



Simulation extremer Umgebungsbedingungen für Steuergeräte

# Intelligentes Bohren

Temperaturen bis 200 °C, Drücke bis 1.500 bar und etliche tausend Meter unter der Erdoberfläche – mögliche Bedingungen in einer Erdöl- und Erdgaslagerstätte. Elektrische Regler müssen in diesem Umfeld robust und zuverlässig sein. Schlumberger setzt bei deren Entwicklung auf die MicroLabBox von dSPACE.

Tiefer, weiter und schneller sollen Bohrungen bei der Erschließung neuer Erdöl- und Erdgaslagerstätten in die Erdkruste vorgetrieben werden. Gleichzeitig werden die geologischen Verhältnisse neuer Lagerstätten immer schwieriger, denn die leicht zugänglichen Öl- und Gasvorkommen wurden bereits erschlossen. Dadurch steigen die Anforderungen an die Bohrtechnik. Schlumberger, weltweit eines der führenden Unternehmen für Serviceleistungen rund um die Erschließung und Förderung von Öl- und Gasfeldern, setzt auf innovative Bohrtechnik, um den Zugang zu bisher nicht erreichbaren Vorkommen zu ermöglichen. Das Unternehmen betreibt intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um die Effizienz und Zuverlässigkeit der eingesetzten Geräte zu erhöhen.

### Der Umweg zum Ziel

Seit einigen Jahrzehnten werden Erdöl und Erdgas dank Weiterentwicklungen in der Bohrtechnik nicht mehr nur mit Hilfe klassischer vertikaler

Bohrungen gefördert, sondern zunehmend auch über abgelenkte oder sogar horizontale Bohrungen. Ausschlaggebend sind dafür dreh- und lenkbare Systeme sowie Systeme, die während des Bohrvorgangs Daten ermitteln. Gerichtete Bohrverfahren sind zwar technisch anspruchsvoller, erhöhen im Gegenzug aber auch die Ausbeute und erlauben eine größere Flexibilität in Bezug auf den Standort der Bohrung. So können auch ansonsten nur schwer erreichbare Lagerstätten erschlossen werden. Oft genügt eine Anlage, mit der aus mehreren Bohrlöchern oder aus verschiedenen Lagerstätten gefördert werden kann, was gerade im Offshore-Bereich erheblich Kosten spart (Abbildung 1). Das horizontal gerichtete Bohren in stark geneigten Schichten birgt jedoch Risiken, da man auf undefinierte Boden- und Gesteinsschichten trifft. Wenn diese Schichten mit geringem Winkel durchbrochen werden müssen, können sie das Bohrloch bzw. den Bohrer ablenken und die Bohrrichtung fehlleiten. In diesen Fällen muss die Bohr-

anlage gestoppt und neu ausgerichtet werden. Beim intelligenten Bohren sind verstellbare Ablenkflächen (Steuerblock-Aktuatoren, Abbildung 2) dicht am Bohrkopf platziert. Eine aufwendige Steuerungselektronik sorgt dafür, dass deren Verstellung zu dem gewünschten Bohrverlauf führt.

### Informationen aus der Tiefe

Diese Bohrsysteme können außerdem mit Modulen ausgestattet werden, mit denen Informationen über das umliegende Gestein, Flüssigkeiten und Gase bereits während des Bohrens gewonnen werden (Logging While Drilling, LWD). Früher konnten nur Daten wie Druck und Temperatur während des Bohrvorgangs ermittelt werden (Measurement While Drilling, MWD). Um die bestehende Bohrtechnik zu optimieren, nutzt Schlumberger eine Testumgebung aus dSPACE Werkzeugen, mit der sich die Regelalgorithmen für den Antrieb am Bohrkopf im Labor unter denselben Wärme-, Druck- und Feuchtigkeitsbedingungen entwickeln und optimieren lassen,

&gt;&gt;

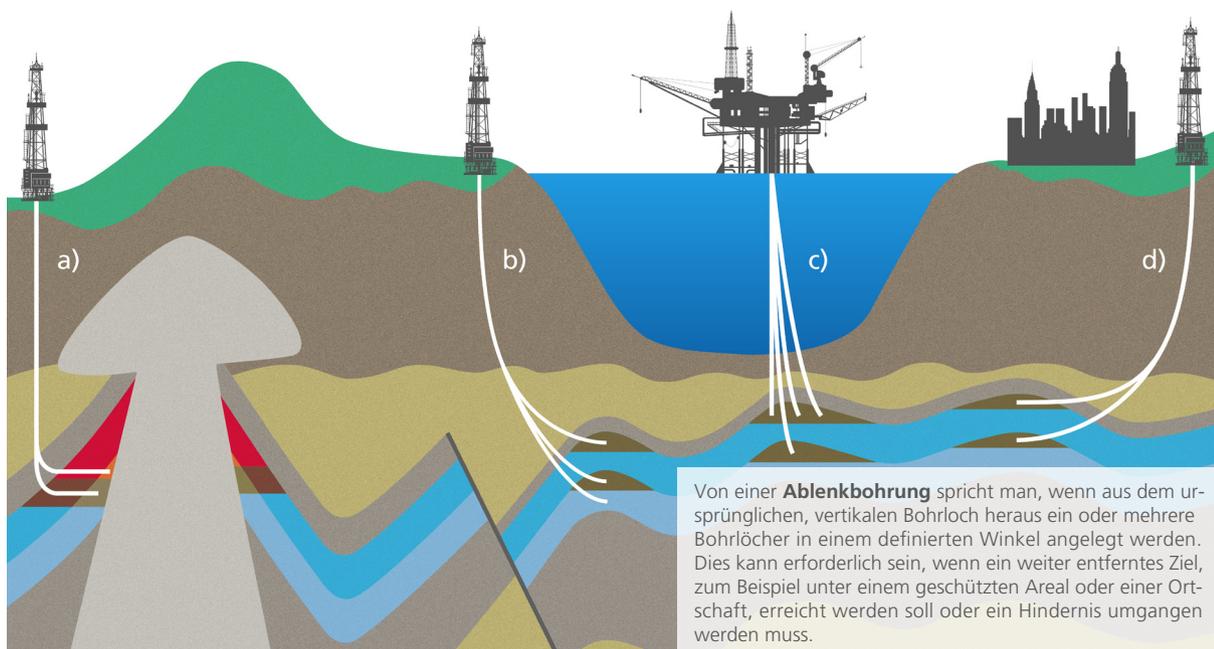


Abbildung 1: Beispiele für abgelenkte Bohrungen (rot: Erdgas, dunkelbraun: Erdöl): Umgehung eines geologischen Hindernisses (a), Förderung aus Lagerstätten, die nicht senkrecht unter einem Förderort liegen (a, b, d), Betrieb mehrerer Lagerstätten von einem Bohrloch aus (a, b, c, d), Betrieb mehrerer Bohrlöcher von einer Förderanlage (c).



die auch beim Bohrvorgang vorherrschen. „Mit Hilfe dieser neueren Testplattform erhalten die Ingenieure Echtzeitinformationen, auf deren Grundlage sie wichtige Entscheidungen hinsichtlich des weiteren Bohrverlaufs oder zonaler Produktionstests treffen können“, erklärt Dr. Mustafa K. Guven, Abteilung für elektrische Maschinen und Steuerungen bei Schlumberger.

### Das Umfeld: Druck, Hitze, Erschütterungen

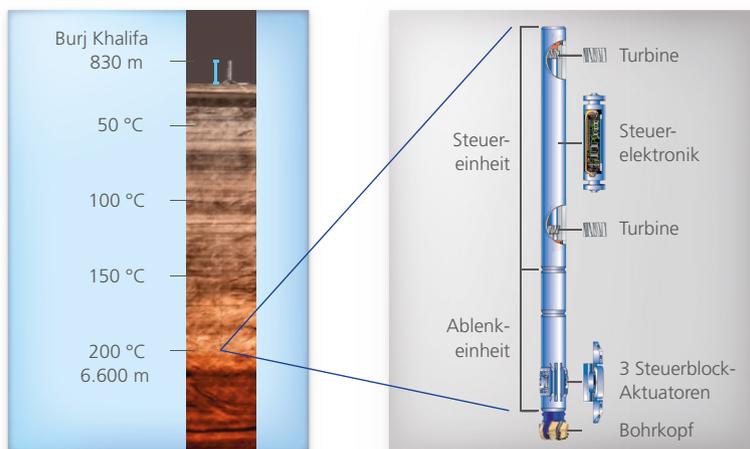
„Eine der größten Herausforderungen bei der Erschließung von Öl- und Gasvorräten sind die extremen Umgebungsbedingungen in der Lagerstätte“, so Guven. Hitze, Druck, Stöße und Vibrationen sowie geomechanische Beanspruchung beeinträchtigen die Lebensdauer der wertvollen elektronischen

Ausrüstung. Mehrere in der Nähe des Bohrkopfes angebrachte Messmodule übermitteln Daten zur Positions- und Lagerfassung des Bohrkopfes zeitnah an die Oberfläche und erlauben der Bohrmannschaft das punktgenaue Ansteuern der Lagerstätte. Die Zuverlässigkeit dieser Messmodule und der Steuergeräte ist dabei entscheidend. Fallen beim Bohren Steuergeräte oder Sensoren aus, so ist entweder ein zeitaufwendiger, kostenintensiver Ausbau des Bohrstranges unvermeidbar oder die übermittelten Daten sind so ungenau, dass die Lagerstätte gegebenenfalls nicht mehr zuverlässig angesteuert werden kann. Zusätzliche Kosten von mehreren Millionen Dollar oder das Scheitern des gesamten Bohrprogrammes rücken schnell in den Bereich des Möglichen.

### Testen unter Lagerstättenbedingungen

Um das Risiko von Zeitverlusten und ausufernden Kosten zu mindern, setzt Schlumberger auf Engineering-Methoden wie die Auswirkungsanalyse (Failure Mode Effects Analysis, FMEA), Reliability Qualification Testing (RQT) und Computersimulation. Hierdurch lassen sich schon vorab die Wartungsanforderungen von Systemen, Komponenten und Prototypen bestimmen. Deshalb entwickelt Schlumberger zurzeit einen Testantrieb für das Labor: das D3S (Abbildung 3). D3S steht dabei für „DEMT Development Drive System“ und DEMT wiederum für „Down-hole Electric Machine Technology“. Es soll die Entwicklungs- und Testphase einzelner Komponenten und komplexer Systeme bestmöglich unterstützen. Das D3S ist ein flexibles Antriebssystem mit elektronischer Hardware der neuesten Generation. Als Werkzeug für das Rapid Control Prototyping (RCP) beinhaltet es eine dSPACE MicroLabBox. „Es bietet eine Plattform für das Testen und Optimieren der Regler-Software sowie zum Einstellen von Parametern in Echtzeit“, erklärt Guven.

Abbildung 2: Position der Steuerelektronik und der Steuerblöcke in der Nähe des Bohrkopfes.



### Abgelenkte Tiefbohrungen – mit dSPACE auf den Punkt kommen

#### Die Herausforderung:

Extreme Rahmenbedingungen in einem nicht zugänglichen Umfeld verlangen robuste, zuverlässige Geräte, die im Einsatz wartungsfrei arbeiten können.

#### Die Lösung:

Erstellung einer Testplattform für die Entwicklung von Steuergeräten, bei der die Rahmenbedingungen in einer Lagerstätte während einer laufenden Bohrung simuliert werden können.

#### Der Vorteil:

Steuergeräte können risikofrei und ohne kostenintensive Ausbauten unter Arbeitsbedingungen im Labor entwickelt und getestet werden.

### Aufbau einer effizienten Testplattform

Damit erreicht Schlumberger gleich mehrere Ziele. Die Plattform bestimmt die Leistung und das Verhalten von Motoren unter den Umgebungsbedingungen einer Erdöl- oder Erdgaslagerstätte, wobei unter anderem Parameter wie Drehmoment, Rotationsgeschwindigkeit und Wirkungsgrad ausgewertet werden. Außerdem testet und evaluiert sie Sensoren des Motorantriebes und generiert die Algorithmen für die Entwicklung des modellbasierten Steuergeräts. Dies soll laut Guven den Ingenieuren helfen, schon in frühen Phasen der Werkzeugent-



„Mehrere Kilometer unter der Erdoberfläche ist die Zuverlässigkeit aller Komponenten sehr wichtig, da jeder Fehler Millionenbeträge kostet. Die dSPACE MicroLabBox hilft dabei, die realen, oft extremen Bedingungen in großer Tiefe zu emulieren und unterstützt so das Testen und Validieren der Regler schon während der Entwicklung.“

*Mustafa K. Guven, PhD, Chefingenieur bei Schlumberger Ltd., Sugar Land, TX, USA, ist in dem Projekt Elektrische Maschinen und Steuergeräte – 3MT verantwortlich für die Entwicklung eines neuen Werkzeugs für das Testen von Maschinen und Generatoren sowie für die Erstellung entsprechender Algorithmen für die Steuerung.*

wicklung, noch bevor elektrische Antriebskomponenten zur Verfügung stehen, eine Validierung zu gewährleisten. Die MicroLabBox dient dabei nicht nur als Haupt-I/O-Schnittstelle für die Kommunikation peripherer Komponenten (Aktoren, Sensoren etc.), sondern auch als zentrale Recheneinheit zum Ausführen der Regler-Software. dSPACE Real-Time Interface (RTI) kommt für die modellbasierte I/O-Integration zum Einsatz und dSPACE ControlDesk für den

Zugriff auf Echtzeitanwendungen während der Laufzeit.

#### Testhürden nehmen

Vor dem Testantrieb D3S hatte Schlumberger keine Standard-Testplattform für neue elektromechanische Antriebe. Auch gab es keinen definierten Optimierungsprozess, mit dem Einzelaktionen koordiniert werden konnten. Zudem war wenig Steuerungselektronik vorhanden, die die Definition, die Evaluierung und die

Absicherung neuer Konzepte und Zusatzsysteme unterstützte. Durch das D3S, ausgestattet mit einer MicroLabBox, konnte Schlumberger viele dieser Herausforderungen erfolgreich bewältigen. Das D3S befindet sich derzeit in der Entwicklungsphase. Sobald sich das System bewährt hat, kommt es in jedem Projekt zum Einsatz, das ein elektromechanisches Antriebssystem benötigt. ■

*Mit freundlicher Genehmigung der Schlumberger Limited*

Abbildung 3: Systemkonfiguration des D3-Systems mit der MicroLabBox als zentralem Kommunikationssystem. Signale, die der Orientierung im Raum dienen (Inkrementalgeber, Hall-Sensor, Drehmomentaufnehmer und Koordinatenwandler) sind digital, Signale für Temperatur, Spannung und Stromstärke analog.

