

Technologie Spezial  
Zusatz für besonders Interessierte der Arbeitsgruppe Technologien



## Anomalien

Ziel der geophysikalischen Analyse ist es, selbst kleinste Störungen der gemessenen Parameter – zum Beispiel des natürlichen Magnetfelds der Erde – und die akustische Resonanz verschiedener Terrains aufzuzeigen. Diese Störungen oder Kontraste werden als Anomalien bezeichnet. Da die Sensoren auch eine Vielzahl natürlicher geologischer Gegebenheiten als Anomalien registrieren, ist für den Archäologen nur ein Bruchteil der erfassten Anomalien von Interesse. Die Entdeckung archäologisch interessanter Objekte hängt daher von der korrekten Unterscheidung zwischen natürlichen und archäologisch relevanten Anomalien ab. Dabei ist das Zusammenspiel von modernster Technologie und dem Urteilsvermögen erfahrener Experten entscheidend. Erfolg oder Misserfolg beruhen letzten Endes auf der Empfindlichkeit der Sensoren und der Fachkenntnis, mit der sie eingesetzt werden, sowie auf der computergestützten Datenverarbeitung und der Analyse der Ergebnisse.

## Kernspinresonanz-Magnetometer

Kernspinresonanz-Magnetometer (NMR Magnetometer) sind die wichtigsten Sensoren unserer Ausrüstung. Diese hochempfindlichen Instrumente wurden von der französischen Atomenergiebehörde (CEA - Commissariat à l'Énergie Atomique) entwickelt. Unter Ausnutzung des Abragam-Overhauser Effekts messen die NMR Magnetometer den absoluten Wert des Magnetfelds der Erde mehr als tausend mal pro Sekunde – mit einer Genauigkeit von einem Fünfmillionstel seines Wertes.

## MRM-2000 Frequenzmesser

Dieser hochspezialisierte Frequenzmesser wurde von Franck Goddios Ingenieurteam in Zusammenarbeit mit der französischen Atomenergiebehörde entwickelt. Das Gerät misst den absoluten Wert des Magnetfeldes mit einer Genauigkeit von einem Tausendstel Gamma (bzw. auf sieben Dezimalstellen,  $10^{-7}$  Hz).

## Erdmagnetismus

Das natürliche Magnetfeld der Erde überlagert eine Vielzahl höchst komplexer zeitlicher und räumlicher Phänomene, die zudem magnetischer und elektrischer Natur sind: die Geologie der Erdkruste, der Dynamo-Effekt, die Sonne-Erde Wechselwirkung, ionosphärische Ströme, Erdströme usw. Das Magnetfeld der Erde kann grob vereinfacht als bipolar betrachtet werden mit einem Wert von 20000 Nanotesla (nT) am Äquator und 60000 nT an den Polen. Darüber hinaus existiert ein Feld globaler Anomalien (von etwa 10000 nT), ein Feld geologischer lokaler Anomalien sowie vorübergehende Phänomene von einigen Dutzend nT täglich.

### Bedeutung für die Archäologie

Die magnetischen Anomalien, die von archäologischen Überresten ausgehen, überlagern die Anomalien natürlichen Ursprungs. Diese Anomalien voneinander zu unterscheiden, gelingt mittels der extremen Empfindlichkeit unserer Magnetometer und gegebenenfalls durch die Messung des lokalen magnetischen Gefälles zwischen zwei parallel nachgeschleppten Sensoren. Diese Gefällemessung mindert die vorübergehenden Schwankungen des irdischen Magnetfeldes und erlaubt uns, eine Vielzahl der rein geologischen Anomalien als solche zu erkennen. Parallel geschleppte Kernspinresonanz-Magnetometer erlauben das Aufspüren von Objekten mit sehr schwachem Magnetismus, selbst wenn diese tief unter einer Sedimentschicht begraben liegen.

### Seitenscanner-Sonar (Sidescan Sonar)

Dieses seismische Messgerät liefert ein Abbild der akustischen Kontraste des Meeresbodens entlang einer 50 Meter breiten Suchbahn zu beiden Seiten des Bootes. Es zeigt Felsen und andere Objekte am Meeresboden und kann Hinweise auf deren Größe geben, indem es ihren Echoschatten misst. Gleichzeitig geschleppte Magnetometer können darüber Auskunft geben, ob die Objekte magnetisch sind oder nicht. In der Zusammenschau ergeben die Sonardaten ein Mosaik des untersuchten Gebiets.

### Echolot

Eine genaue Reliefkarte des Forschungsgebiets lässt sich mit Hilfe von Echoloten erstellen. Diese akustischen Sensoren übermitteln kontinuierlich akkurate Tiefenmessungen entlang der Suchbahnen.

### Akustisches Positionsbestimmungssystem

Dieses als Short-Baseline-Verfahren bekannte akustische Positionsbestimmungssystem beruht auf dem regelmäßigen Aussenden eines akustischen Signals von einem Sender – dem sogenannten Pinger, der auf einem mobilen Einsatzgerät montiert ist (zum Beispiel einem Boot oder einer Boje) – an einen Empfänger, der unterhalb der Wasserlinie an einem Boot befestigt ist. Es können gleichzeitig mehrere Pinger im Einsatz sein. Die Position der mobilen Einheiten errechnet sich aus ihrer Reichweite zum Empfänger. Unter Berücksichtigung der vom DGPS festgehaltenen geographischen Position des Bootes und der ebenfalls bekannten festen Position des Empfängers auf dem Boot lässt sich die geographische Position aller mit einem Pinger ausgerüsteten Sensoren in Echtzeit ermitteln.

### Differential Global Positioning System (DGPS)

Das globale Positionsbestimmungssystem (GPS) ist ein satellitengestütztes Positionsbestimmungssystem, das genaue geographische Position des mobilen Empfängers ermittelt. Es sind Genauigkeiten unter einem Meter möglich. Das Team um Franck Goddio hat ein eigenständiges Unterwasser DGPS entwickelt, um die genaue Position von archäologischen Überresten zu bestimmen.

### EMS-SRS3000 Tiefsee-Kamerasystem

Das EMS-SRS3000 Tiefsee-Kamerasystem wurde speziell für die Anforderungen des Royal Captain-Projekts entwickelt. Es kann nicht nur eine mosaikartige Serie vertikal ausgerichteter Messbilder mit fotogrammetrischer Genauigkeit produzieren, sondern im selben Tauchgang auch Nahauf-

nahmen von Gegenständen im Fundkontext sowie Weitwinkelaufnahmen der Fundstätte und der Tauchboote in Aktion. Da der Fundort des Wracks der Royal Captain in völliger Finsternis liegt, musste das Kamerasystem mit leistungsstarken elektronischen Blitzlichtanlagen ausgestattet werden und in der Lage sein, unter Gegebenheiten zu arbeiten, die sich jederzeit schlagartig ändern konnten. Das Resultat war ein Hochleistungsstudiotudio, das vom Fotografen in der Kabine des Deep Rover-Tauchbootes über einen Laptop-Computer und ein lasergestütztes Steuerpult bedient wurde.

### Das Rastersystem

In der Archäologie ist es üblich, das Gelände mit Hilfe von Schnüren oder Seilen in Planquadrate aufzuteilen. So kann jedem Fundstück ein genauer Fundort zugewiesen werden. In der Unterwasserarchäologie wird ein entsprechender Messrahmen am Meeresboden fest verankert. Teilraster lassen sich dann entlang der Grundlinien verschieben.

Unterwasserarchäologen bevorzugen jedoch häufig ein elektronisches Messgitter. Modernste Unterwasser-Positionsbestimmungssysteme (DGPS) erreichen eine Messgenauigkeit im Zentimeterbereich. Das althergebrachte Drahtmodell wird in der Zukunft eher dazu dienen, dem Taucher bei den häufig extrem schlechten Sichtverhältnissen unter Wasser Aufschluss über seine eigene Position zu geben.

### Kennzeichnung der Funde

Zur Ausrüstung eines jeden Tauchers gehören Nylonnetze und Plastiktaschen in verschiedenen Größen. Diese sind mit wasserfesten-Fundzetteln versehen, auf denen der Ausgrabungscode registriert ist. Es ist Aufgabe der Taucher, den genauen Fundort eines jeden geborgenen Objekts (geografische Länge, Breite und Höhe, bzw. die Koordinaten des Messrahmens) sowie die Fundposition (Azimut und der Winkel des Objekts zur Senkrechten) auf den Fundzetteln zu vermerken und diese schließlich namentlich abzuzeichnen.

## Fundplan

Zur Erstellung des Fundplans wird das Planquadratmessgitter auf Papier übertragen und jedes Objekt in genau der Position eingezeichnet, in der es gefunden wurde. Geborgene Objekte haben Etiketten, aus denen Fundort und Fundposition hervorgehen. Objekte, die nicht gehoben werden können oder sollen, zum Beispiel die Trümmer versunkener Befestigungsanlagen, werden im Triangulationsverfahren vermessen. Dabei werden drei Basispositionen per GPS genau bestimmt. Von diesen Basispositionen aus wird das zu vermessende Objekt angepeilt und die Entfernung notiert. Die drei Messungen sollten sich dann auf dem Papier genau an dem Punkt schneiden, an dem das Objekt liegt. Mit der fortschreitenden Untersuchung des Areal vervollständigt sich der Fundplan, bis sich ein umfassendes Bild der archäologischen Stätte herausbildet. Erst dann kann die Stätte interpretiert werden.

Bildnachweise:

Deckblatt: ©FranckGoddio / Hilti Foundation, Foto: Christoph Gerigk