

# GESTEINS PERSPEKTIVEN

Offizielles Organ des Bundesverbandes  
Mineralische Rohstoffe und seiner Landesverbände



## **WIRTSCHAFT** Großwetterlage

Mitgliederversammlungen der Branchenverbände im Rückblick

## **FORSCHUNG** Staubquellen

Repräsentative Emissionsfaktoren für Staubimmissionsprognosen

## **ROHSTOFFE** Nassgewinnung

Einsätze und Entwicklungsstand bei Technik und Kontrollsystemen

## **MASCHINEN** Bagger & Radlader

Neue Qualitäten kennzeichnen die starken und schlauen Arbeitstiere

## Neue Perspektiven in der Abbaukontrolle:

# DredgerNaut 4D+



**HALBRAUM-SONAR** oder auch Dual-Axis-Sonar (DAS). Dieser Sensor kann den Seegrund in der Horizontalen im Bereich von 0 bis 360° abtasten. Der vertikale Abtastwinkel kann sich zwischen 0 und 90° bewegen.

**Wenn es heute um das Thema Abbaukontrolle geht, dann hat der Anwender die Auswahl zwischen verschiedenen Systemen, die auf Basis ganz unterschiedlicher Philosophien entwickelt wurden.**

Der Beginn der Entwicklung des DredgerNaut-Systems datiert auf das Jahr 2000. Am Anfang bestand das Ziel darin, den Boden unter dem Abbaugerät im Abbauprozess so genau wie möglich zu erfassen. In den ersten Jahren ging es in erster Linie darum, das System genauer zu machen, an der Handhabung zu arbeiten und optimale Funktionalität für den Maschinenführer zu ermöglichen. Parallel zu diesem Entwicklungsprozess wuchsen auch die Anforderungen in Richtung der Auswertung gewonnener Daten und dem Datenaustausch mit anderen Systemen.

Alle Abbaukontrollsysteme haben aber eine gemeinsame Eigenschaft: das Umfeld, welches um das Abbaugerät herum beobachtet werden kann, ist räumlich relativ beschränkt. Eine geschlossene Vermessung des Untergrunds ergibt sich nur bei entsprechender Bewegung des Abbaugeräts. Es bleibt aber dennoch schwierig, wenn es sich um große Abbautiefen handelt.

### Stand der Technik

Das DredgerNaut-System bestimmt mit Hilfe eines DGPS, einiger anderer Sensoren und einigen physikalischen Abmessungen des Abbaugeräts den genauen Ort des Saugkopfs, der Greiferschaufel oder auch der Eimerkette. Dies gelingt heute mit erstaunlich hoher Präzision. Das heißt, dass der Punkt, an dem Material aus dem Vorkommen entnommen wird, sehr genau bestimmt werden kann.

Der Entnahmeort ist damit bekannt, aber was passiert im Umfeld dieses Ortes? Um dies zu erfassen, wird das Abbaugerät mit bis zu vier Echo-Messsonden ergänzt, die am Abbaugerät in maximalem Abstand voneinander mon-

tiert werden. Dadurch gelingt es, auch das nahe Umfeld des Abbaupunkts zu erfassen. Mit einem ergänzenden Böschungssensor, der an einem Ausleger am Abbaugerät montiert wird, können zusätzliche Messpunkte etwas weiter vom Abbaugerät entfernt gewonnen werden. Mit vielen Tausend Messpunkten pro Stunde und einer erheblichen Portion Mathematik ergeben sich daraus digitale Geländemodelle mit guter Genauigkeit bei hoher Geschwindigkeit bezüglich der Datenaktualisierung.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Beobachtbarkeit des Umfelds und zur Erfassung von Bereichen, die weit vom Abbaugerät entfernt sind, ist der DredgerNaut-Scout. Der Scout fungiert quasi als unabhängige freie Messsonde und ist eine technologisch hoch interessante Erweiterung, die auch die unabhängige Vermessung von Bereichen erlaubt, die nicht direkt an das Abbaugerät gebunden sind. Allerdings ist er in der Handhabung und Pflege recht anspruchsvoll.

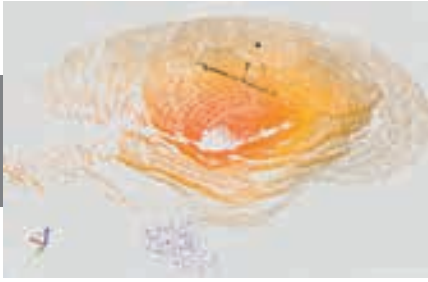
### Neue Sensoren

Man stelle sich vor, man könnte unter dem Abbaugerät den Seegrund in jeder Richtung mit einem Halbraum-Sonar abtasten. Diese Idee ist natürlich nicht neu, die Technik für solche Sensoren ist seit

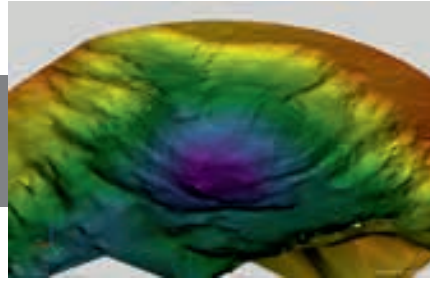


**DREDGERNAUT SCOUT 1200K.** Der Scout fungiert quasi als unabhängige freie Messsonde.

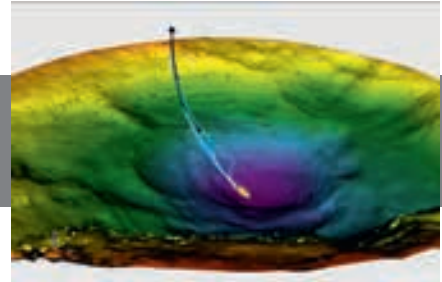




**ROHSCAN:** Das DAS-Sonar zeigt die Darstellung aller Punkte eines Scans. Deutlich zu erkennen sind einige Störungen und das Saugrohr.



**BEREINIGTER SCAN:** Mit einem speziellen Filter für die Bereinigung von Störungen ergibt sich eine plastische Darstellung der Oberfläche.



**BEWEGUNGSPUNKTE** des Saugrohrs. Schwarze Punkte: Position des Saugkopfs, blau: die Baggerpumpe Wasser pumpt, orange: hier wurde Material gepumpt.

Jahren in der Entwicklung, aber die Kosten darf man bei der Anwendung auf den Gewinnungsgeräten auch nicht völlig aus den Augen verlieren. Durch neue Entwicklungen für den Offshore-Windenergie-Bereich und dem Einsatzbereich für stationäre Wasserbau-Einrichtungen existieren nun Sensoren, die sowohl technologisch als auch unter kommerziellen Aspekten für den Einsatz in Abbaukontrollsystemen geeignet sind. Das Halbraum-Sonar, oder auch Dual-Axis-Sonar (DAS), ist ein Sensor, der den Seegrund in der Horizontalen im Bereich von 0 bis 360° abtasten kann. Der vertikale Abtastwinkel kann sich zwischen 0 und 90° bewegen.

Damit kann dieses Sonar den gesamten Halbraum unter Wasser abtasten. Der vertikale Winkelbereich von 0 bis 90° kann aus technischen Gründen nicht voll ausgenutzt werden, da es bei flachen Winkeln vermehrt zu Fehlmessungen oder Messausfällen kommt. Dem möglicherweise aufkommenden Wunsch, vom Abbaugerät aus den gesamten See vermessen zu können, muss an dieser Stelle noch bis auf Weiteres eine Absage erteilt werden.

Dennoch: man stelle sich vor, man hat eine Gewinnungsstätte mit einer Tiefe von 30 m und kann bei einem Öffnungswinkel von 45° schon eine Fläche mit

einem Durchmesser von 60 m vermessen. In Richtung einer Böschung, bei der der Auftreffwinkel des Sonarimpulses flacher wird, sind Messungen möglich, die auch bei Winkeln von deutlich weniger als 45° sehr gute Ergebnisse liefern. Hier kann teilweise mit Winkeln von bis zu 15° gearbeitet werden.

Bei Wassertiefen von 60 m sind Flächen möglich, die einen Durchmesser von 300 bis 400 m haben. Die Messauflösung kann über die Konfiguration gesteuert werden. Die Flächen werden beim Einsatz in der Abbaukontrolle mit 40.000 bis 100.000 Punkten vermessen. Im Bereich der Rohstoffgewinnung haben sich bei den genannten Auflösungen Scan-Zeiten von 2 bis 4 h ergeben. Dies ist ein guter Kompromiss zwischen Auflösung und Scan-Dauer.

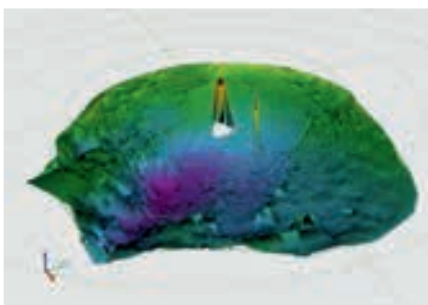
Ein DAS-Sonar alleine ist noch kein System, mit dem man in der Abbaukontrolle arbeiten kann. Das Sonar muss bezüglich der Messeigenschaften konfiguriert werden. Dazu bedarf es einer Automatik, welche die zeitliche Steuerung übernimmt, wann und mit welchen Einstellungen in welchem Bereich vermessen werden soll. Das Sonar liefert dann zu jeder Messung eine Punktwolke, die relativ zum Aufhängungsort gemessen wurde. Die gewonnenen Daten müssen auf geeignete Weise georeferenziert

werden, um sie im Rahmen der Abbaukontrolle verwerten zu können. Das allein genügt aber noch nicht. Da es sich um ein empfindliches Messsystem handelt, werden bei einem Scan nicht nur Messpunkte am Boden des Vorkommens gesehen. Durch Schwebstoffe und andere Effekte sind in den gemessenen Punktwolken auch Fehlmessungen enthalten, die vor der Verarbeitung in der Abbaukontrolle identifiziert und gefiltert werden müssen. Auch das Saugrohr, die Leiter oder die Greiferschaufel gehören zu den Elementen, die zu Störsignalen führen können.

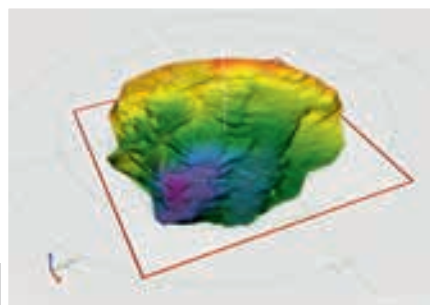
DredgerNaut 4D+ ist eine Systemkomponente aus dem DredgerTec-Bereich, die über die erforderlichen Funktionalitäten verfügt, um die Daten eines DAS in der Abbaukontrolle nutzen zu können. Es handelt sich hierbei sowohl um die Steuerungskomponente als auch um eine neue Generation von Auswertesoftware, die sich vollständig im dreidimensionalen Raum bewegt.

**Zusammenspiel von DredgerNaut und DredgerNaut 4D+**

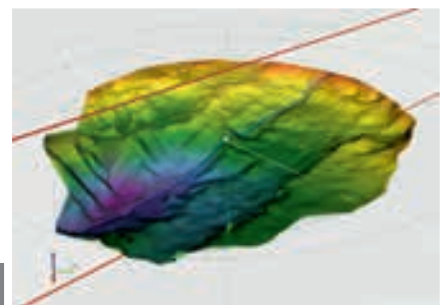
Strukturell ist das System so angelegt, dass jede DredgerNaut-Anlage mit der Komponente DredgerNaut 4D+ erweitert werden kann. Das DredgerNaut-System



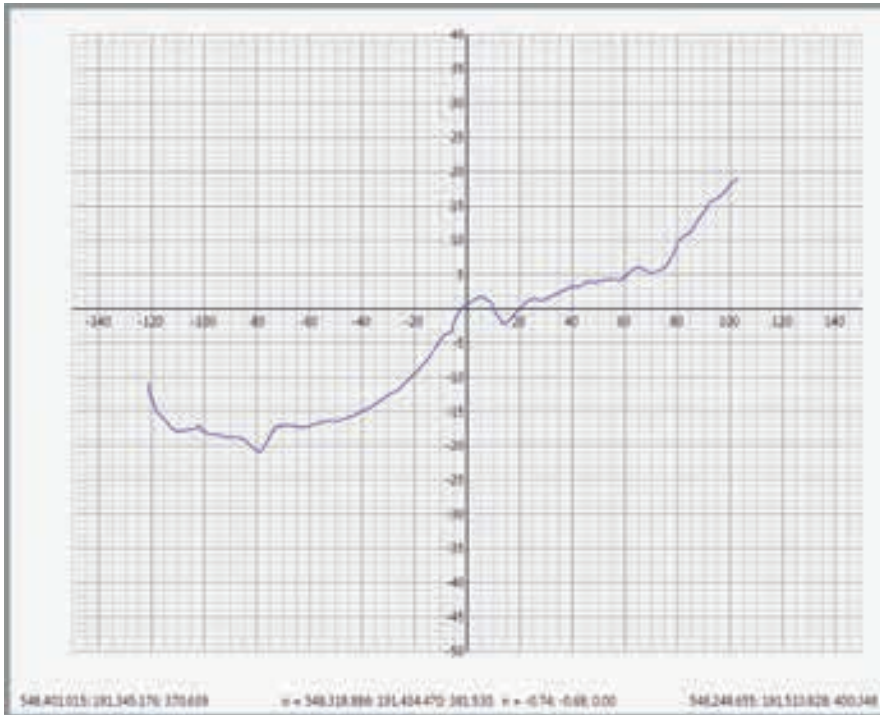
**PUNKTWOLKE** der Vermessung unter dem Gewinnungsgerät mit Störungen



**SITUATION** des Untergrundes nach der automatischen Bereinigung.



**GELÄNDEMODELL** um die aktuelle Gewinnungsposition in Querschnittsansicht.



**GRAFISCHE DARSTELLUNG** eines Querschnitts durch das aktuelle Geländemodell.

in seiner gewohnten Form bleibt für den Maschinenführer als Bedienungsinterface bestehen. Parallel läuft auf dem DredgerNaut-System im Hintergrund die Steuerung und Koordination des DAS-Sonars. Nachdem die Scans zu den vorgegebenen Zeitpunkten durchgeführt wurden, werden diese Daten geprüft,

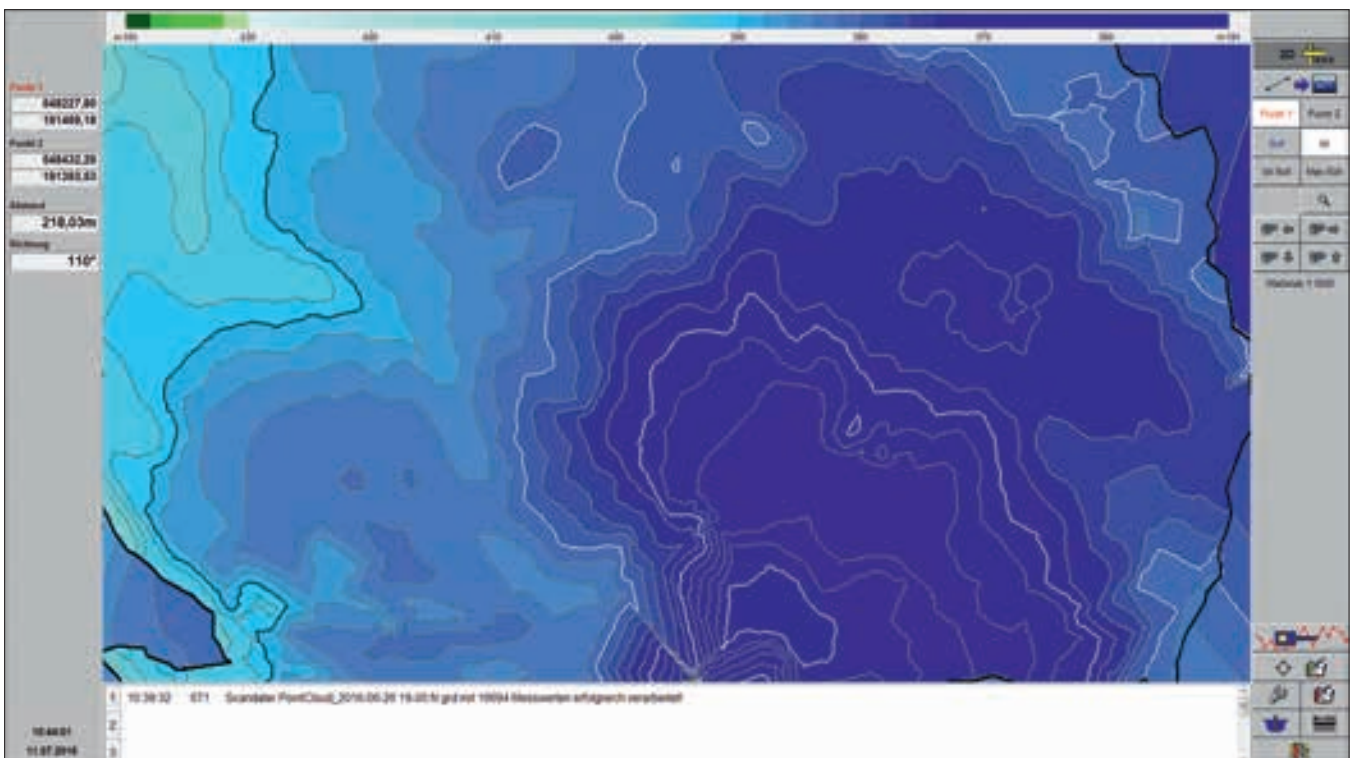
bereinigt und nach der Georeferenzierung dem DredgerNaut-System zur Verfügung gestellt. Sobald ein neuer Datensatz vorliegt, wird dieser von DredgerNaut in die Geländemodelle übernommen und erscheint in den aktualisierten Karten. Der Maschinenführer erhält im Meldungsfenster eine Information, wenn

ein neuer Scan erfolgreich eingearbeitet wurde. Die aufgenommenen Messdaten stehen sowohl in DredgerNaut als auch in der DredgerNaut-4D+-Auswertesoftware zur Verfügung. DredgerNaut ist auf die Aufgaben des Maschinenführers zugeschnitten. DredgerNaut 4D+ richtet sich mit seiner Funktionalität an Aufgaben, die im Bereich der Datenanalyse und komplexerer Auswertungen liegen.

DredgerNaut 4D+ kann beliebig viele dreidimensionale Geländemodelle parallel bearbeiten. Es stehen verschiedene Darstellungsformen zur Verfügung. Es gibt Werkzeuge für die händische Bereinigung von Daten, es gibt aber auch sehr leistungsfähige Filter für die automatische Datenbereinigung. Neben Werkzeugen für die horizontale und vertikale Schnittbildung gibt es auch Auswertefunktionen für Flächen und Volumina. Die Funktionen zur Berechnung der Volumina berechnen nicht nur das Bilanzvolumen, sondern auch die Volumenveränderungen – positive wie negative.

### Praktische Anwendungsbeispiele

Die folgenden zwei Beispiele zeigen Anwendungen aus ganz verschiedenen Bereichen. Der erste Anwendungsfall zeigt Messergebnisse aus Gruben in Norddeutschland, die in der Regel nur über einen geringen Körnungsanteil ver-



**DARSTELLUNG** mit Ist-Tiefen nach Import der Daten in das DredgerNaut-System. Grafiken und Foto: Teamtec



fügen. Sie stellen an die Saugbagger keine besonderen Herausforderungen, haben aber bisweilen ihre Probleme mit der Standfestigkeit. Im Bestreben, gute Saugleistungen zu erzielen und andererseits keine Böschungseinbrüche zu provozieren, ist hier die Baggerung im Böschungsbereich nicht unbedingt einfach. Der Einsatz des DAS-Sonars liefert Informationen über das Fließverhalten des Materials, welche bei der gezielten Positionierung des Saugbaggers wertvolle Hilfestellungen geben. In der Darstellung aller Punkte eines Scans auf S. 69 oben sind deutlich einige Störungen und das Saugrohr zu erkennen. Mit einem speziellen Filter für die Bereinigung von Störungen entsteht eine Darstellung der Oberfläche, die sich aus dem bereinigten Scan ergibt. In dieser Darstellung ist bereits sehr gut zu erkennen, wie unterschiedlich das Fließverhalten des Materials ist. Es gibt Bereiche von höherer Standfestigkeit, die vom weniger standfesten Material umflossen werden. Diese Detailinformationen helfen, das Abbaugerät gezielter zu positionieren.

Diese Stelle ist vielleicht auch ein geeigneter Platz zur Erklärung des Namens DredgerNaut 4D+. Bei Punktwolken handelt es sich um Mengen von Punkten mit dreidimensionalen Koordinaten. Diese Punkte können nicht nur den Seeboden beschreiben, sondern auch zusätzliche Informationen enthalten. In einem weiteren Bild sind beispielsweise die Positionen des Saugkopfs über einen ganzen Produktionstag abgebildet. Dabei handelt es sich um etwa 80.000 Punkte. Neben dem Ort des Saugkopfs gibt die Farbe der Punkte aber auch den Betriebszustand der Baggerpumpe wieder. Die schwarzen Punkte zeigen nur die Position des Saugkopfs. Die blauen Punkte geben an, dass die Baggerpumpe Wasser pumpt. Die orangenen Punkte zeigen, dass die Baggerpumpe an dieser Position Material gepumpt hat.

Eine völlig andere Situation behandelt das zweite Anwendungsbeispiel. Gerade bei Gewinnungsstätten mit großen Tiefen von 40 bis 100 m und mehr, wo in der Regel Tiefengreifer eingesetzt werden, ist eine Beobachtung des Seegrunds und der Umgebung der aktuellen Abbauposition mit den klassischen Systemen eher schwierig. Zudem ist das Verfahren von Gewinnungsgeräten dieser Kategorie auch nicht gerade einfach: bei zunehmender Materialentnahme an einem räumlich begrenzten Ort führt die Trichterbildung mit den entsprechenden Unterwasserböschungen zu einer ständigen Erhöhung des Risikos, dass die Greifschaukel verschüttet wird. Gerade für solche Gegebenheiten bietet sich der Einsatz von DredgerNaut 4D+ mit einem DAS-Sonar an.

Der mit einem Scan erfasste Bereich unter dem Gewinnungsgerät ist im Bild auf S. 69 unten links dargestellt. In dieser Darstellung sind noch alle Störungen enthalten. Nach der automatischen Bereinigung ergibt sich eine Situation, wie daneben dargestellt. Der Scan bildet einen Bereich mit einem Durchmesser von 250 m ab. Auf einer Geländehöhe von 366 m ist eine Schnittebene eingefügt. Die Position des Pfeils gibt die aktuelle Position des Gewinnungsgeräts wieder.

Die Umgebung um die aktuelle Abbauposition zeigt ein weiteres Bild in der Querschnittsansicht.

**GARAVAGLIA**  
FORGET THE REST AND USE THE BEST

Die italienische Qualitätsalternative zum Verschleiß

50<sup>th</sup> Anniversary

- Verbundwerkstoffe mit Keramik-Einlagen der TK-Generation
- Monometallische Chromlegierungen und wasserfestes Stahl (CUM)
- Mangarolle Nr12 Nr19 Nr20
- Hohe Festigkeit und maximale Trichterfestigkeit
- Maßgeschneiderte Lösungen mit den Anforderungen zugeschnitten
- Langjährige Präsenz auf dem internationalen Markt

GARAVAGLIA S.p.A.  
Via Garavaglia, 214 - 21042 Caronno Pertusella (VA) - Italy  
Tel. +39 02 98448911 - commerciale@garavaglia.it  
www.garavaglia.it

Die Gewinnungsposition befindet sich aktuell in 40 m Tiefe. In etwa 80 m Entfernung von der Gewinnungsposition beträgt die Tiefe 60 m. Die Ist-Tiefen werden nach Import der Daten in das DredgerNaut-System dargestellt.

**Zusammenfassung**

Die Verfügbarkeit von Sensoren und Sonaren aus dem Bereich des Sub-Sea-Monitorings schafft völlig neue Möglichkeiten und Qualitäten im Bereich der Abbaukontrolle für Online-Systeme. Die Kombination aus DredgerNaut und DredgerNaut 4D+ wurde in kurzer Zeit in der Schweiz, in Belgien und in Deutschland erfolgreich in Betrieb genommen. Durch die Kombination der beiden Systeme konnte die eingeführte Technologie des DredgerNaut-Systems erhalten werden.

DredgerNaut 4D+ ist in Bezug auf die Datenschnittstellen ein offenes System. Dadurch können Punktwolken fast jeglicher Art visualisiert und bearbeitet werden. Zusätzlich können Referenzobjekte geladen werden. Das System verfügt sowohl über Datenschnittstellen zu Fächersonaren als auch über Schnittstellen zu Multibeam-Multimode-Sonaren.

Mit dieser neuen Technologie eröffnen sich erweiterte Perspektiven für die Abbaukontrolle von schwierigen Vorkommen als auch von tiefen bis sehr tiefen Gewinnungsstätten. Ein Beitrag von Dr. Dirk Blume und Bernd Wittenberg, Team Technology, Engineering & Marketing GmbH

■ www.teamtec.de