

FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT

1. März 2023 || Seite 1 | 4

Reflexionsseismik

Seismisches Imaging visualisiert den Erduntergrund

Bei der Reflexionsseismik dringen Schallwellen viele tausend Meter unter die Erdoberfläche. Die reflektierten Signale lassen Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Untergrunds zu. Dabei werden Öl- und Gasvorkommen entdeckt. Auch wenn diese im Zuge der Abkehr von fossilen Energien nicht mehr gefördert werden: Genaue Kenntnisse der Gesteinsstrukturen sind notwendig, um bekannte Reservoirs noch besser zu verstehen. Als Speicher für Treibhausgase könnte der Untergrund ebenfalls eine Rolle spielen. Mit verbesserten Algorithmen für Maschinelles Lernen (ML) und neuen Konzepten im High Performance Computing werten Forschende des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM die Seismik-Daten jetzt noch detailgenauer aus. Die Technik könnte auch beim Bau von Windkraftwerken helfen.

Reflexionsseismik ist ein leistungsfähiges Verfahren, um den Erduntergrund zerstörungsfrei zu erkunden, beispielsweise bei der Suche nach Öl-, Gas- oder Heißwasserreservoirs. Dabei werden Schallwellen in die Erde geschickt und die reflektierten Signale ausgewertet. Das ermöglicht Rückschlüsse auf Beschaffenheit und Struktur des Untergrunds und hilft Reservoirs zu finden. Die Technik funktioniert sowohl an Land als auch auf dem Meer, offshore im Bereich der Kontinentalsockel. Entscheidend für den Erfolg sind die Bearbeitung und die Analyse der gewonnenen Daten. Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern hat die Methodik für das Datenprozessing weiterentwickelt. Durch das verbesserte seismische Imaging entsteht aus den Rohdaten in einem mehrstufigen Prozess ein hochdetailliertes Abbild des Meeresbodens und seines komplexen Untergrunds.

Die Fraunhofer-Expertinnen und -Experten nutzen das in Auftragsforschung entwickelte Verfahren SF GRT (Statoil Fraunhofer Generalisierte Radon Transformation). Nun haben Dr. Norman Ettrich, Mitglied der Bereichsleitung »High Performance Computing«, Teamleiter Seismik, und sein Team das Softwarepaket durch innovative ML-Algorithmen auf höhere Detailgenauigkeit getrimmt und gleichzeitig auf die zugrundeliegende Rechnerarchitektur optimiert. So entstehen verblüffend detaillierte und exakte Abbilder der Gesteinsstrukturen unter dem Meeresboden. Damit ist es möglich, Größe, Struktur und Form eines Öl- oder Gas-Reservoirs unter der Oberfläche auf wenige Meter genau zu ermitteln. Das Fraunhofer ITWM brachte bei diesem Projekt seine Kompetenzen in Geophysik, Mathematik und Informatik ein.

Kontakt

Roman Möhlmann | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | presse@zv.fraunhofer.de
Ilka Blauth | Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM | Team Kommunikation | Telefon +49 631 31600-4626 | ilka.blauth@itwm.fraunhofer.de
Fraunhofer-Platz 1 | 67663 Kaiserslautern | www.itwm.fraunhofer.de

Spezialschiffe mit Hydrophonen sammeln Daten

Die Entdeckung neuer Erdöl- oder Gasvorkommen unter dem Meeresboden steht dabei keineswegs im Fokus. Norman Etrich sagt: »Im Zuge der Abkehr von fossilen Energiequellen geht es gerade den europäischen Ländern immer weniger um die Entdeckung neuer Öl- oder Gasfelder. Sie wollen vielmehr bestehende oder bereits genutzte Reservoirs noch besser verstehen und durchleuchten.« Die Technologie eignet sich schließlich auch, um Gebiete zu finden, die sich für die unterirdische Einlagerung von Treibhausgasen wie CO₂ eignen könnten.

Um den Meeresboden und seinen Untergrund zu erforschen, fahren Spezialschiffe oftmals mehrere Tausend Quadratkilometer große Gebiete in geraden Linien ab. Sie ziehen dabei Luftpulser und Hydrophone hinter sich her. In einem typischen Aufbau senden die Pulser alle 25 Meter einen Schallimpuls nach unten. Im Wasser pflanzt sich Schall mit einer Geschwindigkeit von 1480 Metern pro Sekunde fort und dringt dann in die Gesteinsschichten unter dem Meeresboden. Im Extremfall durchquert ein Schallimpuls 3000 Meter Wasser und wandert dann noch mal bis zu 11 000 Meter unter den Meeresboden.

Die reflektierten Signale werden auf der Meeresoberfläche von hochempfindlichen Hydrophonen registriert. »Auf diese Weise generiert jeder einzelne Impuls eine seismische Spur. Sie gibt Auskunft über die Laufzeit des Signals von der Aussendung bis zum Empfang. Die Laufzeit wird auch durch Beschaffenheit und Größe der jeweiligen Gesteinsschicht beeinflusst. Weil das Schallsignal von mehreren Hydrophonen empfangen wird, wird der Meeresboden auch aus mehreren Winkeln beleuchtet. Aus Stärke, Laufzeit und Winkel des Signals lassen sich schließlich Informationen über die Eigenschaften, den Aufbau und die Dicke der Gesteinsformationen ableiten. Dazu gehören auch Erkenntnisse darüber, ob etwa eine bestimmte Schicht sehr porös ist und die Poren beispielsweise mit Öl oder Gas gefüllt sind.

Datenvolumen im Terabyte-Bereich

Das Spezialschiff fährt bei einer Erkundung typischerweise hunderte Linien nacheinander im jeweiligen Untersuchungsgebiet ab. Pro gefahrener Linie gibt der Pulser tausende Schüsse ab, jeder Schuss wird als reflektiertes Signal von tausenden Hydrophonen aufgefangen. So entstehen am Ende mehrere 100 Millionen Datenspuren und ein Datenvolumen von vielen Terabyte. Um diese gigantische Menge zu bewältigen, haben die Informatik-Expertinnen und -Experten in Kaiserslautern spezielle Konzepte für das High Performance Computing (HPC) entwickelt (siehe Kasten).

Die Daten werden zunächst gefiltert, editiert und vorsortiert, dann wird durch das Verfahren der seismischen Migration der Untergrund abgebildet. Für die weitere qualitätsverbessernde Bearbeitung der Daten nach der Migration kommen immer häufiger vollautomatisch arbeitende ML-Algorithmen zum Einsatz. »Die besondere Leistung unserer durch ML-Algorithmen verbesserten Methodik besteht darin, dass sie bei der Auswertung der Daten keine Abstraktionen mehr eingeht, die am Ende zu

Kompromissen bei der Genauigkeit der Analyse führen würden«, erklärt Ettrich. Am Ende steht das detailtreue visuelle Abbild des komplex strukturierten Untergrunds.

FORSCHUNG KOMPAKT

1. März 2023 || Seite 3 | 4

Reflexionsseismik hilft beim Planen von Windparks

Die Optimierungen machen es auch erstmals möglich, sogenannte Diffraktions- oder Störzonen zu ermitteln und im Abbild sichtbar zu machen. Hier handelt es sich um relativ kleine Zonen, in denen die Eigenschaften einer Gesteinsschicht sich plötzlich ändern wie etwa bei Klüftigkeit in eigentlich abdichtenden Schichten. »Die Folge wäre, dass das Erdöl- oder -gas längst entwichen ist. Oder dass die Schicht nicht dicht genug ist, um als CO₂-Speicher zu dienen. Oder dass ein Heißwasserreservoir vorhanden ist und die Formation damit für Geothermie geeignet wäre«, erläutert Ettrich.

Das Erkennen solcher Diffraktionsobjekte durch Reflexionsseismik kann auch beim Platzieren von Windmasten in Offshore-Windkraftanlagen sehr nützlich sein. Die Fraunhofer-Technologie analysiert den Untergrund und entdeckt so auch Stellen, an denen ein besonders harter Stein das Einrammen eines Windmasts in den Meeresboden verhindern würde. So lassen sich schon im Vorfeld kostspielige Pannen vermeiden.

Datenprozessing mit High Performance Computing

Die Abkürzung SF GRT steht für Statoil Fraunhofer Generalisierte Radon Transformation. Das Verfahren zum Prozessing der Daten aus der Reflexionsseismik wurde vom Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM gemeinsam mit dem norwegischen Erdöl- und Erdgaskonzern Statoil ASA (heute: Equinor ASA) entwickelt. Es ist seit zehn Jahren im praktischen Einsatz und wird von den Fraunhofer-Forschenden kontinuierlich verbessert.

Bei seismischen Erkundungen entstehen Rohdaten mit einem Datenvolumen von mehreren Terabyte. Um aus diesen an der Oberfläche gemessenen Daten das Abbild des Erduntergrundes mit akzeptablem Energie- und Rechenaufwand zu berechnen, ohne Qualitätskompromisse eingehen zu müssen, setzen die Expertinnen und Experten auf eine eigens entwickelte HPC-Architektur (High Performance Computing). Der Clou dabei: Die hauseigene Parallelisierungsbibliothek GPI (Global Address Space Programming Interface) sorgt dafür, dass viele Rechenknoten zu einem Cluster verbunden werden, in dem jeder einzelne Rechner auf den gesamten Datensatz zugreifen und die volle Geschwindigkeit für seine Aufgaben nutzen kann. Diese Recheninfrastruktur ermöglicht die verlustfreie und kompromisslose Verarbeitung aller Rohdaten, an deren Ende die hochauflösende Visualisierung auch sehr komplexer Strukturen steht.

Weblinks

[Reflexionsseismik](#)

[GPI-Programmiermodell](#)

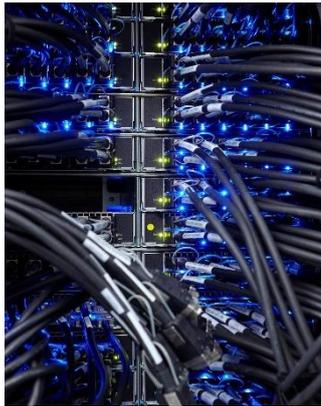


Abb. 1 Um das enorme Datenvolumen, das bei der Reflexionsseismik entsteht, bewältigen zu können, setzen Fraunhofer-Forschende auf Algorithmen des Maschinellen Lernens und auf Verfahren aus dem High Performance Computing, die massiv parallele Berechnungen auf Rechenclustern optimieren.

© Thomas Brenner

FORSCHUNG KOMPAKT

1. März 2023 || Seite 4 | 4

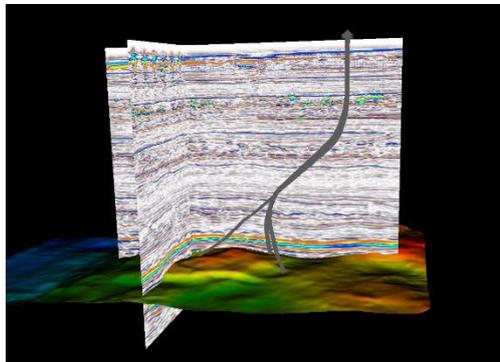


Abb. 2 Typische seismische Untergrunddarstellung mit eingepflegten Bohrlochpfaden und der Oberfläche einer Gesteinsschicht.

Datenmaterial zur Verfügung gestellt durch Equinor und den Volve-Lizenz Partnern.

© Equinor Open Data License