahrens im Jahr 1913 hat Alexander Behm nicht nur die Tür aufgestoßen in unbekannte Welten. Er hat uns auch das Werkzeug an die Hand gegeben, diese neuen Welten im maritimen Zeitalter verantwortungsvoll in Besitz zu nehmen.

Holger Klindt
Erster Vorsitzender Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V.

Wir danken folgenden Institutionen und Firmen für ihre Unterstützung:

Institut für Pädagogik, Abt. Medienpädagogik /
Bildungsinformatik, CAU

Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V. [DHYG]

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie [BSH]

Archäologisches Landesmuseum

Mecklenburg-Vorpommern

Stiftung Schleswig-Holsteinische

Landesmuseen Schloss Gottorf

Wärtsilä ELAC Nautik GmbH

Oktopus GmbH

MBT GmbH, Meerestechnisches Büro Turla

J. Bornhöft Industriergeräte GmbH

Dr. Fahrenholz Echolote

General Acoustics e.K.

geo-institut Columbus GmbH

Ing.-Büro G. Pinnow IGP

INNOMAR

K.U.M. Umwelt- und Meerestechnik

Hans und Helga Kühn

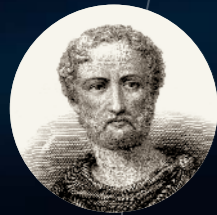
Simrad

teledyne Atlas Hydrographic



Wie tief ist das Meer?

Stimmen von Zeitzeugen



60 n. Chr.

Plinius der Ältere,
römischer Naturforscher

Plinius schätzt die Tiefe des Meeres auf 3.000 Meter. Es gäbe aber auch Stellen, die unermesslich tief seien.

Bild: Cesare Cantù, 1859



1521

Ferdinand Magellan,
portugiesischer Seefahrer

Magellan ließ während der ersten Weltumsegelung eine Eisenkugel an einem 700 Meter langen Seil in den Pazifik hinab. Da sie den Boden nicht erreichte, vermutete er, dass das Meer unendlich tief sei.

Bild: Anonym, 16./17. Jh.



1725

Luigi Ferdinando Marsigli,
Pionier der Ozeanographie:

„Die Fischer, die in 275 und 360 Metern Tiefe Korallen fischen, deren Leinen aber nicht ausreichen, größere Tiefen festzustellen, sprechen kühn vom bodenlosen Meer. Sie behaupten, es sei unmöglich den Boden zu loten. Diese Auffassung erscheint mir absurd und einzig darauf zu beruhen, dass sich bisher noch niemand die Mühe gemacht hat und die Mittel aufgebracht hat, die für die Durchführung solcher Lotungen erforderlich sind.“

Bild: Anonym, 18. Jh.



1792

Johann Friedrich Wilhelm Otto, früher Meereskundler:

„Bis jetzt ist uns kein zuverlässiges Mittel bekannt, welches uns in den Stand versetzt, die Tiefe des Meeres auf eine ganz zuverlässige Art zu erforschen. Dies ist auch viel schwerer als die Höhen der Berge zu messen.“

Quelle: F. W. Otto, Berlin 1792



1845

Alexander von Humboldt,
Naturforscher und Entdecker

„Die Tiefe des Ozeans und des Luftmeeres sind uns beide unbekannt. Im Ozean hat man an einigen Punkten in einer Tiefe von 2.530 Fuß noch keinen Grund gefunden.“

Bild: Joseph Karl Stieler, 1843



1875

Rudolf von Willemoes-Suhm,
aus Holstein stammender
Zoologe an Bord der HMS
CHALLENGER

„Zwischen den Karolinen, Philippinen fanden wir die größte bisher gemessene Tiefe mit 4.475 Faden [8.168 m].“

Foto: A. Seitz, 19. Jh.



1907

Prof. Dr. Otto Krümmel,
Kieler Ozeanograph

„Alle in den Karten konstruierten Tiefenlinien sind mit subjektiven Auffassungen belastet und deshalb werden zwei Autoren aus demselben Material keineswegs gleiche Tiefenbilder ableiten.“

Foto: Archiv GEDMAR

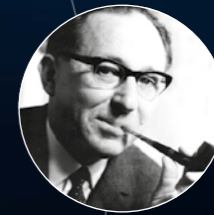


1922

Dr. Alexander Behm,
Kieler Physiker und Erfinder

„Es gelang mir, in achtjähriger ausschließlich diesem Problem [der akustischen Tiefenmessung] gewidmeten Arbeit, eine objektive, akustische Tiefenlotmethode zu schaffen, für die ich das Wort „Echolot“ prägte.“

Foto: Kieler Stadt- und Schifffahrtsmuseum



1956

Prof. Dr. Günter Dietrich,
Kieler Ozeanograph

„Zwar ließ die Verwendung des Echolotes die Zahl der Lotungen in den letzten Jahren enorm anwachsen, aber die Verbesserungen der Kenntnisse des Bodenreliefs konnten nicht im gleichen Verhältnis mit der steigenden Anzahl der Lotungen standhalten.“

Foto: Archiv GEDMAR



2004

Prof. Dr. Eugen Seibold, Kieler Meeresgeologe und ehemaliger Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

„Vor hundert Jahren wurde die erste internationale Tiefenkarte der Ozeane mit nur 18.400 Lotungen erstellt, vor 50 Jahren waren es immerhin noch erst 370.000. Im Mittelmeer gab es um 1960 noch große Flächen ohne jede Tiefenmessung. Bei allen seitherigen Fortschritten sind unsere heutigen Kenntnisse der Ozeanböden mit denen der Festländer vor dreihundert Jahren zu vergleichen.“

Foto: Archiv GEDMAR



06

08-09 Die Geschichte der Handlote

Die ältesten Instrumente
zur Bestimmung der
Meerestiefe

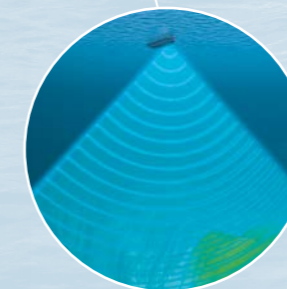
Die Entwicklung des Echolots

Wie kann die Tiefe der Ozeane
gemessen werden? Von den
ersten Handloten im alten Ägypten
bis zum modernen Fächerecholot



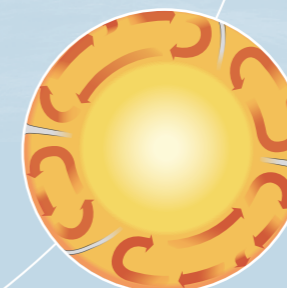
10-11 Der Erfinder des Echolotes

Dr. Alexander Behm [1880-1952]



12-17 Die Vermessung der Ozeane

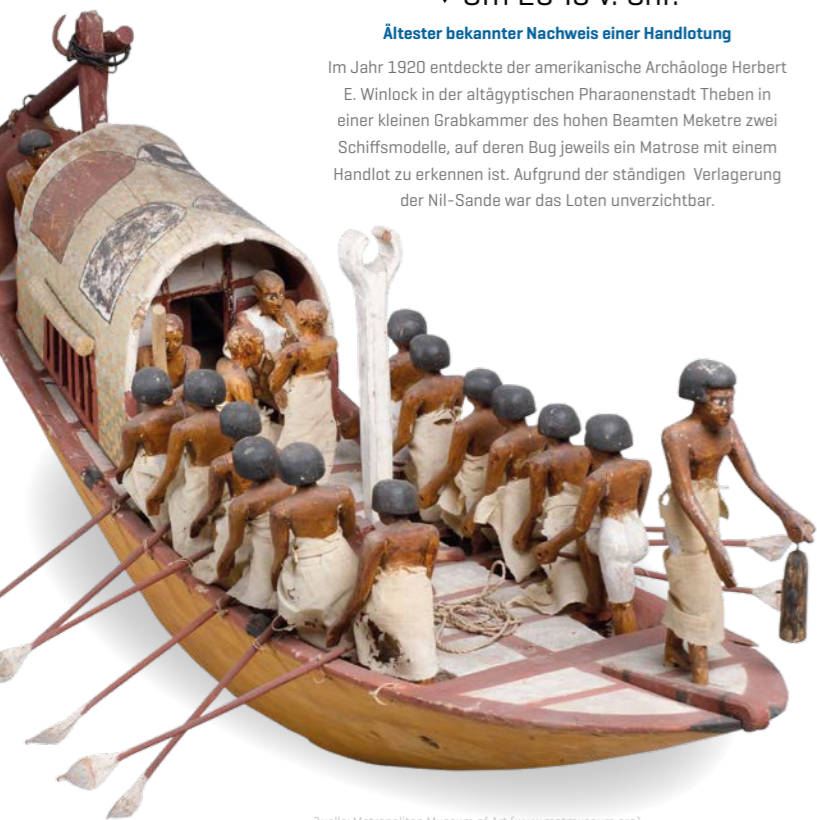
Weiterentwicklungen der Echolotung:
Navigations- und Fischereilote,
Sediment-Echolote, Seitensichtsonare
sowie Fächerecholote und moderne
Tauchroboter



18-19 Das neue Verständnis des Systems Erde

Kontinentaldrift und Plattentektonik

07



Quelle: Metropolitan Museum of Art (www.metmuseum.org)

▼ Um 2040 v. Chr.

Ältester bekannter Nachweis einer Handlotung

Im Jahr 1920 entdeckte der amerikanische Archäologe Herbert E. Winlock in der altägyptischen Pharaonenstadt Theben in einer kleinen Grabkammer des hohen Beamten Meketre zwei Schiffsmodelle, auf deren Bug jeweils ein Matrose mit einem Handlot zu erkennen ist. Aufgrund der ständigen Verlagerung der Nil-Sande war das Loten unverzichtbar.



Bild: Heinrich Andreas Lohé, 1888-89

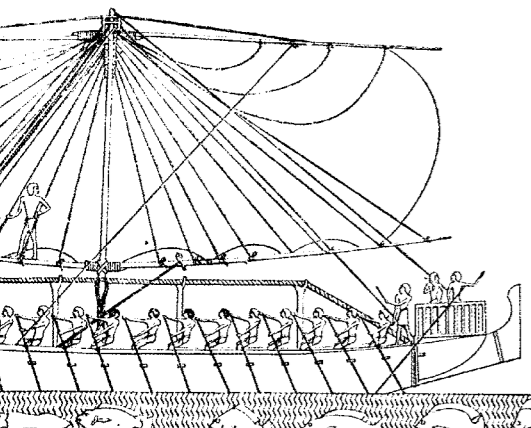
Um 60 n. Chr. In der Bibel wird die Nutzung eines Handlotes beschrieben: Der Apostel Paulus wird gefangen genommen und nach Rom gebracht. Auf der Fahrt erleidet er durch einen Orkan vor Malta Schiffbruch. Während das Schiff vom Sturm bedrängt wird, nehmen die Matrosen Lotungen vor.

Apostelgeschichte 27, 27-29: „Als wir schon die vierzehnte Nacht auf der Adria trieben, merkten die Matrosen um Mitternacht, dass sich ihnen Land näherte. Sie warfen das Lot hinab und maßen 20 Faden; kurz danach loteten sie nochmals und maßen 15 Faden. Aus Furcht, wir könnten auf Klippen laufen, warfen sie vom Heck aus vier Anker und wünschten den Tag herbei.“

Die Geschichte der Handlote

Die ältesten Instrumente zur Bestimmung der Meerestiefe

„Immer eine Handbreit Wasser unter dem Kiel“ wünschen sich Seefahrer seit jeher, denn auf Grund zu laufen bedeutete oft auch das Ende von Schiff und Mannschaft.



◀ 1500 v. Chr.

Wandmalerei im Terrasentempel der ägyptischen Königin Hatschepsut in Theben

Ein Detail zeigt ein Schiff, auf dem ein Mann abgebildet ist, der am Bug mit einem Lotstab die Wassertiefe misst.



Quelle: Archäologisches Landesmuseum Schloss Gottorf

9.-11. Jh.

Eines der ältesten Handlote Nordeuropas

Fund aus dem Hafen des wikingerzeitlichen Seehandelszentrums Halthabu in der Nähe von Schleswig.



Quelle: Centre Guillaume le Conquérant, Bayeux

1066

Normanne am Schiffsbug beim Werfen des Handlotes

Der Teppich von Bayeux, ein 70 Meter langer gewebter Wandteppich, zeigt die Geschichte der Eroberung Englands durch die Wikinger.



Quelle: Archäologisches Landesamt Mecklenburg-Vorpommern

Anfang 14. Jh.

Handlot von der Darsser Kogge

Seit der Antike weisen zahlreiche Handlote an ihrer Unterseite einen Hohlraum auf. Diese Hohlräume wurden vor der Tiefenmessung mit Fett oder Talg, der sogenannten Lotspeise, eingefettet. Beim Auftreffen des Lotes auf dem Meeresgrund wurde dort die Bodenprobe fixiert und anschließend zur Ortung des Schiffes genutzt.



Quelle: Historia de gentibus septentrionalibus, 1555

1555

Holzschnitt mit lotenden Seeleuten

In seinem Buch „Historia de gentibus septentrionalibus“ schreibt Olaus Magnus, ein schwedischer Geistlicher und Historiker: „Die unbeschreibliche Tiefe des bergigen Gestades Norwegens ist meist so groß, dass das gewaltigste Schiff mit noch so langen Leinen ausgestattet sein kann: Wirft man das Senkblei, so vermag man doch nicht seine Tiefe zu ergründen.“

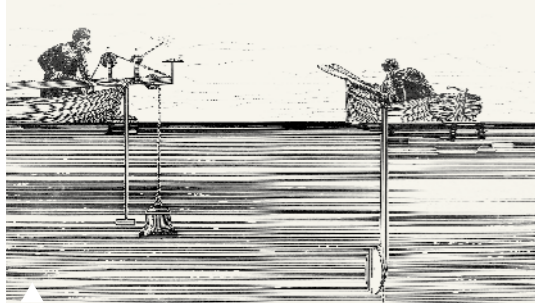
So hat sich schon vor 4.000 Jahren die Technik des Handlotens entwickelt: Ein Gewicht wurde bis zum Meeresboden hinabgelassen und die Tiefe an der gefierten Seillänge abgelesen. Den Kapitän eines Schiffes interessierten im Küstenbereich die Wassertiefe und die Geologie des Meeresbodens, die ebenfalls zur Ortsbestimmung genutzt wurde. Auch die Eignung als Ankergrund sowie die Auswirkungen eventueller Grundberührungen des Schiffes hängen von der Beschaffenheit des Meeresbodens ab. Zur Vereinfachung der Messungen in tieferem Wasser wurden dann in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts Lotmaschinen mit motorisierter Winde entwickelt.

Mitte 19. Jh. bis Anfang 20. Jh.

Bei der Bestimmung von Wassertiefen über 40 Meter wurden statt der leichten Handlote die schwereren Tiefenlote eingesetzt. Das größere Gewicht ist in der größeren Tiefe nötig, um beim Aufschlagen auf Grund die Erleichterung der Leine bis oben fühlen zu können. Die HMS CHALLENGER und SMS GAZELLE haben in den 1870er Jahren Lote von 45 Kilogramm noch bis zu Tiefen von 2.000 Metern benutzt. Auch nach der Erfindung der Lotmaschinen waren Tiefsee-Drahtlotungen aufwendig. Bei einer Wassertiefe von 4.000 Metern benötigte ein Lot ungefähr 30 Minuten bis zum Grund und die Dampfwinde weitere vier Stunden, um es wieder heraufzuziehen. Das Schiff musste für Stunden auf Position gehalten werden, deshalb war ruhige See beim Loten unbedingte Voraussetzung. Im Bild: Le Blanc Lotmaschine an Bord der VALDIVIA während der Deutschen Tiefsee-Expedition 1898-99.



Quelle: Aus den Tiefen des Weltmeeres, Carl Chun, 1900



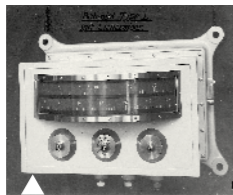
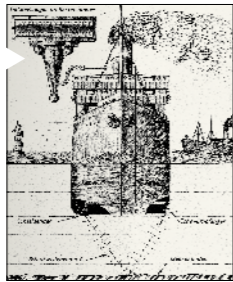
1826 Erste Bestimmung der Schallgeschwindigkeit im Wasser

Die Schweizer Mathematiker Jean-Daniel Colladon und Charles François Sturm bestimmten diese erstmals mit etwa 1.400 Meter pro Sekunde. Aus der Schallgeschwindigkeit und der gemessenen Laufzeit ergibt sich die zurückgelegte Strecke des Schalls und damit die Wassertiefe.

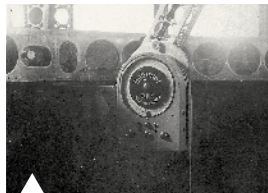
Ab 1920

Für den praktischen Einsatz auf zivilen Schiffen schuf Behm das direkt anzeigende Echolot mit einem neu entwickelten Kurzzeitmesser. Auf Knopfdruck konnte auf der Brücke die Wassertiefe auf einer Skala abgelesen werden

Eine Vorführung auf der Kieler Förde 1920 begründete Behms Erfinderruhm und war Beginn einer erfolgreichen Entwicklung und Produktion von Echoloten. Im selben Jahr folgte die Gründung der Behm-Echolot-Gesellschaft und der Behm-Echolot-Fabrik in Kiel.

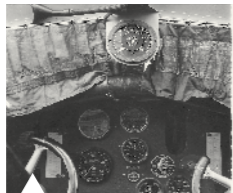


Das Behm Typ I für Schiffe



Behm Typ LIII auf Zeppelin ZR III

Der Erfinder erkannte schnell, dass die Abstandsmessung durch Messung der Echozeit auch für den Luftverkehr von größter Bedeutung sein könnten. Seine Luftlote dienten Luftschiffen und Flugzeugen als Höhenmesser, die unabhängig von Luftdruckschwankungen waren.

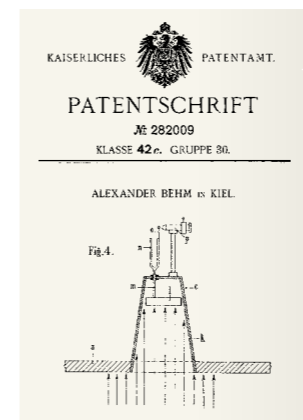
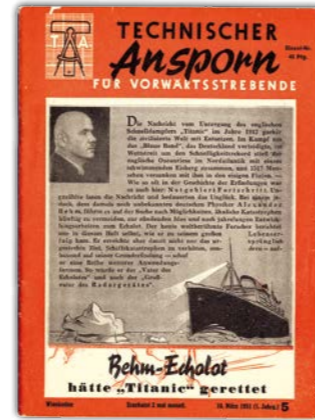


Behm Typ LX im Flugzeug

1912 ▶

Alexander Behm hatte nach der Katastrophe der Titanic das Ziel, ein schallbasiertes Eisberg-Frühwarnsystem zu entwickeln

Aufgrund der Gestalt der Eisberge reflektieren diese den Schall in verschiedene Richtungen, so dass Behm bei seinen Experimenten unterschiedliche Echos erhielt. Vom Meeresboden erhielt er dagegen ein eindeutiges Echo und so machte er sich daran, ein schallbasiertes Gerät zur Bestimmung der Wassertiefe zu entwickeln.



1913

Behm erhielt am 22. Juli das Reichspatent Nr. 282009 für ein erstes Verfahren zur Messung der Meerestiefe

Den Durchbruch brachten seine Echolotentwicklungen in den Folgejahren. Hier ist besonders sein Kurzzeitmesser hervorzuheben, mit dem kleinste Zeiteinheiten in technisch einfacher und bordtauglicher Weise messbar wurden.



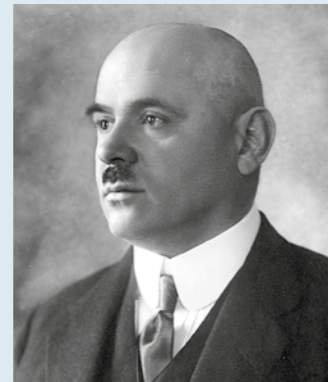
1915

Nach vielen Versuchen und Rückschlägen gelang Behm Ende des Jahres auf der Kieler Förde die erste Lotung

Aus der Versuchsanordnung mit Sonometer und Stimmgabel entstanden die ersten funktionstüchtigen Apparate, die Behm als Echolote bezeichnete. Die Marine bestellte vier Echolote, die jedoch wegen des Kriegsendes 1918 nicht mehr ausgeliefert wurden.

Der Erfinder des Echolotes

Dr. Alexander Behm (1880-1952)



Dass Wasser den Schall hervorragend leitet, war schon 1490 Leonardo da Vinci aufgefallen. Es sollte noch einmal 425 Jahre dauern, bis der gebürtige Mecklenburger Alexander Behm auf diese Weise in der Kieler Förde die Tiefe lotete und einen Apparat

schuf, den er „Echolot“ nannte. Seine Erfindung kam zunächst ganz wesentlich der Sicherheit der Schifffahrt zugute, später entwickelte Luftlote dienten aber auch zur Verbesserung der Flugsicherheit, wofür Behm in den Niederlanden und in Frankreich ausgezeichnet wurde. Die Verleihung der Ehrendoktorwürde 1928 durch die Universität



Die Behm-Echolot-Fabrik mit Belegschaft in der Holtener Straße

Kiel war eine besondere Anerkennung für den Erfinder. Anfang der dreißiger Jahre kam seine Entwicklungsarbeit mit über 100 Patenten zum Abschluss. Behm widmete sich nunmehr seinen Leidenschaften für das Angeln und Jagen und zog sich schließlich aus der Leitung der Behm-Echolot-Fabrik zurück. Seine letzten Lebensjahre verbrachte er mit seiner Frau in seiner Fischerhütte bei Tarp an der Treene.

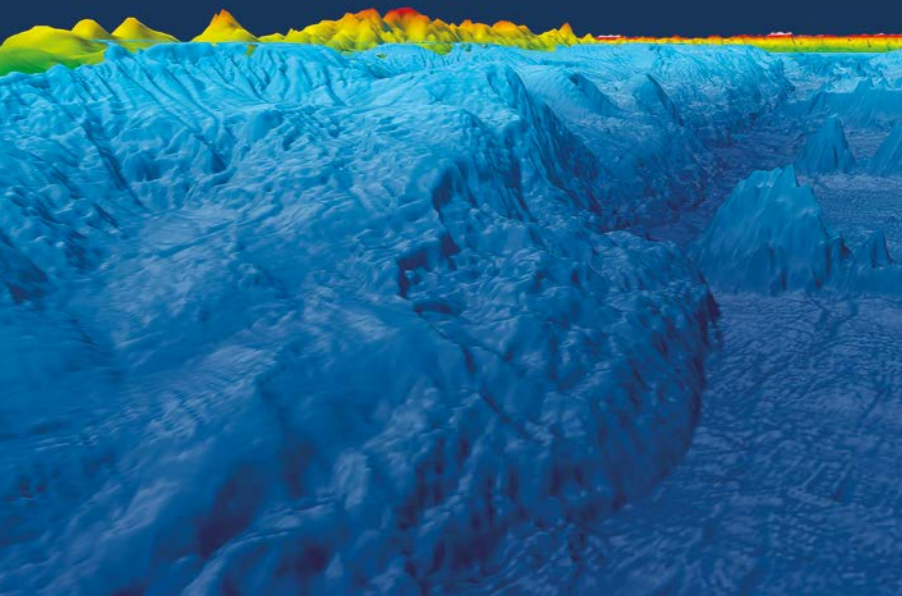


1926 Mit Umberto Nobile und Lincoln Ellsworth gelang Roald Amundsen die erste Überquerung der Arktis in einem Luftschiff

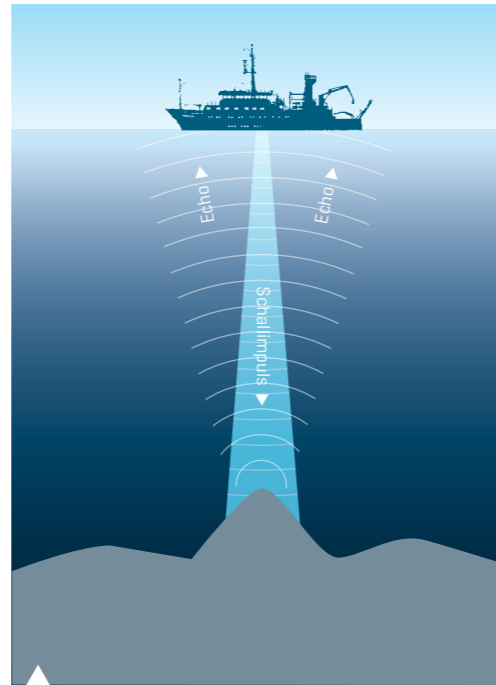
Auf mehreren Expeditionen wurden von Behm speziell konstruierte Echolote eingesetzt. Amundsen maß damit die Tiefe unter dem Eis des Nordpolarmeeres. Für Nobile wurde ein Echolot entwickelt, das vom Luftschiff zur Messung der Meerestiefe herabgelassen werden konnte. Die schwedische Sandström-Expedition entdeckte mit einem Behmloch die Ostgrönland-Rinne.



Perspektivansicht des Kontinentalrands vor Costa Rica, erstellt mit Fächerecholotdaten von FS SONNE [1]



Visualisierung: W. Weinreb, GEOMAR



Grafik: C. Kersten, GEOMAR

Navigations- und Fischereilot

Das klassische Echolot wird auch heute noch genutzt. Viele Handelsschiffe sind mit einem Navigationslot ausgestattet, um beim Navigieren in unbekanntem Gewässern mögliche Untiefen erkennen zu können oder um beim Anlaufen eines Hafens mit großen Tidenunterschieden den Tiefgang zu überprüfen. Jedes Schiff über 300 Bruttoregistertonnen muss heute mit einem Echolot ausgestattet sein. Fällt dieses Gerät aus, darf das Schiff nicht mehr in Küstennähe navigieren.

Echolot an Bord des Forschungskutters LITTORINA (bis 2014 im Einsatz)



12 Die Vermessung der Ozeane

Weiterentwicklungen der Echolotung für Flachwasser und Tiefsee

Das Echolot hat seit seiner Erfindung 1913 eine rasante Entwicklung erlebt. Auch wenn das klassische Echolot nur noch selten zum Einsatz kommt, so sind die aus ihm entwickelten Instrumente wie Navigations- und Fischereilot, Sediment-Echolote, Seitensichtsonare und Fächerecholote aus der modernen Meeresforschung nicht mehr wegzudenken. Bereits in den 1920er Jahren wurde Ultraschall genutzt. Dadurch konnte der Schall stärker gebündelt werden und es waren präzisere Messungen möglich. Zusätzlich wurden die Methoden zur Aufzeichnung der Daten immer weiter verbessert. Ziel der Entwicklung von Fächerecholoten war es, anstelle von linearen Messungen Flächen zu erfassen. Moderne Tauchroboter wie das AUV ABYSS des GEOMAR sind mit verschiedenen Lotsystemen ausgestattet, die in wenigen Metern Abstand zum Meeresgrund den Boden der Tiefsee sehr detailliert vermessen können.

Das Grundprinzip der Echolotung

Ein Schallimpuls wird ins Wasser gegeben und sein Echo an der Wasseroberfläche aufgefangen. Der Zeitraum zwischen beiden Ereignissen wird gemessen. Die Wassertiefe (h) ergibt sich aus einer bekannten Wasserschallgeschwindigkeit (c) und der gemessenen Laufzeit (t) des Schallsignals $h=1/2 \cdot (c \cdot t)$

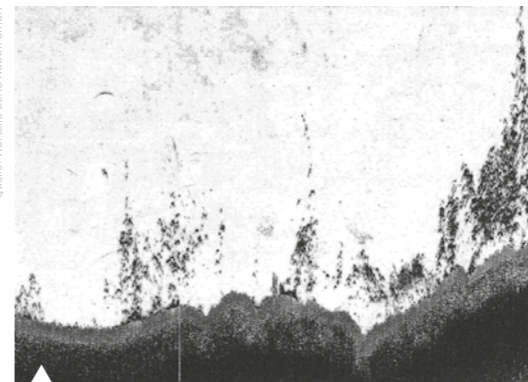
Die Genauigkeit der Tiefenmessung ist abhängig von der Zeitmessung, der Bündelung der Schallwellen, der Schiffsbewegung, der Form des Meeresbodens und der durchschnittlichen Schallgeschwindigkeit. Letztere ist abhängig von der Temperatur und dem Salzgehalt des Wassers, die beide stets parallel ermittelt werden.



Die SONNE (II) ist das jüngste Mitglied der deutschen Forschungsflotte und gilt als eines der weltweit modernsten Schiffe für die Meeresforschung

Eine eigens entwickelte Rumpfform verhindert, dass sich Blasen unter dem Rumpf bilden, die bei der Vermessung der Meeresböden mit den schiffseigenen Lotsystemen stören könnten.

Quelle: Wärtzell ELAC Nautek GmbH

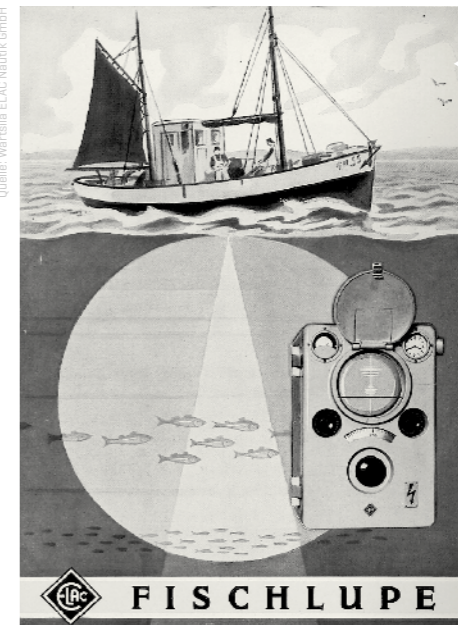


Echogramm eines Heringsschwarms

aus der ELAC Echolotfibel:

„Fische [...] geben bereits auf Grund ihrer stofflichen Zusammensetzung ein weniger starkes Echo als die meisten anderen im Wasser vorkommenden toten Gegenstände. [...] Ein Fischschwarm gibt um so stärkeres Echo, je dichter er ist. Ein Fischschwarm gibt stärkeres Echo als ein Einzelfisch dieses Schwarmes. Ein großer Fisch gibt stärkeres Echo als ein kleiner.“

Quelle: Wärtzell ELAC Nautek GmbH



ELAC Fischlupe

Broschüre aus den 1950er Jahren

Echolote werden in der Fischerei genutzt, um Fischschwärme aufzuspüren, da die Schwimmblase der Fische ein Echo erzeugt. Fischereilot arbeiten mit Signalen von 38 bis 60 Kilohertz.



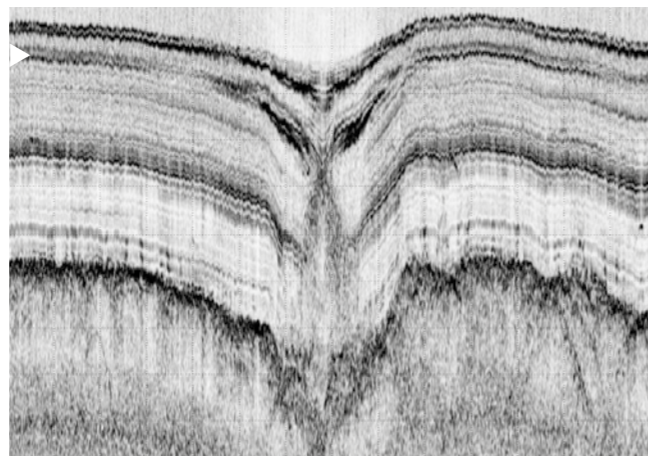
Foto: GEOMAR

▲ GeoChirp

Bei diesem Modell befinden sich Schallsender und Empfänger sowie ein Teil der Elektronik in einem geschleppten Geräteträger (tow fish), der kurze Schallsignale (chirp's) ausgesendet, welche die Frequenz von 1,5 bis 11,5 Kilohertz kontinuierlich ändern.

Echogramm

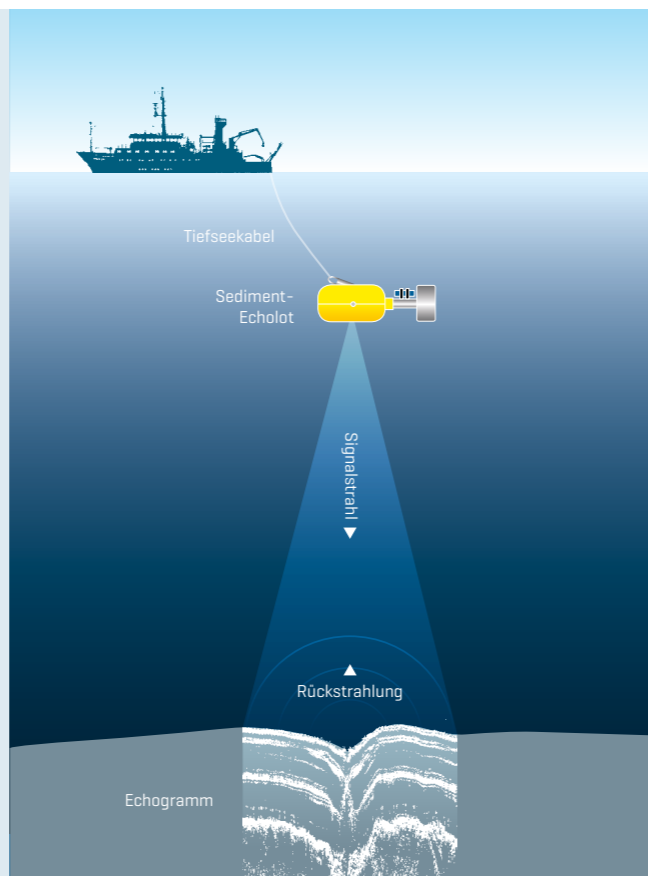
Bodenstruktur im zentralen Teil des Gotlandbeckens in der Ostsee, erstellt mit dem GeoChirp Sediment-Echolot.



Quelle: IOV-Geomar/Inns Praxikum

Sediment-Echolote

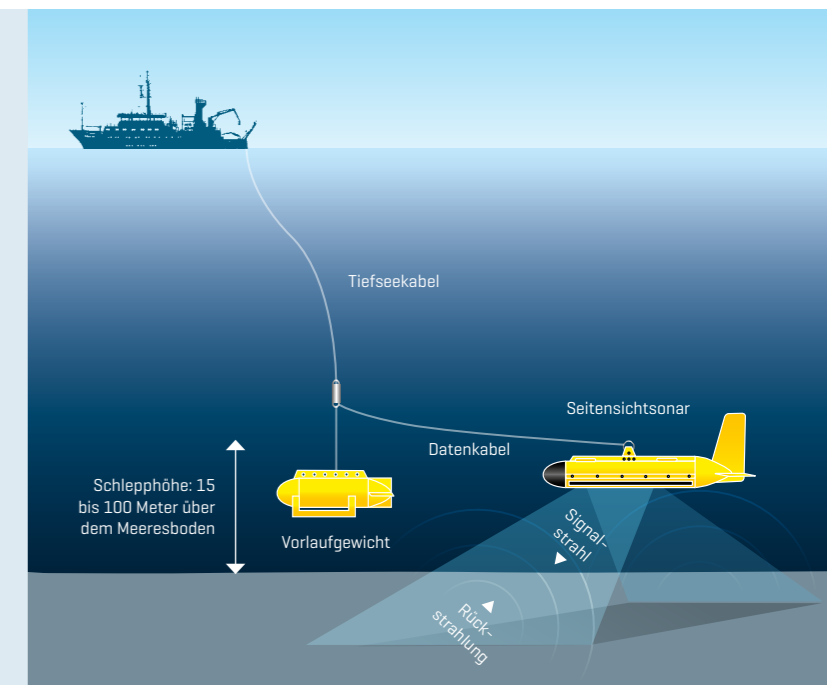
Im Gegensatz zu klassischen Echoloten zur Bestimmung der Wassertiefe senden und empfangen Sediment-Echolote niedrigere Schallfrequenzen in vertikaler Richtung. Durch möglichst enge Bündelung des Signalstrahls (5 bis 30 Grad) sollen seitlich einfallende Störsignale gedämpft werden. Das akustische Signal mit einer Wellenlänge von 25 Zentimeter bis 3 Meter dringt so, statt am Meeresboden reflektiert zu werden, bis zu einer Tiefe von ungefähr 100 Metern in den Meeresboden ein und zeichnet dabei ein Abbild der Strukturen im Untergrund. Diese sogenannten Echogramme liefern den Geologen und Geophysikern eine wichtige Grundlage über die Schichtung und die Beschaffenheit der jeweiligen Bodenablagerungen (Sedimente). Das GEOMAR nutzt diese speziellen Echolote, um zum Beispiel gashydratreiche Sedimentschichten sowie vulkanische Aschelagen im Ozeanboden aufzuspüren oder auch zur Vermessung des Meeresbodens, um geeignete Lokationen für die Beprobung durch Schwerelote zu ermitteln.



Grafik: C. Kersten, GEOMAR

Seitensichtsonare

Tiefgeschleppte Seitensichtsonare werden eingesetzt, um die Strukturen an der Oberfläche des Meeresbodens näher zu untersuchen. Aus den gewonnenen Daten lassen sich zum Beispiel Hinweise auf veränderte Strukturen am Meeresboden oder auf geologische Störungen im Untergrund gewinnen. Ein akustisches Signal wird seitlich von dem von einem Schiff geschleppten System abgestrahlt. Trifft dieses Signal auf den Untergrund, wird es reflektiert und ein Teil wird wieder vom Gerät aufgefangen. Die Stärke dieser Rückstrahlung hängt von der Neigung des Meeresbodens, dem Einfallswinkel des Signals und von der Beschaffenheit des Meeresbodens ab. So lassen sich mit Seitensichtsonaren Ablagerungen und Strukturen am Meeresboden kartieren.



Grafik: C. Kersten, GEOMAR



Foto: GEOMAR

◀ Flachwasser-Seitensichtsonar

Sonare dieses Typs werden im Flachwasser der küstennahen Gebiete bis in Tiefen von bis zu 500 Metern eingesetzt. Sie dienen zum Beispiel zur Wracksuche, der Erkundung von Sandwanderungsprozessen oder zur Untersuchung von Spuren der Grundfischerei.

Flachwasser-Seitensichtsonare werden meist hinter einem Schiff in einem Abstand von ungefähr 10 Metern zum Meeresboden geschleppt. Manche Geräte sind auch an einem ausfahrbaren Teleskoparm fest montiert (häufig bei Vermessungsschiffen). Einige Sonare sind mit zwei Frequenzen ausgestattet, in der Regel mit 100 und 500 kHz. Bei 100 kHz kann ein 600 Meter breiter Streifen am Meeresboden kartiert werden. Bei einer Frequenz von 500 kHz ist der Streifen nur 150 Meter breit, verfügt dafür aber über eine bessere Detailauflösung.

Foto: GEOMAR



Aussetzen eines tiefgeschleppten Seitensichtsonars

Dieses System des GEOMAR kann in Wassertiefen bis zu 6.000 Metern eingesetzt werden und hat je nach Entfernung zum Meeresboden eine Auflösung von 25 bis 100 Zentimetern.

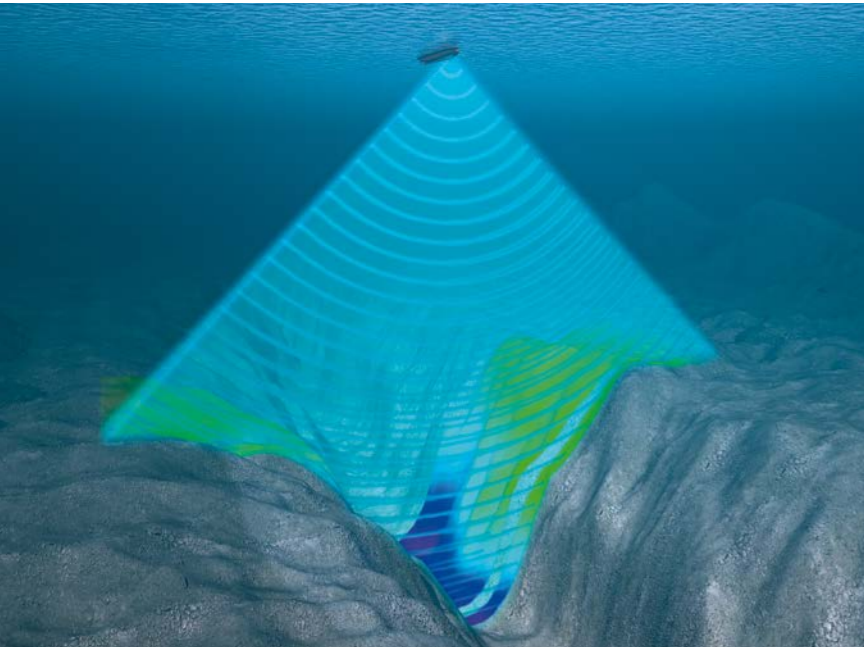
Quelle: AUV-Team, GEOMAR



Sonogramm

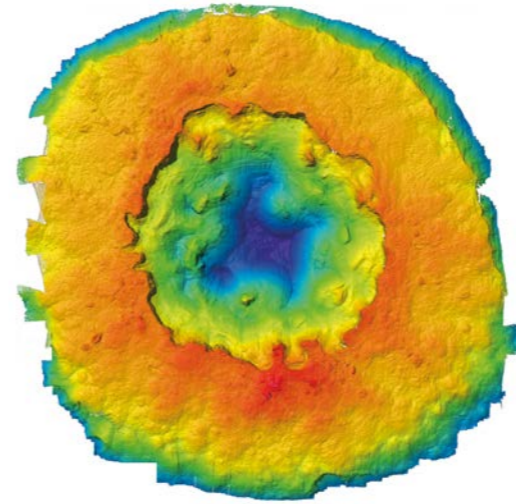
Aufnahme eines Schiffswracks im Golf von Cadix

Seitensichtsonare werden nahe am Meeresboden eingesetzt. Ein großer Vorteil dieser Methode ist die sehr detaillierte Auflösung von Objekten.



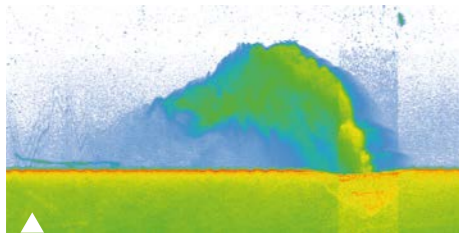
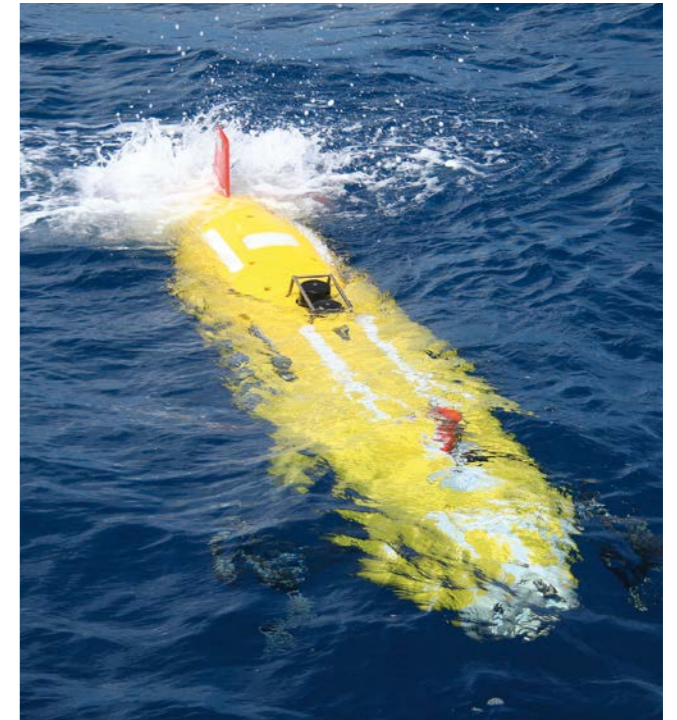
Fächerecholote

Moderne Fächerecholote können über 200 einzelne Fächer erzeugen, die bei 5.000 Metern Wassertiefe einen 31 Kilometer breiten Streifen senkrecht zur Fahrtrichtung des Schiffes in einem einzigen Durchgang abtasten. Bei Flächenvermessungen im Flachwasser werden Frequenzen im Bereich vom mehreren 100 Kilohertz eingesetzt. Fächerecholote, die auch die tiefsten Stellen der Ozeane vermessen können, arbeiten üblicherweise mit Frequenzen von 12 bis 50 Kilohertz.



▲ Visualisierung des Franklin Seamounts im Pazifik

Aus den mit dem Fächerecholot des AUV ABYSS gewonnenen Daten können Karten und hochauflösende dreidimensionale Modelle vom Meeresboden erstellt werden.



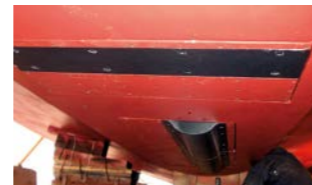
Wassersäulen-Ansicht eines Gasaustritts in der Nordsee

Eine weitere Möglichkeit des Einsatzes von Fächerecholoten ist die Vermessung von Gasaustritten am Meeresboden.

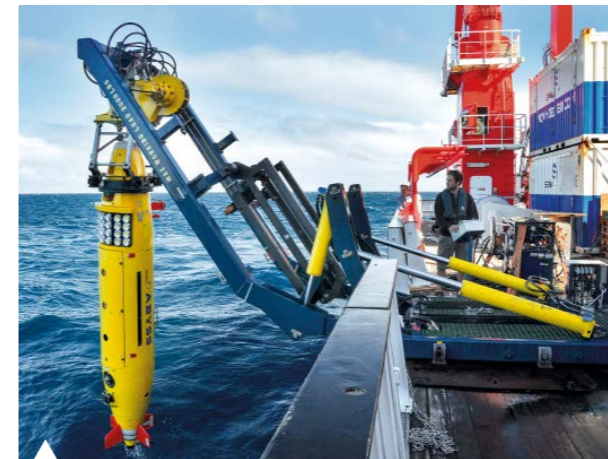
ELAC SeaBeam

Auf dem Forschungsschiff POSEIDON des GEOMAR wurde ein Fächerecholot der Firma Wärtsilä ELAC Nautik fest installiert

Mit diesem System können im Flachwasser bei 100 Metern Wassertiefe bis zu 20 Zentimeter große Objekte identifiziert werden, während in der Tiefsee bei 1.000 Metern Wassertiefe Objekte ab 10 Metern Durchmesser detektiert werden können.



Quelle: Wärtsilä ELAC Nautik GmbH



Aussetzen von AUV ABYSS von Bord des Forschungsschiffs SONNE

Die vier Meter lange, kabellose Unterwasserdrohne kann auf allen mittleren und großen Forschungsschiffen eingesetzt werden, wobei das Aussetzen und Einholen dabei über einen für das System konzipierten Aussetzrahmen [LARS] erfolgt.

AUV ABYSS

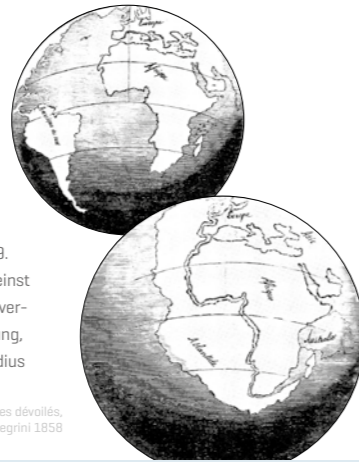
Das autonome Unterwasserfahrzeug [AUV] ABYSS des GEOMAR kann mit Hilfe seines hochauflösenden Fächerecholots größere Flächen des Meeresbodens sehr detailliert kartieren. Zusätzlich ist ABYSS mit einem Seitensichtsonar, einem Sediment-Echolot und einem Videokamerasystem ausgestattet. Sein Name bezieht sich auf das sogenannte Abyssal, ein Begriff, der den Meeresboden zwischen 2.000 und 6.000 Metern Tiefe umfasst. In diesen Tiefen gleitet das stromlinienförmige AUV mit bis zu vier Knoten dicht über den Meeresboden, wobei es Hindernissen selbstständig ausweicht. Bis zu 20 Stunden dauert ein Tauchgang, dann taucht ABYSS selbständig wieder auf.

Kontinentalverschiebung ▶

Erste bekannte Abbildung zur Entstehung des Atlantiks von dem Geographen Antonio Snider-Pellegrini 1858. Schon früh fiel Wissenschaftlern auf, dass die Küsten Europas und Afrikas mit der amerikanischen Kontinente wie Puzzlestücke zusammenpassen.

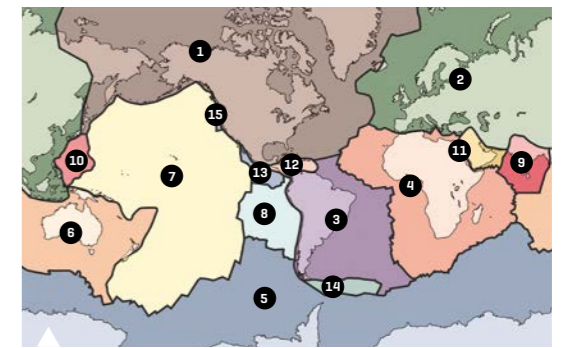
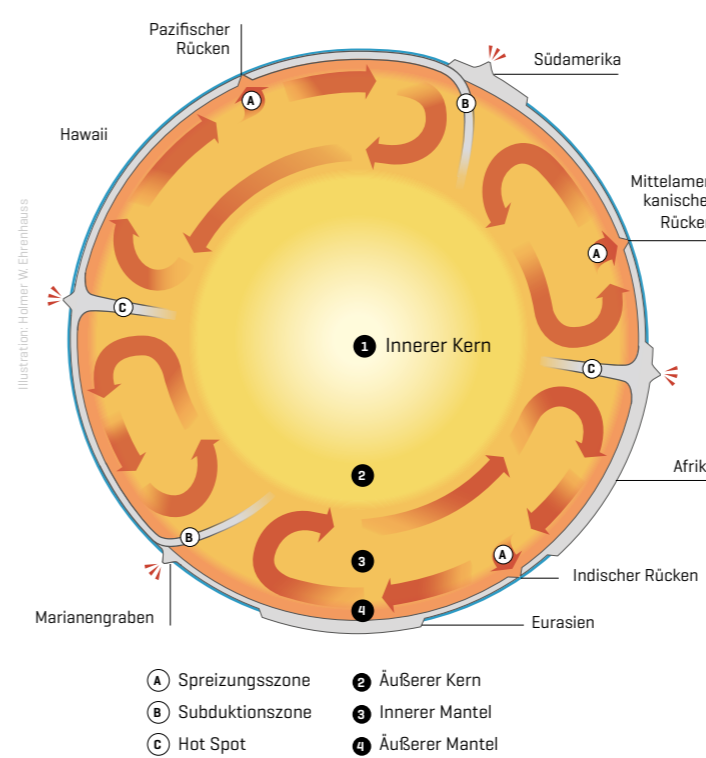
Mit einer fundierten Erklärung dieser Übereinstimmung taten sich die Gelehrten jedoch lange schwer. Der flämische Kartograph Abraham Ortelius nahm 1570 an, der amerikanische Kontinent wäre durch Erdbeben und Flut vom eurasischen Erdteil fortgerissen worden. Thesen im 19. und frühen 20. Jahrhundert gingen davon aus, dass die beiden Kontinente einst durch Landbrücken verbunden gewesen waren, die jedoch später im Meer versanken. Bis in die 60er Jahre des letzten Jahrhunderts gab es die Vermutung, dass die Drift der Kontinente durch eine ständige Vergrößerung des Erdradius bewirkt wurde [Expansionstheorie].

Quelle: La Création et ses mystères dévoilés, Antonio Snider-Pellegrini 1858



Plattentektonik ▶

Im Inneren sorgt der heiße Erdkern für Konvektionsströme, wodurch Teile des zähflüssigen Erdmantels nach oben drängen. An den ozeanischen Rücken wird dieses heiße Mantelgestein teilweise aufgeschmolzen und tritt als Magma an die Oberfläche. Neue Ozeankruste entsteht, kühlt langsam ab und breitet sich seitwärts aus. Wie auf einem Förderband bewegen sich die Erdplatten über den obersten Mantel und schieben die Kontinente mit sich. Vulkanausbrüche und Erdbeben treten auf. An Hot Spots bildet besonders heißes, aufsteigendes Material aus dem Erdinneren eine lokal stabile Aufschmelzzone im Erdmantel. Durch die Bewegung der Platten über dem Hotspot bilden sich vulkanische Inselketten wie Hawaii oder die Kanaren.



Kontinentalplatten

Gliederung der äußeren Erdhülle in tektonische Platten, die dem Erdmantel aufliegen. Die etwa 100 Kilometer dicken Platten „schwimmen“ auf dem zähplastischen äußeren Erdmantel.

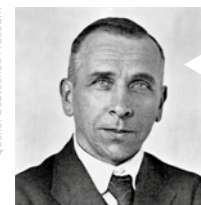
- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1 Nordamerikanische Platte | 9 Indische Platte |
| 2 Eurasische Platte | 10 Philippinische Platte |
| 3 Südamerikanische Platte | 11 Arabische Platte |
| 4 Afrikanische Platte | 12 Karibische Platte |
| 5 Antarktische Platte | 13 Cocosplatte |
| 6 Australische Platte | 14 Scotia-Platte |
| 7 Pazifische Platte | 15 Juan-de-Fuca-Platte |
| 8 Nazca-Platte | |

Das neue Verständnis des Systems Erde

Kontinentaldrift und Plattentektonik

Die Geschichte der Entstehung der Kontinente war den Menschen lange Zeit ein Rätsel. Alfred Wegener entwickelte dazu 1912 die Theorie der Kontinentalverschiebung. Die detaillierten Tiefendaten, die durch Echolotung gewonnen werden konnten, revolutionierten in den 1960er und 1970er Jahren das Verständnis des Systems Erde. Die amerikani-

schen Meeresforscher Marie Tharp und Bruce Heezen erstellten aus diesen Daten die ersten dreidimensionalen Karten ozeanischer Rücken. Heezen entwickelte auf Basis dieser Karten die Theorie, dass in den Scheitelgräben der Rücken vulkanisches Material aufsteigt, das den Meeresboden auseinanderschiebt. Diese Theorie regte wiederum den amerikanischen Geophysiker Harry Hess zur Entwicklung seines Modells der Plattentektonik an. Damit konnte erstmals erklärt werden, wie Ozeane und Kontinente entstehen, warum sich Gebirge dort erheben, wo wir sie heute finden und wie es zu Naturgefahren wie Erdbeben, Vulkanausbrüchen und Tsunamis kommt.



Alfred Wegener

Der deutsche Meteorologe und Polarforscher fasste 1912 die empirischen Erkenntnisse der Vergangenheit zusammen und entwickelte die Kontinentalverschiebungstheorie, auf die er „unter dem unmittelbaren Eindruck von der Kongruenz der atlantischen Küsten“ kam.

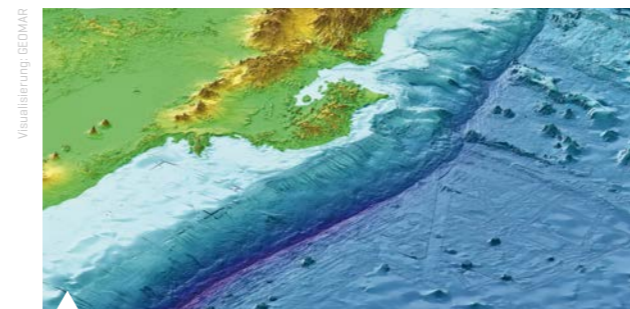
Alfred Wegener vermutete, dass die einzelnen Kontinente einst eine zusammenhängende Landmasse gebildet hatten, die im Laufe der Jahrmillionen auseinander driftete. Als Antriebsenergie nahm er Zentrifugal- und Gezeitenkräfte an. Wegeners Theorie sorgte in der Fachwelt für heftige Diskussionen, wurde aber damals von den Geowissenschaftlern verworfen. Heute jedoch weiß man durch die systematische Erforschung des Tiefseebodens, dass Wegener in weiten Teilen Recht hatte.



Marie Tharp

Marie Tharp war eine amerikanische Geologin und Kartographin. Ihre besondere Leistung bestand in der Entdeckung der Grabenstruktur im Zentrum des Mittelatlantischen Rückens im Jahr 1952 zusammen mit dem Meeresgeologen Bruce Heezen.

Später erkannten beide bei der Kartierung der anderen ozeanischen Rücken identische Strukturen. Diese Entdeckung war für die weitere Entwicklung und Bestätigung der Theorien der Kontinentaldrift und Plattentektonik von zentraler Bedeutung.

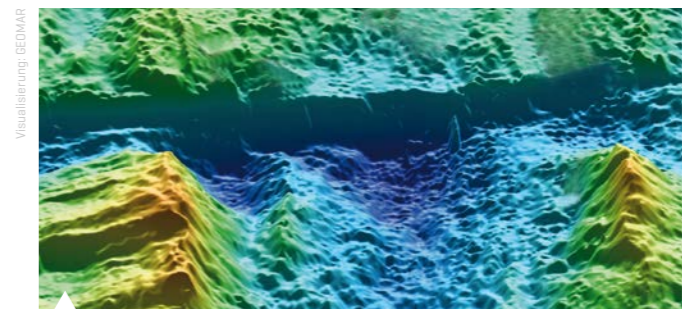


Visualisierung: GEOMAR

Subduktionszonen in den Tiefseeegräben

Ausschnitt des Tiefseeegrabens vor der Pazifikküste Costa Ricas. Hier sinkt die Nazca Platte unter die Südamerikanische Platte.

Eine Subduktionszone ist ein Bereich auf der Erde, an dem sich eine ozeanische Platte unter eine kontinentale Platte schiebt. Die Gesteine der abtauchenden Erdplatte gelangen zurück ins Erdinnere, während sich auf der oberen Platte Gebirge und Inselbögen formieren. Dabei bilden sich Tiefseeegräben, die etwa 11.000 Meter hinab reichen können.



Visualisierung: GEOMAR

Spreizungszonen in den ozeanischen Rücken

Ausschnitt des Scheitelgrabens im mittelatlantischen Rücken bei 5 Grad Süd im zentralen Atlantik. Hier steigt Lava auf und bildet ständig neuen Ozeanboden.

An dieser Stelle wird der Rücken um mehrere Kilometer nach Westen versetzt. Mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 13 Zentimetern pro Jahr gleitet der Meeresboden seitwärts von dem ozeanischen Rücken davon. Als Columbus 1492 über den Atlantik segelte, war dieser Ozeanbereich noch ungefähr 20 Meter schmaler als heute.



22-23 Frühe Seekarten des Nordens

Die Entwicklung der Navigation im Flachwasser
am Beispiel der Ostsee



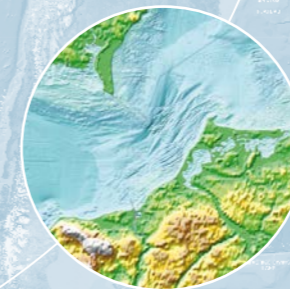
24-25 Tiefenkarten des 19. Jahrhunderts

Große Schiffsexpeditionen legen den Grundstein für
ozeanische Tiefenmessungen



26-27 Tiefenkarten der Meere ab 1905

Die Entwicklung der Bathymetrie
am Beispiel des Atlantiks



28-29 Die westliche Ostsee

Dreidimensionale Kartenansicht
des Meeresbodens

Die Geschichte der Meereskarten

Welche Auswirkungen haben die technischen Möglichkeiten der
Tiefenmessung auf unser Verständnis des Systems Erde?

Von den ersten handgezeichneten Seekarten bis zu aktuellen
3D-Ansichten des Meeresbodens



▲ 880

Älteste Segelanweisung aus der Wikingerzeit vom norwegischen Kaufmann Ottar für die Route von Bergen nach Haithabu:

„Auf der Backbordseite liegt während der ganzen Zeit Norwegen. Südlich von Sciringssal (bei Oslo) geht ein großes Meer (die Ostsee) ins Land hinein, das breiter ist, als dass es ein Mensch überblicken könne [...]. Dieses Meer geht viele hundert Meilen weit ins Land hinein [...]. Von Sciringssal ist er in fünf Tagen nach dem Hafen gesegelt, den man Haethum (Haithabu) nennt.“



▲ 1470

Beispiel einer Segelanweisung aus der Nordsee:

„Wenn man von der Doggerbank segelt und kommt südlich Flamborough Head [...], dann findet man es 25 Faden tief, und der Grund besteht aus grobem grauen Sand, vermengt mit Schlick. Und wenn man den Grund schwarz, rot und weiß findet auf 20 Faden Tiefe, dann lotet fleißig und hütet euch vor dem gefährlichen Grund, der 5 Meilen [...] nordnordost von de Schilt in der See liegt.“



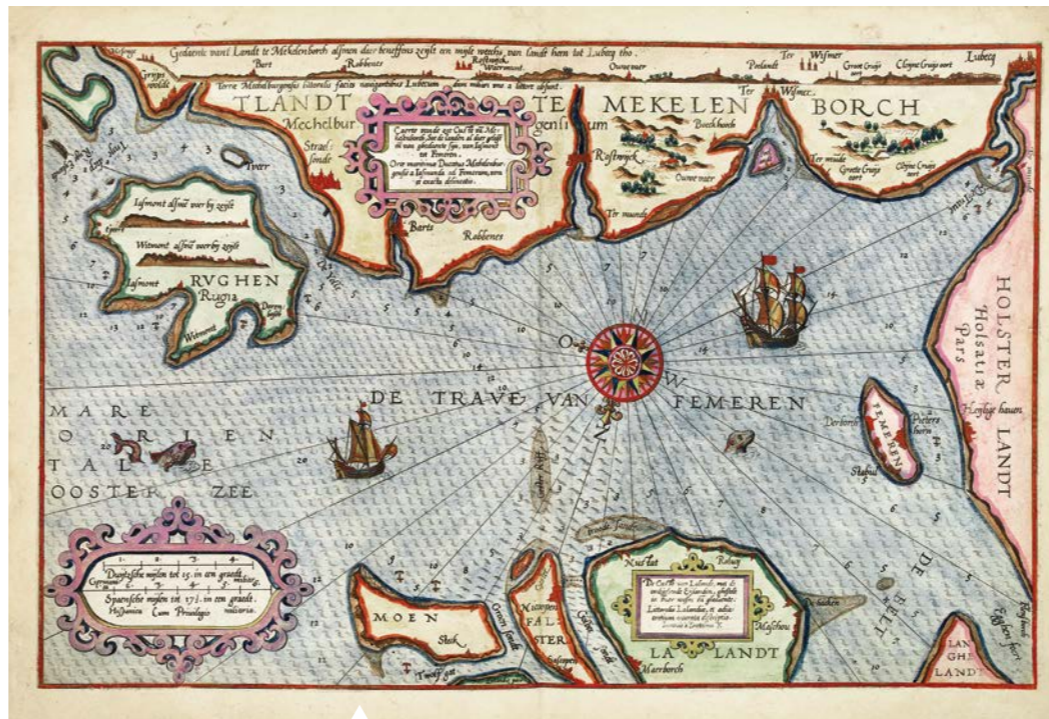
1543 Die älteste gedruckte Seekarte Nordeuropas, die „Caerte von Oostlant“, des niederländischen Malers und Kartographen Cornelis Anthoniszoon [Ausschnitt]

Die Karte zeigt Nord- und Ostsee mit den angrenzenden Küstenregionen von den Niederlanden bis zum Baltikum mit den südlichen Teilen von Norwegen und Schweden. Diese Darstellung enthält noch keine Tiefenangaben.

Frühe Seekarten des Nordens

Die Entwicklung der Navigation im Flachwasser am Beispiel der Ostsee

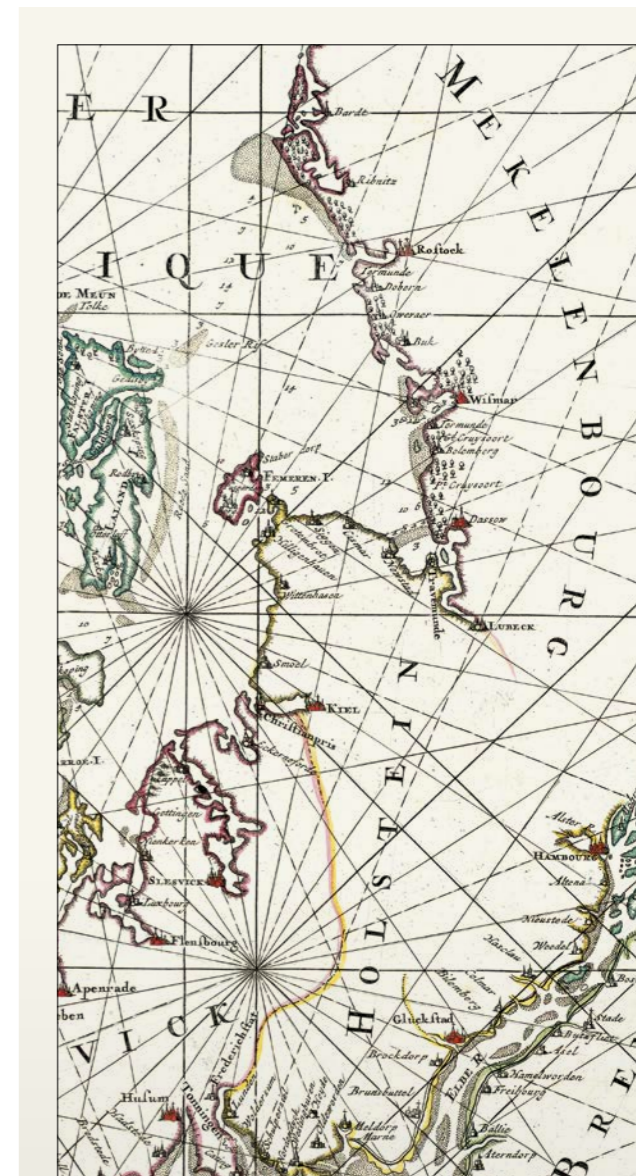
Schiffsreisen waren in früheren Jahrhunderten stets mit erheblichen Risiken verbunden. weshalb die Handelsrouten entlang der küstennahen Flachwasser gelotet wurden. Die Bedeutung des Seehandels stieg aber immer weiter an, weshalb die Handelsrouten entlang der küstennahen Flachwasser gelotet wurden. Das Wissen der Seefahrer wurde zunächst als Segelanweisung in Seebüchern aufgeschrieben und erst ab 1543 in Form erster Seekarten dokumentiert. Zuvor wurden die sicheren Schifffskurse wie ein Geheimwissen von den seefahrenden Nationen behandelt. Erst um



1584 Seekarte des holländischen Kartographen Lucas Janszoon Waghenaer aus dessen erster Publikation „Spiegel der zeevaerdt“

Seekarte der nordöstlichen Ostsee (Süden ist oben). Die Karte zeigt handgelotete Meerestiefen, Sandbänke, Landmarken und Küstenprofile. Zwischen 1550 und 1579 besegelte Waghenaer die Meere als Kapitän, was seine spätere Arbeit an nautischen Karten beeinflusste.

die Mitte des 19. Jahrhunderts traten die Segelanweisungen ihre Jahrhunderte währende Vorrangstellung gegenüber den Seekarten ab, die von da an zuverlässige Abbildungen der Küstenverläufe von Nord- und Ostsee auf wissenschaftlicher Grundlage boten. 1858 erschien der preußische Seeatlas der inneren Deutschen Bucht. An der Ostseeküste gab zunächst das Preußische Ministerium des Handels Ostseekarten heraus (1833-43). Ab 1861 übernahm das Hydrographische Büro des Preußischen Marineministeriums das gesamte deutsche Seekartenwesen. Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts erreichten die deutschen Seekarten ein international anerkanntes Niveau. Heute wird diese Aufgabe vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) wahrgenommen.



1693

„Carte de la mer de Dannemark“ des französischen Kartographen und Verlegers Alexis Hubert Jaillot [Ausschnitt]

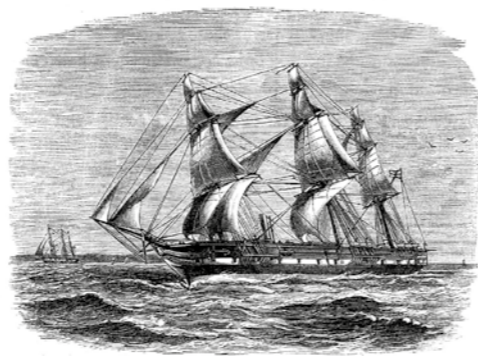
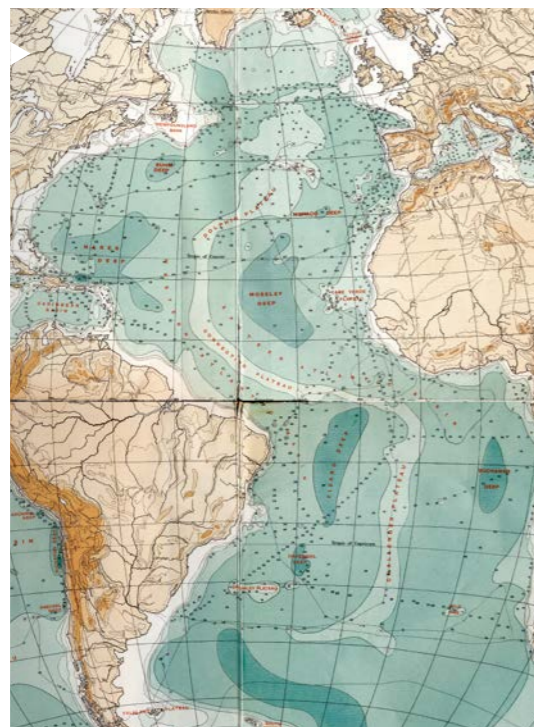
1854 Erste Tiefenkarte eines Ozeanbereiches (Nordatlantik) von M. F. Maury

Die erste systematische Vermessung im tieferen Ozean wurde von dem amerikanischen Kaufmann Cyrus Field initiiert, der von der Idee fasziniert war, das erste transatlantische Telegraphenkabel zu verlegen. Für diese Idee gewann er Matthew Fountaine Maury, der das Karten- und Instrumentendepot der US-Marine in Washington leitete. Zur Lokalisierung einer geeigneten Trasse ließ er Handlotungen vornehmen. 1866 wurde die Telegraphenverbindung zwischen Irland und Neufundland aufgenommen.

1885

Die Lotungen der CHALLENGER-Expedition erbrachten die erste Tiefenkarten aller Ozeane

Die rechts abgebildete Karte zeigt erstmals den mittelatlantischen Rücken, wodurch Maury's Darstellung des Atlantischen Ozeans als Kontinente trennender Trug widerlegt war.



▲ 1872 - 1876

Die Weltumsegelung der Dampfkorvette HMS CHALLENGER gilt als der Beginn der modernen Meeresforschung

Während der Expedition wurden neben weiteren Untersuchungen 492 Drahtlotungen in der Tiefsee mit einem hundert Kilogramm schweren Bleilot durchgeführt.

Quelle: Report on the scientific results of the voyage of H.M.S. Challenger



1898-99

Der erste wesentliche deutsche Beitrag zur Tiefseeforschung erfolgte mit der Deutschen Tiefsee-Expedition mit dem Dampfer VALDIVIA unter Leitung des Zoologen Carl Chun

unterhalb von 500 Metern Tiefe kein Leben im Meer geben könne. Diese Theorie wurde 1869 durch Wyville Thompson während der Reise der HMS PORCUPINE widerlegt, auf der Lebewesen aus 4.600 Metern Tiefe geborgen wurden. Diese faszinierende Erkenntnis führte zur Expedition des britischen Forschungsschiffes HMS CHALLENGER von 1872 bis 1876, mit der wir heute den Beginn systematischer ozeanographischer Forschung definieren.

Tiefenkarten des 19. Jahrhunderts

Große Schiffsexpeditionen legen den Grundstein für ozeanische Tiefenmessungen

Wie bereits im küstennahen Flachwasser wurden auch die Lotungen im tiefen Ozean durch wirtschaftliches Interesse initiiert. Die Vorbereitungen zur Verlegung des ersten transatlantischen Seekabels zwischen Nordamerika und Europa führten 1854 zur ersten Tiefenkarte eines großen Ozeanbereichs, einer sogenannten bathymetrischen Karte des Nordatlantiks. Aber auch wissenschaftliche Neugier brachte weitere Erkenntnisse über die Tiefen der Meere. Lange dominierte die Vorstellung, dass es

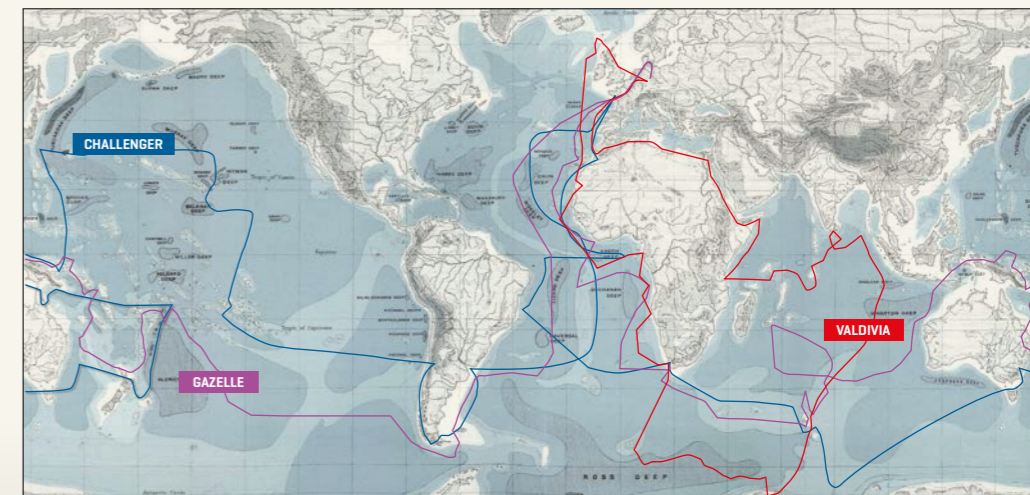


Bild: Alex Kirchner, 19. Jh.

1874-76

Deutschlands Einstieg in die Tiefseeforschung erfolgte mit der Dampfkorvette SMS GAZELLE.

Nach dem Treffen der Kommandanten der CHALLENGER und der GAZELLE in Südamerika bildeten die Rückreisen beider Schiffe das erste koordinierte Mehrschiffprogramm der Welt.



Karte: Bathymetrical Chart of the Oceans showing the „deeps“ according to Sir John Murray, 1899

1899

Bathymetrische Weltkarte nach Sir John Murray mit nachträglich eingezeichneten Routen der CHALLENGER, GAZELLE und VALDIVIA

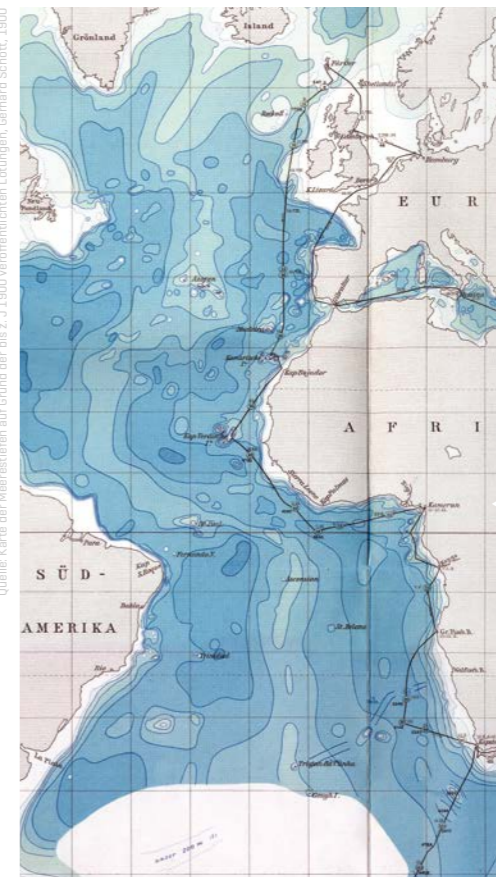
John Murray nahm als Assistent des Expeditionsleiters Charles Wyville Thomson an der Reise der CHALLENGER teil. Bis 1896 veröffentlichte er die wissenschaftlichen Ergebnisse in 50 Bänden, die in einer Auflage von 700 Exemplaren gedruckt und weltweit kostenfrei an alle maritimen Einrichtungen verschickt wurden.

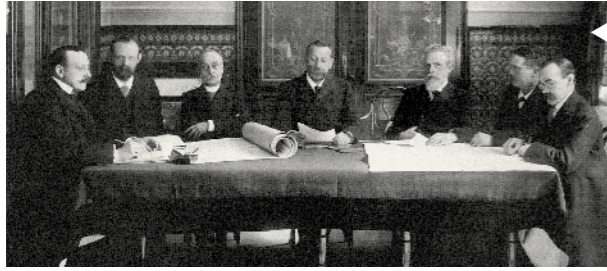
1900

Bathymetrische Karte des Atlantiks [Ausschnitt]

Nach der Deutschen Tiefsee-Expedition wurde von Dr. Gerhard Schott eine neue Tiefenkarte vom Atlantik und dem Indischen Ozean publiziert.

Quelle: Karte der Meerestiefen auf Grund der bis z. J. 1900 veröffentlichten Lotungen, Gerhard Schott, 1900



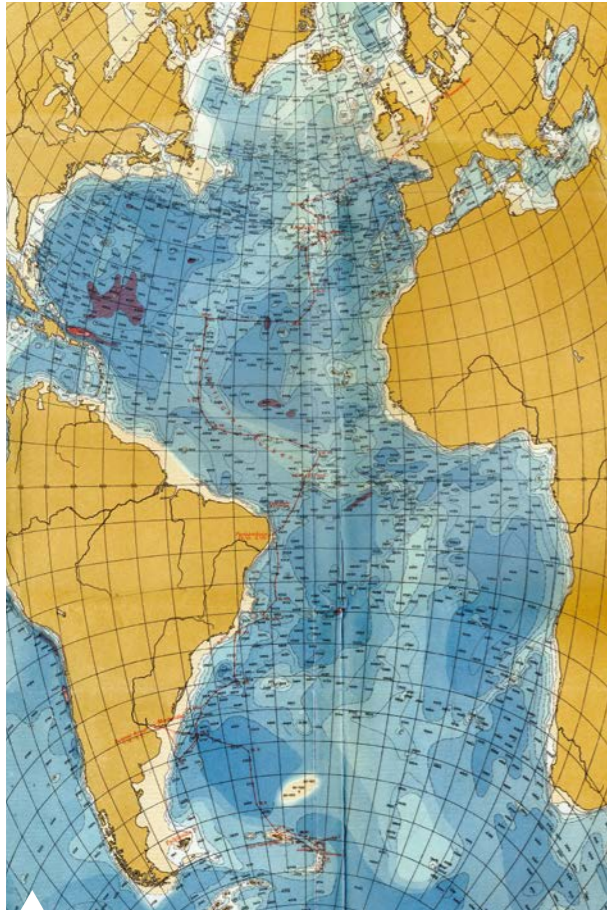


1905 Die erste Ausgabe der „General Bathymetric Chart of the Oceans“ (GEBCO) bildet die Grundlage für eine einheitliche Darstellung der Meerestiefen

Foto des ersten Treffens der internationalen GEBCO Kommission in Wiesbaden im April 1903 mit Beteiligung des Kieler Ozeanographen Otto Krümmel. Den Vorsitz der Kommission hatte Prinz Albert I. von Monaco [Mitte], rechts von ihm Prof. Dr. Julien Thoulet, Prof. Dr. Otto Krümmel, Charles Sauerwein; links von ihm Prof. Dr. Alexander Supan, Prof. Dr. Otto Pettersson, Dr. Hugh Robert Mill.

1925-27

Die Deutsche Atlantische Expedition erkundete den Atlantik zwischen Südamerika und Afrika mit Hilfe des Vermessungsschiffs METEOR



1912 Bathymetrische Karte des Atlantiks von Dr. Max Groll

Für diese Karte wurden alle weltweit publizierten Drahtlotungen von Max Groll am Berliner Institut für Meereskunde auf ihre Qualität überprüft. 6.000 von ihm ausgewählte Tiefenmessungen verwendete er in seinen Tiefenkarten des Pazifischen, Atlantischen und Indischen Ozeans.

1934 Tiefenkarte des Atlantiks von Theodor Stocks und Georg Wüst

Grundlage dafür bildeten die ersten systematischen Echolotungen während der Deutschen Atlantischen Expedition. Dabei wurden insgesamt 67.000 Tiefenmessungen durchgeführt. Die Karte zeigt die bis dahin detaillierteste Darstellung des mittelatlantischen Rückens als untermeerischen Gebirgszug.



2004 Satellitenkarte des Atlantiks

Mit Hilfe von Satelliten ist es möglich, Tiefenkarten von erstaunlicher Klarheit zu erstellen, auch wenn deren Sensoren die Wassersäule nicht durchdringen können. Hierzu wird ein komplexes Verfahren angewendet, das Verformungen des Meeresspiegels auf die Gestalt des Meeresbodens zurückrechnet. Im Detail können diese Karten jedoch deutliche Abweichungen von der wirklichen Bathymetrie aufweisen.

2015 GEBCO-Karte mit Ausschnitt des Atlantiks

Nach 1904 (18.400 Lotungen), 1927 (29.000 Lotungen), 1955 (370.000 Lotungen) und 1958-67 erschien im Jahr 1975 die fünfte Ausgabe der General Bathymetric Chart of the Oceans auf Basis von über 28 Mio. Lotungen. Die aktuelle Version ist heute frei verfügbar unter www.gebco.net im Internet zu finden.

Tiefenkarten der Meere ab 1905

Die Entwicklung der Bathymetrie am Beispiel des Atlantiks

Auf Initiative von Prinz Albert I. von Monaco wurde 1904 die internationale GEBCO-Kommission gegründet, die die Tiefendaten der nationalen Vermessungs- und

Forschungsschiffe zusammenführte und jeweils aktualisierte Tiefenkarten der Ozeane publizierte. Die Erfindung des Echolots im Jahr 1913 und die ersten systematischen Echolotmessungen während der Deutschen Atlantischen Expedition von 1925 bis 1927 bedeuteten einen Dimensionssprung in der Tiefenmessung der Ozeane und führten letztlich mit zum heutigen Verständnis des Systems Erde. Die aktuellen bathymetrischen Karten basieren ausschließlich auf Echolot-Vermessungsdaten, die heute in der Regel von Fächerloten erzeugt werden.

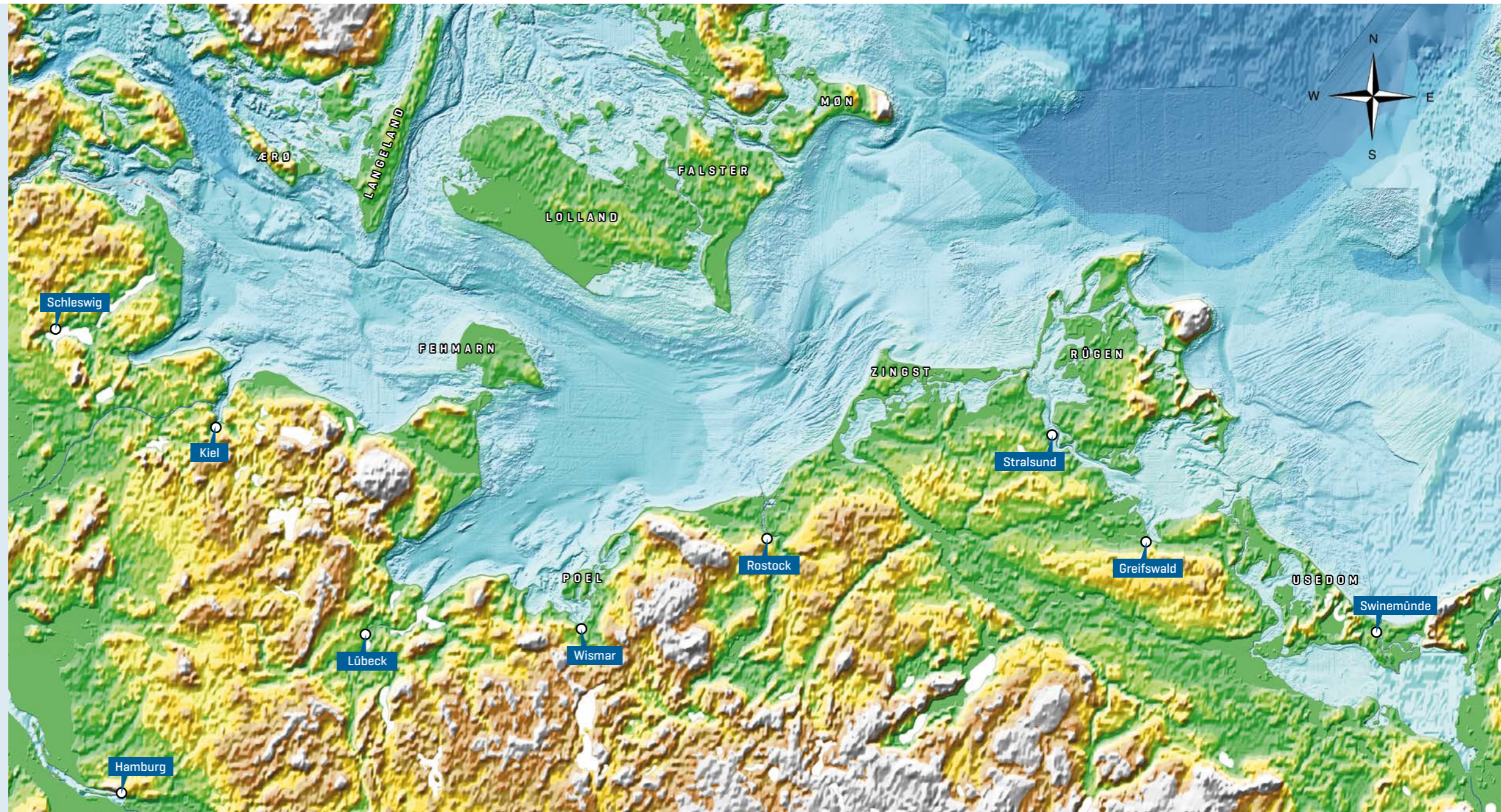
Die westliche Ostsee

Dreidimensionale Kartenansicht des Meeresbodens ▶

Der tiefste Punkt im abgebildeten Bereich der Ostsee erreicht 55 Meter unter dem Meeresspiegel, der höchste Punkt am Festland 179 Meter über dem Meeresspiegel. Die Karte zeigt, dass die Gestalt des Ostseebodens eiszeitlich geprägt ist. Während der Eiszeiten schufen die skandinavischen Gletscher die Grundform des heutigen Meeresbodens der Ostsee und formten durch ihre Bewegungen eine Fülle von Becken und Schwellen. Die Gletscher hinterließen eine Moränenlandschaft, die bald durch den Menschen besiedelt wurde. Erst durch den Anstieg des Meeresspiegels infolge der nacheiszeitlichen Klimaerwärmung wurde der abgebildete Bereich der Ostsee geflutet. Neben dem eiszeitlichen Formenschatz entstanden durch Strömungen am Meeresboden typische Bodenstrukturen, wie zum Beispiel die sogenannten Strömungsrippeln.

Diese Karte wurde ermöglicht durch die Unterstützung folgender Partner:

- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Royal Danish Administration for Navigation and Hydrography
- Sjöfartsverket Swedish Maritime Administration
- Hydrographic Office of the Polish Navy
- Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
- Wärtsilä ELAC Nautik GmbH
- GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
- Landesvermessungsämter der Bundesländer Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern



GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel

Das GEOMAR ist eine der weltweit führenden Einrichtungen auf dem Gebiet der Meeresforschung. Wissenschaftler des GEOMAR untersuchen die chemischen, physikalischen, biologischen und geologischen Prozesse im Ozean und ihre Wechselwirkung mit dem Meeresboden und der Atmosphäre. Mit dieser Bandbreite deckt das GEOMAR ein in Deutschland einzigartiges Spektrum ab. Das GEOMAR verfügt über eine moderne und leistungsfähige Forschungsinfrastruktur. Dazu zählen vier eigene Forschungsschiffe, das einzige bemannte deutsche Forschungstauchboot JAGO, die unbemannten Tiefseeroboter KIEL 6000, PHOCA, HYBIS und ABYSS sowie verschiedenste andere Geräte und Systeme.

www.geomar.de

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie [BSH]

Das BSH ist die zentrale maritime Behörde der Bundesrepublik Deutschland. Die Aufgaben des BSH umfassen klassische Verwaltungsaufgaben wie die Schifffahrtförderung des Bundes oder die Erstellung von Dokumenten für Seeleute und Seeschiffe, aber auch die Seevermessung und Wracksuche sowie die Herausgabe von Seekarten, den Betrieb von Vorhersage- und Warndiensten (Gezeiten, Wasserstand/Sturmfluten, Meer-eis), das Monitoring des Umweltzustandes von Nord- und Ostsee, die Genehmigung und Bauaufsicht von Offshore-Windparks, die Bereitstellung mariner Geodaten sowie die Koordination von Forschungsprojekten.

www.bsh.de

Institut für Pädagogik der CAU, Abt. Medienpädagogik / Bildungsinformatik

Die Abteilung Medienpädagogik/Bildungsinformatik des Instituts für Pädagogik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel unter der Leitung von Prof. Dr. Heidrun Allert untersucht die Transformation von Bildungsprozessen durch Medien. Im Mittelpunkt stehen dabei die Untersuchung und Unterstützung kreativer und kollaborativer Wissenspraktiken, die Frage nach der Rolle von Artefakten/Technologien/Medien im Prozess der Wissensgenerierung und die Förderung von untersuchenden Designprozessen zur Generierung konzeptioneller Innovation in wissensintensiven Gegenstandsbereichen.

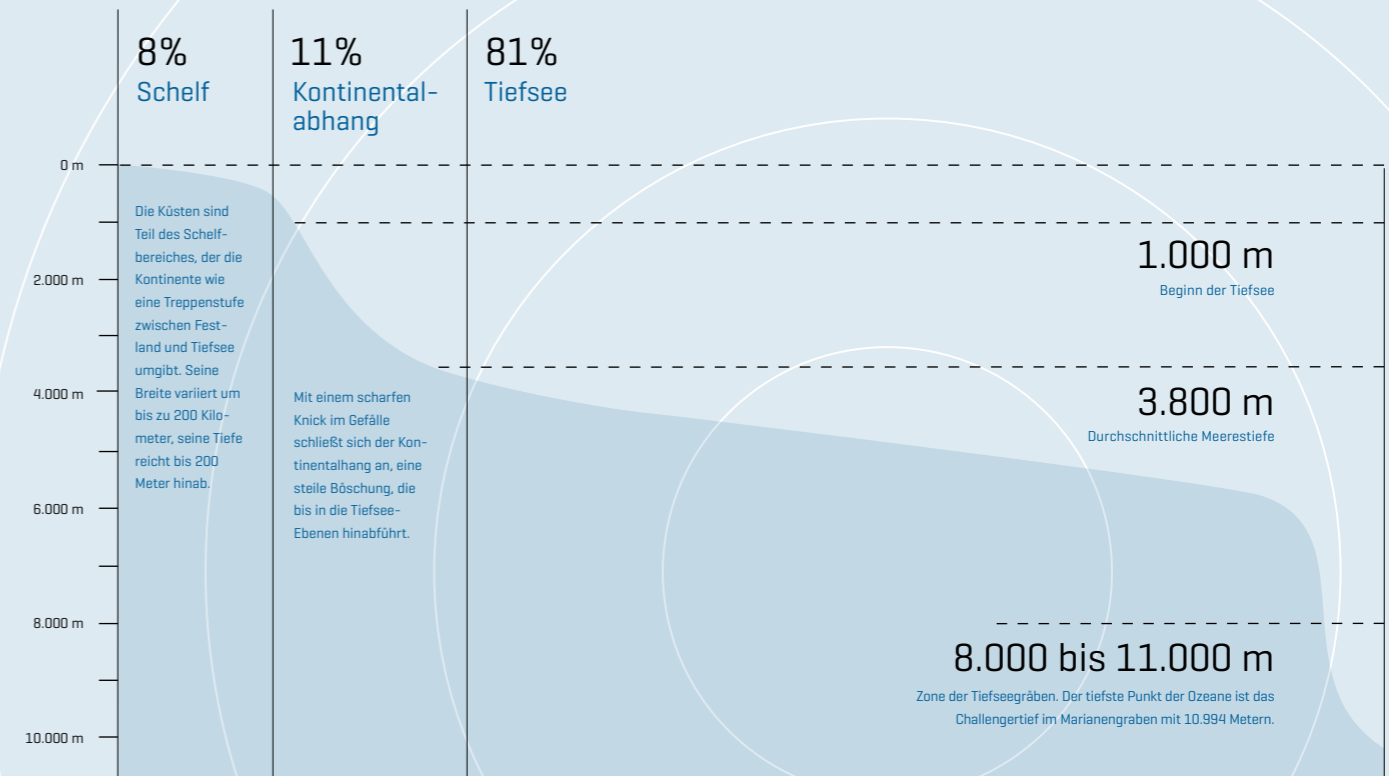
www.medienpaedagogik.uni-kiel.de

Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V.

Die Deutsche Hydrographische Gesellschaft [DHG] ist ein berufsständischer Verein, der sich für die Interessen der Hydrographie einsetzt und sich als Sprachrohr der Hydrographen versteht. Seit 1984 fördert die DHG die praktische und wissenschaftliche Hydrographie sowie die nationale und internationale Zusammenarbeit. Die DHG bietet allen Interessierten ein Forum des regelmäßigen Fachaustauschs. Drei Mal im Jahr gibt die DHG die Hydrographischen Nachrichten heraus, die einzige deutschsprachige Fachzeitschrift für Hydrographie und Geoinformation.

www.dehyg.de

Flächenanteile und Tiefenzonen des Ozeans



Echolot - Die Tiefe hören

Die Ausstellung „Echolot – Die Tiefe hören“ ist eine Kooperation des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel und des Pädagogischen Instituts der Universität Kiel mit Unterstützung der Deutschen Hydrographischen Gesellschaft sowie des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie.

Autoren und Redaktion:
Dr. Gerd Hoffmann-Wieck, GEOMAR
Dr. Wilhelm Weinrebe, GEOMAR
Dr. Ingo Klaucke, GEOMAR
Dr. Friedrich-Wilhelm Lehmann, CAU
Dr. Jörg Schimmler, Kiel
Layout: Christoph Kersten, GEOMAR
3., überarbeitete Auflage 2018

Hoffmann-Wieck, Gerd; Klaucke, Ingo; Weinrebe, Wilhelm; Lehmann, Friedrich-Wilhelm; Schimmler, Jörg und Kersten, Christoph [2018]:
Echolot – Die Tiefe hören, 4.000 Jahre Tiefenmessung im Ozean: die Entwicklung des Echolots und seine Bedeutung für das Verständnis des Systems Erde.
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel, 2018
https://dx.doi.org/10.3289/ECHOLOT_2017

Kontakt:
GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Dr. Gerd Hoffmann-Wieck
Wischofstr. 1-3, 24148 Kiel
Tel 49 [0]431 600 2555
ghoffmann-wieck@geomar.de

Mehr über Alexander Behm



Buchtip: „Alexander Behm - Erfinder des Echolots“ von Jörg Schimmler
Erst vor rund einhundert Jahren ist es Menschen gelungen, mit Schall die Meerestiefe zu messen. Der gebürtige Mecklenburger Alexander Behm hat nach endlosen Versuchen im Labor und auf der Kieler Förde einen Apparat geschaffen, der die Wassertiefe misst und anzeigt. Er nannte ihn „Echolot“, ein zutreffender Name, der sich durchsetzte. Heute sind Echolote aus der Schifffahrt nicht mehr wegzudenken. Das Buch, das 2013 erschienen ist, erzählt die Lebensgeschichte dieses Technikpioniers.
Verlag: Books on Demand, www.bod.de, ISBN-13: 9783732231102