

# Objekterkennung im Untergrund

## Echoes 10000 von iXblue

Ein Beitrag von GUILLAUME JOUVE und LIONEL FAURE

iXblue entwickelte eine komplette Produktreihe zur Untergrund-Profilierung, die den unterschiedlichen Marktanforderungen auf diesem Gebiet gerecht wird. Durch enge Zusammenarbeit mit der französischen Marine und verschiedenen internationalen Instituten für ozeanographische Forschung, wie der französischen Forschungseinrichtung Ifremer, gelang es iXblue in den vergangenen 30 Jahren, technologisch ausgereifte Qualitätsprodukte hervorzubringen, die auf umfassender Erprobung, wiederholtem Feedback sowie kontinuierlicher Innovation und Weiterentwicklung basieren. Eine vor Kurzem in Schottland durchgeführte Mission bestätigte die herausragende Objekterkennung von Echoes 10000 in seichten Gewässern.

Objekterkennung | Untergrund-Profiler | CHIRP-Technologie  
object detection | sub-bottom profiler | CHIRP technology

To meet the various needs of the sub-bottom profiling market, iXblue conceived a complete range of sub-bottom profilers. Developed over the past 30 years in close collaboration with the French Navy and several international oceanographic research institute laboratories, including the French research institute Ifremer, iXblue's products quality and technology expertise come from extensive practicing and cumulative return on experience coupled with constant innovation and evolution. A recent mission in Scotland emphasises Echoes 10000 performance in shallow waters for object detection.

### Autoren

Guillaume Jouve ist Geosciences Expert & Business Development Manager bei der Sonar Systems Division von iXblue in La Ciotat in Frankreich.  
Lionel Faure ist dort Technical & Business Manager.

[guillaume.jouve@ixblue.com](mailto:guillaume.jouve@ixblue.com)

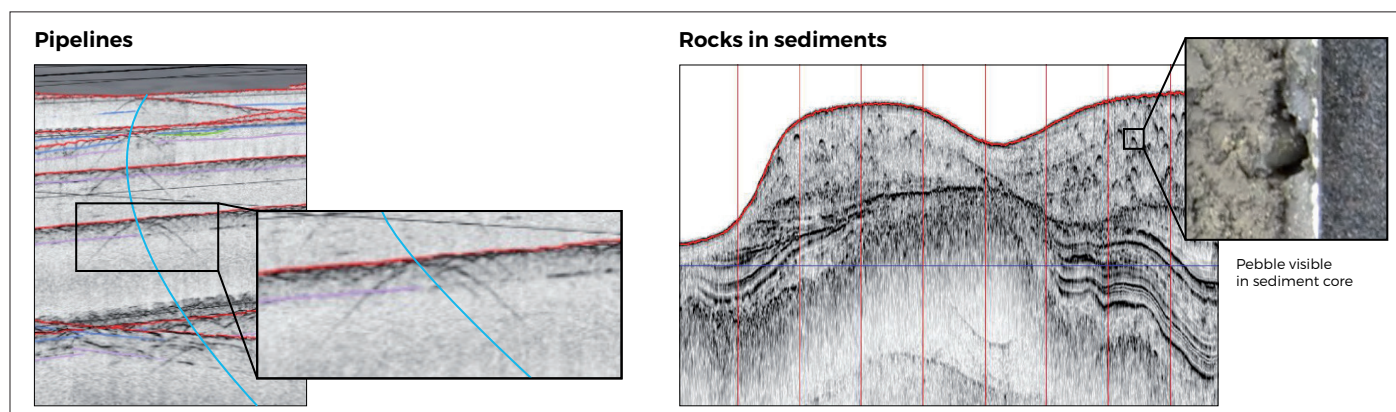
Die Datenerfassung und -analyse von Meeres-, See-, Fluss- oder anderen Gewässergründen natürlicher und anthropogener Herkunft durch Untergrund-Profiler (sub-bottom profiler, SBPs) liefern entscheidende Informationen für weiterführende Unterwasserstudien. Die SBPs dienen zur Identifizierung und Bestimmung der Sedimentschichten unter dem Gewässerboden. Die auf diese Weise erfassten Daten geben Aufschluss über die Struktur der Sedimentschichten, wie beispielsweise ihre Dicke, Neigung oder Höhe. Zu den vielfältigen Einsatzbereichen des Systems zählen unter anderem Untersuchungen des Meeresuntergrunds, Überwachung der Biomasse, Ressourcenkontrolle, Verfolgung der Umweltverschmutzung, Geoarchäologie oder Sedimentologie. Die Geräte lassen sich zur Erfassung und Kartierung von vergrabenen Objekten (Kabel, Pipelines usw.), von Gasvorkommen und Schiffswracks verwenden. Mit der Software Delph Seismic, mit 3D-Beobachtung und mit Bestimmung von Sedimentschichten und vergrabenen Objekten können Offshore-Bauunternehmen Gebiete ermitteln, die gesichert werden müssen oder genutzt werden können.

Die Sonar Systems Division von iXblue führte zusammen mit der Universität von Saint-Andrews eine geophysikalische Untergrunduntersuchung vor der schottischen Küste durch. In dem seichten Wasser (<25 m tief) wurde Echoes 10000 (10 kHz) über einen Längenabschnitt von 11 km genutzt.

Hochauflösende seismische Profile zeigen durch Parabolreflexion einzelne Objekte: 10 cm große Steine in Sedimenteinschluss (Abb. 1). Diese Leistung basiert auf dem effizienten, selbst entwickelten Wandler, der die CHIRP-Technologie unter Einsatz von breiten Schallwellen (etwa 20°) nutzt, um ein praktisch unterbrechungsfreies Signal zu erzeugen, das eine Identifizierung der vergrabenen Objekte zulässt. Dieses Hightech-System eröffnet ganz neue Möglichkeiten für die 3D-Kartierung einzelner Untergrundfelsen in seichten Gewässern (<150 m).

### Vollständige vertikale Integration

Heute nutzen Untergrund-Profiler (SBP) eine große Frequenzbandbreite und wechseln zwischen niedrigen und hohen Frequenzen, was verschiedene Eindringtiefen sowie eine hohe Auflösung und Bündelung in den obersten 200 m des Sediments ermöglicht. Die Frequenz- und Amplitudenmodulation (FM und AM) wird über ein jeweils festgelegtes Zeitintervall auf die akustischen Signale angewendet. Dieses Vorgehen wird allgemein als CHIRP (Compressed High Intensity Radar Pulse) bezeichnet. SBPs senden ein Signal ins Wasser und empfangen das vom Boden und den Sedimentschichten reflektierte Signal. Das empfangene Signal wird digitalisiert und aufgeschlüsselt. Mit diesem Verfahren lässt sich eine Eindringtiefe in den Untergrund erreichen, die dem eines Nieder-



**Abb. 1:** »Bei einer Öffnung von 15° bis 20° und einem CW-Signal von 10 Hz klingen Rohre lauter und lassen sich selbst in einer felsigen Umgebung besser identifizieren. Auf dieselbe Weise kann ein eingeschlossener 5 cm großer Stein in sandigem Sediment erkannt werden« (Übersetzung aus Bates et al. 2019)

frequenzsystems entspricht – mit der Auflösung eines Hochfrequenzsystems. Zudem bewirkt die Zuordnung der empfangenen Daten zu den gesendeten CHIRP-Signalen eine starke Störfilterung, was den Rauschabstand weiter verbessert.

Das Know-how in der Untergrund-Profilierung basiert auf einem piezoelektrischen Wandler, der im Frequenzbereich von 150 Hz bis 400 kHz zum Einsatz kommt. Diese Hochleistungsgeräte mit breitem Frequenzband eigneten sich ausgezeichnet für die Entwicklung einer kompletten Produktreihe von SBP-Projektoren. Die Geräte wurden durch intern entwickelte hocheffiziente Leistungsverstärker mit niedriger Verzerrung vervollständigt – bei Herstellung aller Komponenten in Eigenfertigung. Die vollständige Kontrolle über die Produktionskette stellt sicher, dass das übertragene akustische Signal der theoretischen CHIRP-Wellenform sehr nahe kommt, was die höchstmögliche Auflösung und Qualität bei der Signalverarbeitung garantiert.

### Leistungsmerkmale

Die breite Öffnung der Echoes-Wandler ist entscheidend für die Objekterkennung und für die maximale Eindringtiefe, die von der Meerestopographie unabhängig ist (Abb. 1).

Abb. 2 belegt die Bildqualität trotz chaotischer, felsiger Unterwasserumgebung.

### Breites Anwendungsspektrum

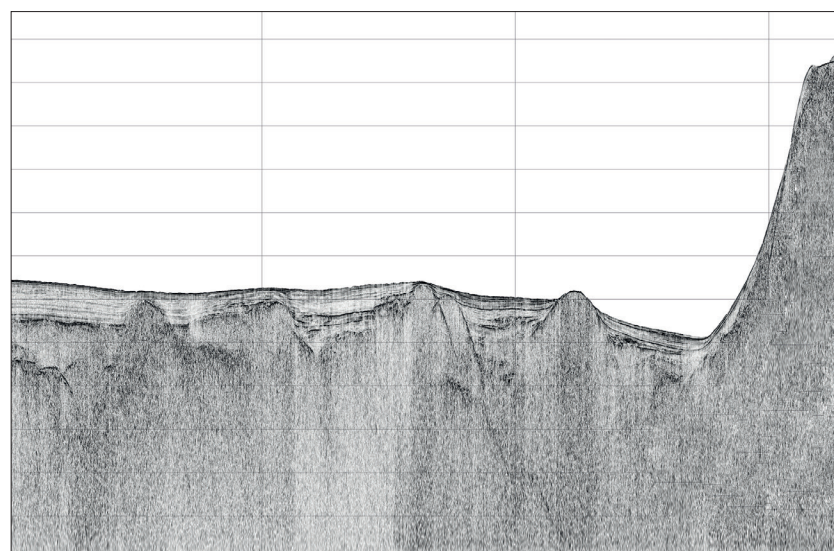
Die Geräte der Produktreihe Echoes lassen sich an einer Stange oder im Schiffsrumpf anbringen oder in unbemannte Überwasserfahrzeuge (USV) einbauen. Die Geräte sind einfach zu handhaben und von Behelfsbooten aus aktivierbar, sie decken ein breites Einsatzspektrum in seichtem wie tiefem Wasser ab; hierzu gehören Tomographie, physikalische Ozeanographie, Meerestopographiekartierung, ozeanographische Untersuchung, Industrienerhebung, geotechnische Untersuchung, Meerearchäologie, Breitbandprojektion und Verfahren in tiefen MeerestGewässern.

Ständige Weiterentwicklungen und Integrationen sind zu erwarten: iXblue konzentriert sich auf autonome Untersuchungssysteme und arbeitet in Kooperation mit führenden Industriebetrieben und Partnern aktiv an effizienteren, kompakteren und optimal angepassten Lösungen, um die Kosten zu senken und gleichzeitig die Auflösung und Reichweite weiter zu erhöhen.

### Software

Die Sonar Systems Division von iXblue arbeitet an der Entwicklung einer offenen Software-Suite, mit der sich unterschiedlichste hydrographische und geophysikalische Daten erfassen, verarbeiten und kartieren lassen. Mit der Delph Software Suite werden die bestmöglichen Ergebnisse aus den SBP-Daten der Echoes-Geräte erzielt – durch Aufarbeitung der CHIRP-Signale und Ergänzung der 3D-Geobezugsdaten, sowohl in Echtzeit als auch offline.

Delph Interpretation ist ein Software-Komplettpaket mit Anwendungen und Tools, die alle Anforderungen an eine einwandfreie Verarbeitung und



**Abb. 2:** Mündungsuntersuchung: Gefälle in seichtem bis tieferem Gewässer und effiziente Meerestopographieverfolgung (Kanada)

Interpretation geophysikalischer Datensätze erfüllen und zudem eine optimierte Qualitätskontrolle garantieren. Die Software beinhaltet verschiedene Sensormodule (Delph Sonar/Seismisch/Mag), die mit einer Kartographieschnittstelle (Delph Road-Map) verbunden sind und 3D-Ansichten sowie einen schnellen Zugriff auf Rohdaten und verarbeitete Daten ermöglichen.

Die Verarbeitungsabläufe der geophysikalischen Daten bieten Flexibilität und eine hohe Effizienz beim Management großer Datenmengen und Untersuchungen, bei denen mehrere Sensoren zum Einsatz kommen. Der Nutzer erhält eine klare Übersicht über die Schall-, Tiefenmessungs-, Seismik-, Magnetometer-, Geotechnik- und Kartographiedaten der verschiedenen Sensoren. Gleich-

zeitig wird eine hohe Detailpräzision zur Analyse der Datensätze geliefert. Batch-Verarbeitung und Produktionstools lassen dem Nutzer viel Zeit für Qualitätskontrolle und Interpretation, da langwierige und Routineaufgaben automatisch erledigt werden. So ist beispielsweise die Berechnung des Sedimentvolumens problemlos mit der Software möglich (Abb.3). //

**Literatur**

Bates, C. Richard; Martin Bates et al. (2019): Geophysical investigation of the Neolithic Calanais landscape. Remote Sensing, DOI: 10.3390/rs11242975

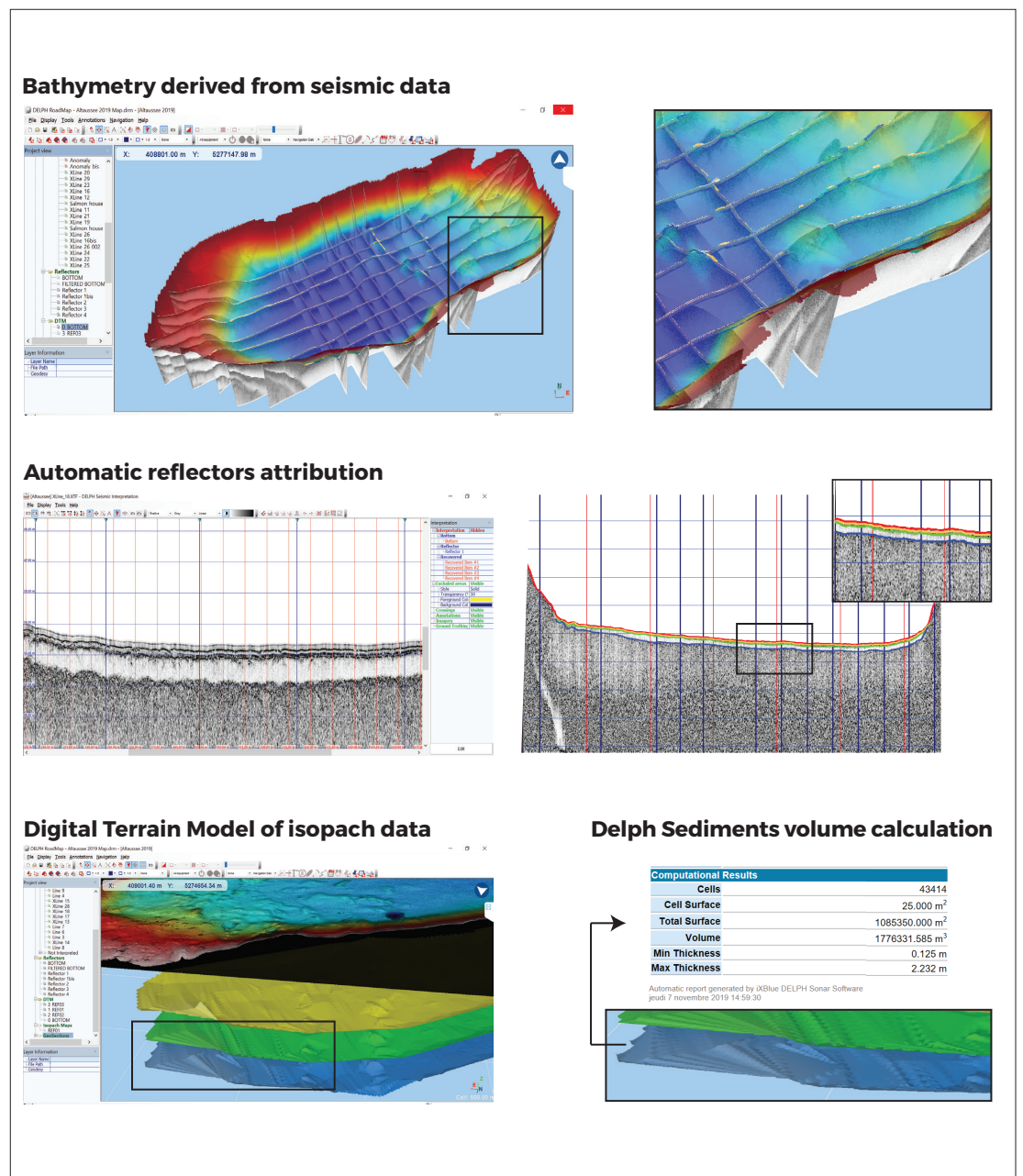


Abb. 3: Verarbeitungsschritte mit der Delph Software zur 3D-Berechnung von Sedimentvolumen am Beispiel eines Sees